JP0150713

JAERI-Review
2001-021

エネルギーシステム研究専門部会
評価結果報告書
(平成12年度事前評価)

2001年6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。
入手の問合わせは，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, 2001

編集兼発行　　日本原子力研究所

JAERI-Review　2001-021

エネルギーシステム研究専門部会評価結果報告書
（平成 12 年度事前評価）

日本原子力研究所
研究評価委員会

（2001 年 5 月 24 日受理）

研究評価委員会は、「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、エネルギーシステム研究専門部会を設置し、東海研究所エネルギーシステム研究部が実施する研究開発課題について、平成 13 年度からの 5 年間の計画の事前評価を実施した。同専門部会は、7 名の外部専門家で構成された。

エネルギーシステム研究専門部会は、平成 12 年 9 月から平成 13 年 2 月にかけて、当該部門の研究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（平成 12 年 9 月 20 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、研究評価委員会に提出され平成 13 年 3 月 16 日に審議された。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。

日本原子力研究所：〒100-0011　東京都千代田区内幸町 2-2-2

JAERI-Review 2001-021

Report of the Evaluation by the Ad Hoc Review Committee on Nuclear Energy System Research (In-advance Evaluation in Fiscal Year 2000)

Research Evaluation Committee

Japan Atomic Energy Research Institute
Uchisaiwai-cho, Chiyoda-ku, Tokyo

(Received May 24, 2001)

The Research Evaluation Committee, which consisted of 14 members from outside of the Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI), set up an Ad Hoc Review Committee on Nuclear Energy System Research in accordance with the "Fundamental Guideline for the Evaluation of Research and Development (R&D) at JAERI" and its subsidiary regulations in order to evaluate the adequacy of the R&D programs to be implemented for five years starting in Fiscal Year 2001 at Department of Nuclear Energy System in Tokai Research Establishment of JAERI. The Ad Hoc Review Committee consisted of seven specialists from outside of JAERI.

The Ad Hoc Review Committee conducted its activities from September 2000 to February 2001. The evaluation was performed on the basis of the materials submitted in advance and of the oral presentations made at the Ad Hoc Review Committee meeting which was held on September 20, 2000, in line with the items, viewpoints, and criteria for the evaluation specified by the Research Evaluation Committee.

The result of the evaluation by the Ad Hoc Review Committee was submitted to the Research Evaluation Committee, and was judged to be appropriate at its meeting held on March 16, 2001.

This report describes the result of the evaluation by the Ad Hoc Review Committee on Nuclear Energy System Research.

Keywords: Evaluation of Research and Development, In-advance Evaluation, Nuclear Energy System

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、エネルギーシステム研究部の研究開発課題について、平成 13 年度からの 5 年間の計画の事前評価を実施するために、「エネルギーシステム研究専門部会」を平成 12 年 8 月 4 日に設置した。

エネルギーシステム研究専門部会は、7 名の外部専門家で構成され（部会長：岡　芳明・東京大学教授）、平成 12 年 9 月 20 日に開催された。同専門部会による評価は、研究評価委員会によって定められた事前評価の方法に従って行われた。同専門部会は評価結果を取りまとめ、平成 13 年 3 月 8 日に「エネルギーシステム研究専門部会評価結果報告書」を研究評価委員会委員長に提出した。

研究評価委員会は、平成 13 年 3 月 16 日に第 6 回研究評価委員会を開催し、同専門部会部会長からエネルギーシステム研究専門部会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 13 年 3 月 30 日付けにて日本原子力研究所理事長に答申した。

平成 12 年度研究評価委員会委員(13 名)

西澤　潤一	岩手県立大学長
(委員長)	(財)半導体研究振興会半導体研究所長
	(半導体工学)
秋山　守	(財)エネルギー総合工学研究所理事長
(委員長代理)	埼玉工業大学長
	(原子炉熱設計、熱流体工学、安全工学、エネルギー変換)
秋元　勇巳	三菱マテリアル㈱取締役会長
	(物理化学、核化学)
石榑　顕吉	埼玉工業大学先端科学研究所教授
	(原子炉化学、放射線化学)
井上　信	京都大学原子炉実験所長
	(加速器科学、原子核物理学)
岡田　雅年	金属材料技術研究所長
	(金属材料・工学、金属科学、原子炉材料)
菊田　惺志	(財)高輝度光科学研究センター理事、放射光研究所副所長
	(X 線光学、X 線量子光学)
草間　朋子	大分県立看護科学大学長
	(放射線防護、胎児の放射線影響)
小林　敏雄	東京大学生産技術研究所教授
	計算科学、原子力工学(構造設計))
友野　勝也	東京電力株式会社フェロー
	(原子力発電)
藤原　正巳	核融合科学研究所長
	(プラズマ物理、核融合)
宮　　健三	東京大学大学院工学系研究科教授
	(核融合工学、電磁現象工学)
山崎　敏光	東京大学名誉教授
	(原子核物理学、素粒子ビーム科学)

JAERI-Review 2001-021

エネルギーシステム研究専門部会評価結果報告書
（平成12年度事前評価）

平成13年3月

日本原子力研究所
研究評価委員会
エネルギーシステム研究専門部会

This is a blank page.

目　次

はじめに

総合所見

1. 専門部会の目的 …… 1

2. 評価方法 …… 1

2.1 専門部会の構成 …… 1

2.2 事前評価対象研究開発課題 …… 1

2.3 専門部会開催 …… 1

2.4 評価項目及び評価基準 …… 2

3. エネルギーシステム研究部の研究計画の概要 …… 3

3.1 研究開発の基本方針 …… 3

3.2 主要な研究開発課題の計画 …… 3

3.3 総合的推進方策・進め方、研究資源等の計画 …… 5

4. 事前評価結果 …… 7

4.1 項目別評価 …… 7

4.2 その他全般的な所見 …… 20

参考資料　エネルギーシステム研究部の研究開発課題(事前評価) …… 24

Contents

Introduction
Executive Summary
1. Purpose of the Ad Hoc Review Committee 1
2. Evaluation Method 1
2.1 Organization of the Ad Hoc Review Committee 1
2.2 R&D Subjects for In-advance Evaluation 1
2.3 Ad Hoc Review Committee Meeting 1
2.4 Items and Criteria for the Evaluation 2
3. Outline of the R&D Programs at Department of Nuclear Energy System 3
3.1 Fundamental Policy for R&D 3
3.2 Major R&D Plans 3
3.3 Overall Approach for R&D Implementation, Resource Planning 5
4. Results of the Evaluation 7
4.1 Item-wise Evaluation 7
4.2 Other Comments 20
Appendix: R&D Subjects at Department of Nuclear Energy System for In-advance Evaluation 24

はじめに

研究評価委員会エネルギーシステム研究専門部会は、東海研究所エネルギーシステム研究部の平成 13 年度からの５カ年の研究開発計画を事前評価するために研究評価委員会により設置されたものであり、同委員会の定めた基本的要領に則って平成 12 年９月から平成 13 年２月にかけてこの研究評価活動を実施した。

原研のエネルギーシステム研究部は、平成 13 年度からの新展開において、21 世紀に求められるエネルギーシステムの構築に必要な核分裂エネルギーの基盤技術の開発に貢献することを明確に企図している。今後５カ年の研究開発の構図は、「将来型エネルギーシステムの概念構築の研究」、「システム要素技術研究」及び「システム材料・燃料研究」という３つの研究領域において中長期的及び短期的な展望と目標を設定している。そして、現在、当部門は、原子炉システム設計研究、原子炉用材料及び燃料の研究開発を担い、原子力研究開発分野における基礎基盤研究の中核を構成している。

さて、近年新型火力や分散電源の技術革新や事業規制の緩和によりエネルギー産業における競争が世界的に激化している。この競争の本質は経済性であるが、先進国では需要との関連で従来の大型化の追求による競争力向上は長期的には限界に達しているようにも思われる。現在求められていることは競争力のある革新的な原子力技術を探求する事である。特に将来型炉の概念構築については、他システムとの競合、実用性、革新性を考慮することが必要とされる。また、基盤エネルギー技術の研究開発においては研究課題を短期的緊急性と長期的展開の点から厳選し、研究資源の有効利用を図ると共にインフラの維持、技術の継承、人材養成の必要性等が注視されなければならないと考える。

今回の５カ年研究計画の事前評価は、研究開発担当部署より提出された事前評価用資料に基づき、実施責任者により説明を受けて質疑を行った。その際、原研全体としての「核分裂炉に係わる研究開発の進め方（案）-技術の基盤を支える-」についても関連した検討を行った。こうして、委員からの追加の文書質問等に対する補足説明を行うなどの双方向の意見交換を行い、各委員による個別評価を得た。ついで、それらを集約整理して、当該部の研究の基本方針、研究開発課題に対するコメントの主要所見とし、またそれに添いつつも多様な意見、提言を加えて報告書を作成した。なお、本文の大要を最初に総合所見として記した。

本専門部会としては、この事前評価が原研の今後の核分裂炉研究開発分野の活動の運営に少しでもお役に立てば幸いである。終わりに、専門部会委員各位には熱意溢れるご協力を賜ったことを記し、ここに深甚なる謝意を表したい。

平成 13 年 1 月 26 日

エネルギーシステム研究専門部会

部会長　岡　　芳明

総合所見

原研のエネルギーシステム研究部は、平成 13 年度からの新展開において、21 世紀に求められるエネルギーシステムの構築に必要な核分裂エネルギーの基盤技術の開発に貢献することを明確に企図している。今後５カ年の研究開発の構図は、「将来型エネルギーシステムの概念構築の研究」、「システム要素技術研究」及び「システム材料・燃料研究」という３つの研究領域において中長期的及び短期的な展望と目標を設定している。

すなわち、低減速スペクトル炉、分散型小型炉及び核変換システムという３型式の将来型システムの概念構築を目指した設計研究とこれを支援しつつ炉物理、熱工学、エネルギー分析、材料・燃料工学等の基盤研究の展開と革新を図る方向と、現在の原子力利用において短期的にも重要な課題となっている軽水炉及び再処理施設の経年変化に係わる材料工学基盤を確立する方向との、二つを研究開発の理念としている。

研究資源の概要としては、平成 12 年 8 月における人員構成は研究系、技術系の職員総数が約 100 名、出向職員など外部からの研究系及び技術系職員が約 30 名である。また、平成 12 年度の予算は一般会計 9.6 億円、特別会計 2 億円である。

エネルギーシステム専門部会として、当該部門の上記に係わる研究計画について審議し、以下のように所見をまとめた。最初に、原研全体としての「核分裂炉に係わる研究開発の進め方（案）-技術の基盤を支える-」についての所見を記す。

１．原研の核分裂エネルギー研究開発振興の必要性

エネルギーの確保は２１世紀の日本にとって最重要課題の１つであり、その供給能力から考えて原子力（核分裂）は最も現実な選択肢である。原子力（核分裂エネルギー）は、日本にとって地球温暖化問題の国際的取り決めを満たす手段としても大きい役割を果たす。また長期的には化石燃料資源を多様な石油製品の原料として後世代への温存する点でも原子力への期待は大きい。このように考えると、科学研究としての広い原子力のテーマの振興とは違う次元で核分裂エネルギーの研究の振興が重要であることがわかる。

しかるに近年、原研における核分裂エネルギーの研究規模は相対的にも絶対的にも縮小傾向にみえる。特にエネルギーシステム研究部においてはそれが著しい。原研が日本を代表する原子力研究機関であることや原子力の健全な発展にはそのインフラが重要であることを考えるとこれは極めて憂慮すべき事態であり、その核分裂炉研究開発の振興が図られることを強く期待する。

原研の原子力（核分裂エネルギー）研究開発は、「核分裂炉技術の継承と高度化」として位置付け、大枠として「革新的原子炉研究」、「システム安全研究」及び「要素基盤技術研究」の構図が示されている。３領域は互いに密接に有機的に結合させていくことが必要で、それらの間の連携を効率的かつ円滑に進めていくための種々の工夫や努力をすることが大切と思われる。限られた研究資源の中で何時までにどこまでやるのかをできるだけ明確にして進むことが望まれる。特に原研の役割分担と開発目標の設定について２つの見解を述

べる。

(A) 役割分担の明確化、先鋭化について

市場原理が強まる中で、民間企業においては原子力のように長時間を要する研究開発投資は困難になっており、国の支援あるいは国の機関の研究開発における役割は従来の「原子力国産化」時代よりもはるかに大きくなっている。しかし「原子力国産化」から「メガコンペティション（他電源との競争）」の時代へ変化したことを受けて国の研究機関である原研の研究開発における役割も変化している。即ち従来の基礎研究から実用までのすべてを包含した全面的な原子力研究開発は今は求められていないと考えるべきではないか。むしろ革新技術や手法の芽をできるだけ広く国内外に求めるシステムを構築し、それを実らせるための枢要技術やソフトを開発することが求められている。実用化における国の研究開発機関の役割は、ハードで言えば実験炉や試験炉の建設運営までである。実用プラントの製造設計に類するものは民間に任せるべきである。

今後の原研ならびにエネルギーシステム研究部の研究開発において自らの役割を明確にするとともに、民間や他省庁等外部機関との役割分担と協力連携を強化するべきと考える。その姿勢は充分に感じられるが、どこが責任を持ってリードしていくかを検討し着実に成果に結び付ける事を期待したい。

民間において特に困難が増しているのは、強放射能の取扱いが必要な研究開発で、照射や照射後試験などがこれに該当する。原子力研究開発の核心を自らの手にしておくという点で、自前の材料照射炉や照射後試験設備を持つ必要は高い。なお、照射設備も国際的な競争環境にあり、民間の利用者からみて利用のソフト、規制（許可までの時間や試験内容）、情報管理などにおいて外国に優る努力も必要である。

「核データ」や「核計算コード」にみられるように、原研のエネルギーシステム研究部が日本における中核あるいは必須のインフラとしての役割を果たしているものは、その役割を維持発展させるべきである。

(B) 他分野の競合技術に打ち勝つ視点の必要性

原子力国産化時代の終了を受けて、原子力分野内で考えた意義付けから他分野の競合技術に打ち勝って実用化するとの視点に立つ必要がある。仮定の上に立てた計画は、成功の確率は低い。変化を絶えまなく続けるのが技術や歴史の本質である以上、「競争の視点」に立つ計画が必要で、その方が多額の投資に見合う成果を挙げる確率が高い。そのためには世界中から他分野の競合技術、市場やそれをとりまく環境の変化の情報を集め、それを分析して研究開発課題の設定に反映させることが必要である。例えば、エネルギーシステム評価の研究は、従来どちらかというと原子力の内で閉じている傾向があり、その中での意義付けに重点があるように見受けられるが、これは上記のような視点に転換するべきではなかろうか。今後は従来に増して実用化されたか、国民の役に立ったか、投資に見合う効果が得られたかがより厳しく問われる。有用性に評価を得て実用化のための投資を招くことが必要になってきていることを指摘しておきたい。

2．エネルギーシステム研究部における研究開発全般について

主要研究開発課題を「将来型エネルギーシステムの概念構築」、「エネルギーシステムの要素技術」、「エネルギーシステムの材料・燃料技術」の３領域とし、重要な研究開発課題を短期的課題と長期的課題とを行い２１世紀に求められる核分裂エネルギーシステムに必要な基盤技術を開発するとの目的は適切である。研究開発に当たっては過去の研究開発や原子力発電実用化の成果や反省を踏まえ、新しい時代への対応を念頭に成果の社会への還元と実用化をより強く意識しつつ実施されることを要望したい。

研究資源については上記の広範な課題を実施するには明らかに不足しており、所内他部門や外部機関との協力で補おうとしているが、原研の役割を踏まえかつブレークスルーをもたらすよう研究開発課題の焦点を絞った実施が望まれる。なお、分散型小型炉システムの研究については高温ガス炉研究開発部門と協力して将来炉に望まれる特性について徹底した分析を示唆された委員もいる。

3．「将来型エネルギーシステム概念の構築」について

欧米では事業規制緩和という社会変化とガスタービン等の技術革新の結果としてエネルギー産業における競争が激化し、新型火力や分散電源の技術開発が進んでいる。原子力も技術革新を追求し、長期的な競争力を向上させるとともに供給技術の多様化と、立地の自由度の増大を図る必要がある。この観点から見ると「将来型エネルギーシステム概念の構築」の研究開発テーマはまさに時宜にかなっており適切である。「低減速スペクトル炉の研究」と「核変換システムの研究」はこれと目的が異なるが核燃料資源の問題と長寿命廃棄物の低減を目的としており長期的な研究テーマとしては適当であると考えられる。「分散型小型炉システムの研究」はニッチマーケット（間隙市場）を目指して原子力の供給能力の多様化を図ろうとするもので、上記の原子力の課題からみるとこれら２つのテーマより近未来で重要な課題の１つと考えられる。しかしこのテーマの評価がかならずしも芳しくなかったのは、提案されているシステムがガスタービン等の競合システムに対して果たして競争力を持つ技術革新をもたらしうるかどうかに疑問が呈された為と考えられる。このことは必ずしも「分散型小型炉の概念の構築」そのものの方向性が不適切ということではない。

将来型原子力エネルギーシステムにおいて本質的に問われているのは経済性を抜本的に改善しうる技術革新であり、競合技術に打ち勝って実用化されうるかどうかという点である。この観点からすると供給技術の多様化や立地の自由度の拡大はガスタービン等の競合技術が存在する以上必要十分な目標ではない。技術革新の追求において出力の大小は本質的ではなかろう。この点で将来型エネルギーシステムとして提起されている３つのテーマは必ずしも原子力が抱える最も重要な問題点を適切に目標にしているとは言えない。原子力の競争力の革新と競争の本質は経済性であるという視点より研究展望と進め方を再構築し、将来型エネルギーシステムの中核となる研究開発が行われることを期待する。そのためにはこれらのテーマの担当者を越えた研究所全体からの指導や支援と取り組みも必要と考えられる。特に「分散型小型炉システム」の研究はテーマを「革新型原子力エネルギ

ーシステム」の研究とでもし、「低減速スペクトル炉の研究」と研究資源を共有したり、研究所全体からの支援をするとの考え方もあろう。

原子力の競争力の向上という視点でみると社会心理、公衆の理解や規制のあり方と効率、安全設計強化と公衆理解の関係、市場原理と競争力などの非技術的問題が研究開発とともに重要である。研究開発にあたってはこれらと技術開発との関連を良く理解し戦略を立てることも必要である。その抜本的改善の戦略や実行は日本を代表する研究所の役割でもあることを指摘したい。立地や供給の多様化を図るためにはこれらの点はなおさら重要にもなる。

4.「エネルギーシステム要素技術」について

研究課題として「核データの評価研究」、「炉心特性に関する研究」、「原子力熱工学に関する研究」、「エネルギーシステム評価研究」が挙げられているのは適切である。原研としてはコアとなる要素技術の研究開発やソフトの開発に重点を置くことを期待したい。「核データの評価研究」は原子力研究のコアの１つであり、従来より原研の貢献は大きく、今後も日本の中核としての役割を果たすことが期待される。核データは原子力の基本インフラであり営利的な性格を持っていないので、その活動に国の支援が必要である。

「炉心特性に関する研究」は今後も日本の炉物理研究の中核としての役割を果たしつつ、新しい問題への適用性の拡大を図り若手の育成と人材の確保がなされることを期待したい。国際的な情報交換や協調も途上国への原子力展開も念頭にさらに進める必要があろう。計算コードの産業界や国際的な普及も、もっと図られて良いと考える。

「原子力熱工学に関する研究」は民間との役割分担を明確にして、システム研究や実験を行うこと、大学との連携や役割分担を明確にして熱工学基礎基盤分野の研究を行うことが期待される。機構論的熱工学解析法等体系的で革新的なコード開発は国立の研究機関としての原研の役割の１つである。

「エネルギーシステム評価の研究」はエネルギーシステムのメガコンペティション時代への突入を反映して将来の原子力技術、システムの役割や必要性を分析するとの目的からそれが競合技術に打ち勝って導入される必要十分条件を分析し戦略を立てるとの目的に展開することが望まれる。競争の本質は経済性にあり、その視点で研究開発を実用化に導く条件と戦略を提示することが必要である。原子力開発利用に伴う非技術問題も視野に入れ分析する必要があろう。研究資源が少ないので他機関との情報交換や連携を図る必要がある。

5.「エネルギーシステムの材料・燃料技術」について

研究課題のうち「照射誘起応力腐食割れの研究」と「再処理材料耐久性試験」はいずれも実用中あるいは実用開始が予定されているシステムの重要な課題であり緊急性必要性が高く、実施する意義は明確で大きい。「高性能被覆管材の開発」については軽水炉用被覆管材としてブレークスルーをもたらす可能性があり評価できる。ステンレス材料の最大の課題である照射誘起応力腐食割れに対する感受性の確認を早期に実施することも望まれる。

「窒化物燃料、乾式再処理」の研究は燃料サイクルの選択肢を広げる価値がある。他機関で進められている乾式再処理研究開発との連携と協力を図りつつ進めるのが望ましい。

「岩石型燃料の研究」は、燃料サイクルの選択肢の１つとして基礎的な研究を進めることは評価できるが研究の進展とともにその意義を明確にする必要がでてくる。

６.研究評価の平均点数がこれまでに行われた他部門の評価のそれらより低かったことは、本分野の研究が他部門の研究より意義が低いことを意味していないことに注意すべきである。本研究部の研究開発課題は実用されているシステムと比較され関連づけられる点が多く、競合する他のエネルギーシステムも存在する。実用化を目標とする研究は競合技術との経済性競争という最も困難な制約条件を課せられている。夢を追う科学研究の評価は夢への期待も込めて高くなりがちであり、現実に立ち向かう研究開発の評価はハンデを負っている点を指摘し、エネルギーシステムの研究開発が振興されることを期待したい。

７．その他

市場原理の導入はエネルギー産業に大きい影響を与えつつある。原子力研究開発においても国と民間の役割分担や目標設定に変革が求められている。さらに省庁統合により、大きい変化がもたらされつつある。しかしこの変化は変革の好機でもある。２１世紀にふさわしい原子力研究開発の新しいビジネスモデルが創り出されることを期待したい。

文部科学省の誕生により、従来の科学技術庁所管の原子力研究開発機関と大学との連携や協力はよりやりやすくなった。それぞれの特徴と役割分担を先鋭化しつつ協調、協力することが求められている。研究機関と大学のよいところを生かせる組織的研究体制の創造も期待したい。

原研として原子力開発利用長期計画で決まったことを実施する必要があるのは理解できるが目標が自己目的化してないことを常にチェックするとともに各分野の研究開発の実施にあたっては周囲の条件の変化を常に反映し中味や重点の置き方に柔軟性を持って進めることを期待したい。各研究課題について無理に１つのプロジェクトのように整合性をとる必要はないし、相互に矛盾するテーマもあっても良い。特に基礎的研究は多様な考えのもとに計画されるべきである。多様性や柔軟性は新しい競争時代を生き抜くキーワードである。

1. 専門部会の目的

「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、エネルギーシステム研究部の研究開発課題について、平成13年度からの5年間の計画の事前評価を行うため、研究評価委員会の下にエネルギーシステム研究専門部会が設置された。

2. 評価方法

2. 1 専門部会の構成

部会長：	岡　芳明	東京大学工学部附属原子力工学施設教授
評価委員：	友野　勝也	東京電力（株）フェロー
専門委員：	阿部　勝憲	東北大学大学院工学研究科教授
	可児　吉男	核燃料サイクル開発機構大洗工学センター システム技術開発部長
	辻倉　米蔵	関西電力（株）原子力事業本部副本部長支配人
	竹田　練三	（株）日立製作所電力・電機開発研究所技師長
	山中　伸介	大阪大学大学院工学研究科教授

2. 2 事前評価対象研究開発課題

エネルギーシステム研究部における事前評価対象主要課題領域とその内容は以下の通り。

1）将来型エネルギーシステムの研究
- (1) 低減速スペクトル炉の研究
- (2) 分散型小型炉システムの研究
- (3) 核変換システムの研究（＊オメガ計画の推進業務を含む）

2）エネルギー基盤技術（システム要素技術）の研究
- (4) 核データの評価研究（＊データセンターの運営を含む）
- (5) 炉心特性に関する研究（＊TCAの運転管理、＊FCAの運転管理を含む）
- (6) 原子力熱工学に関する研究（＊伝熱流動試験施設の運転管理を含む）
- (7) エネルギーシステム評価の研究

3）エネルギー基盤技術（システム材料・燃料技術）の研究
- (8) 被照射材の耐食性研究
- (9) プルトニウム系燃料の研究

ここで、(*)は 設備の運転及び保守管理（業務テーマ）

2. 3 専門部会開催

(1)開催月日　　平成12年9月20日（水）

(2) 開催場所　　富国生命ビル　28 階　中会議室

(3) 議事次第

①専門部会の審議について

・部会長挨拶、及び委員紹介

・審議の進め方

②説明及び質疑討論

・説明（中川正幸エネルギーシステム研究部長）

・質疑討論

③審議のまとめについて

・ 総合的検討（各委員の意見等を含む）

・ 今後の作業について

2．4　評価項目及び評価基準

事前に提出された評価用資料及び専門部会における説明に基づき、以下の評価項目、評価の視点、評価の基準に従って、評価を実施した。

1) 項目別評価

(1) 評価項目及び評価の視点（「　」は評価の視点）

(a) 研究開発の基本方針

（「研究開発の全体目標、研究・業務課題の設定と全体構成、資源計画とスケジュール、原研内他部門との協力・連携、外部機関との協力・連携等の妥当性」）

(b) 主要課題領域（主要課題領域毎に(イ)～(ニ)を評価する。）

(イ) 目的・意義

(ロ) 研究展望及び達成目標（「５カ年の展望の中での具体的な達成目標の妥当性」）

(ハ) 進め方（含むテーマ構成と各テーマの位置付け）

（「研究開発スケジュール・研究開発手法の妥当性」）

(ニ) 予想される成果の波及効果（「波及効果の期待度」）

なお、研究支援業務の評価については、上記(b)において、以下の評価項目及び評価の視点を考慮する。

(イ) 主要業務内容、目的・目標等（「これらの妥当性」）

(ロ) 業務の進め方及びスケジュール（「これらの妥当性」）

(ハ) 他部門・分野への予想される貢献及び波及効果（有れば）（「貢献等の期待度」）

(c) 資源配分

（「①研究開発資金、人員の配分の妥当性、及び②主要課題領域、テーマに対する予算・人員等の効率的配分の妥当性」）

(d) 原研他部門との協力・連携（「協力・連携の妥当性」）

(e) 外部機関との協力・連携（「協力・連携の妥当性」）

(f) 人材養成の施策（「施策の妥当性」、及び研究支援業務については「担当者の士気確

保の施策の妥当性」を含む)

(2)評価の基準

上記の1)項目別評価に対して、5段階評価（5：優れてる、4：やや優れている、3：普通、2：やや劣る、1：劣る）を行う。

2) その他全般的な所見総合評価

上記の視点以外に、特記すべき提言提言、問題点等を記す。

3. エネルギーシステム研究部の研究計画の概要

3．1 研究開発の基本方針

核分裂エネルギーの利用に係わる将来型システムについて、原子炉、燃料サイクル、廃棄物、環境を含めた総合的観点から研究し、21世紀に求められる整合性のあるエネルギーシステムの構築に必要な基盤技術を開発する。併せて当部のポテンシャルを活用して、短期的にも重要な課題となっている軽水炉材料及び再処理施設材料の経年変化に係わる研究を行い、安全性の向上に貢献する。

原子力システムは、その特徴として長期供給安定性や環境適合性等の利点を有しており、21世紀を越えて主要なエネルギー供給源となることが期待されている。原子力についてはより大きな可能性を引き出す技術の実用化のため、研究開発を長期的視点から継続的に行うことが重要である。原研におけるエネルギーシステム研究は、将来型エネルギーシステムの構築とその成立性に関する課題のうち、日本の中での役割分担、当部の研究ポテンシャル等を考慮して、研究開発の重点化を図ることにより、その存在意義を高めることとしている。

3．2 主要な研究開発課題の計画

当部の研究課題を、主要課題領域1：将来型エネルギーシステムの概念構築、主要課題領域2：エネルギー基盤技術（システム要素技術）及び主要課題領域 3：エネルギー基盤技術（システム材料、燃料）の三つに分けた。主要課題領域2及び主要課題領域3の基盤研究は、主として主要課題領域1で対象とする将来型エネルギーシステムの設計、評価に必要な実験的研究及び設計解析手法開発並びにデータベース構築に相当するものであり、その推進に際しては、独創性、汎用性に留意し、学術的にもレベルの高い成果を国内外に提供し原子力研究の発展に貢献する。

1) 主要課題領域1：将来型エネルギーシステムの概念構築

エネルギーシステム研究の骨格をなす主要課題領域1の将来型エネルギーシステムの概念構築では、以下に示す三つのシステムを対象として研究開発を進める。

①ウラン、プルトニウム資源の有効利用を目指した水冷却型低減速スペクトル炉の研究で

は、既に概念検討により1.0を超える転換比の達成が可能との見通しを得ていることから、安全性の確保を前提として転換比等の炉心性能の画期的向上を目指した炉心概念を創出し、社会的ニーズに適合した最適炉心概念を構築する。本炉は核的特性が現行軽水炉と異なるとともに、転換比、ボイド反応度係数等の設計マージンが小さいため、設計の詳細化を進めるに際して臨界実験によって核的特性を検証する必要がある。このため、臨界実験装置TCAを用いた炉物理実験に着手する。また、熱流動的成立性を確認するためには、稠密炉心形状における限界熱流束データ及び冷却材喪失事故等の事故時炉心冷却特性データの取得が必要となる。このため、既存の大型試験装置を活用した熱流動実験を実施する。

②需要地に近接してプラントを立地出来れば、送電コストの低減以外にも熱供給、海水淡水化等原子力の用途拡大等の利点があることから、高度に受動的安全系を採用できる小型軽水炉を中心とする分散型システムについて、安全性、経済性等が評価できる段階まで概念の構築を進める。

③高レベル放射性廃棄物の処理処分に関連して、環境負荷低減のため長寿命核種を安定核種や短寿命核種に変換し廃棄物処分を合理化するためのシステムの構築を進める。このため大強度陽子加速器と未臨界炉を用いたシステムについて、核変換特性をはじめ過渡時の炉心及びプラントの挙動を評価する。

なお、これら三つの将来型エネルギーシステム研究については、今後5年間を目途に、各々その成立可能性を確認することとする。因みに、最も開発に力を注いでいる低減速スペクトル炉については、現行軽水炉の更新需要を見込んだものであり、実用化のターゲットは2020年代後半と想定している。

2) 主要課題領域２：エネルギー基盤技術（システム要素技術）の研究

将来型エネルギーシステムの概念構築とその成立性を評価するための要素技術に係わる核データの評価研究、炉心特性に関する研究、原子力熱工学に関する研究及びエネルギーシステム評価の研究を行う。

① 核データの評価研究では、中性子科学研究や核変換システムで重要な高エネルギーファイル及びアクチニドファイルの作成や JENDL-3.3 汎用ファイルを整備する。また、理論計算コード、実験データベース等からの評価を効率的に行うための統合核データ評価システム第２版を完成し、利用を開始する。

② 炉心特性に関する研究では、システム設計の詳細化に資するため、輸送理論に基づく核熱結合特性解析コード、高エネルギー荷電粒子輸送を含む統合モンテカルロコード等を開発するとともに、臨界実験装置 TCA, FCA を用いた低減速スペクトル炉、加速器駆動炉等の炉物理実験に着手する。

③ 原子力熱工学に関する研究では、低減速スペクトル炉、分散型小型炉等の将来型システムの熱工学的な試験と解析、ITER の熱流動安全評価を行うほか、沸騰遷移予測手法に関する機構論的な基礎研究を実施し、これらの知見をシステムの成立性評価及び熱

工学的性能の向上に資する。

④ エネルギーシステム評価の研究では、各種エネルギー源の特性に関する定量的な比較評価を通じて原子力の必要性と意義に関する情報を社会に提供するとともに、低減速スペクトル炉、分散型小型炉等の将来技術の位置付けを明確にする。

3) 主要課題領域３：エネルギー基盤技術（システム材料、燃料）の研究

被照射材の耐食性研究として、軽水炉の照射誘起応力腐食割れの研究、高性能被覆管材の開発、再処理施設用材料の試験、開発を行う。燃料研究として、核変換システムや高速炉用の窒化物燃料とその乾式再処理法の研究及び岩石型燃料の研究を行う。

①照射誘起応力腐食割れの研究では、従来から進めてきた照射後試験による主要因子の定量化を継続するとともに、照射後試験と実機条件との対応が特に重要となるためJMTRを用いた照射下試験のための技術開発とその実証を行う。

②高性能被覆管材の開発では、材料の試作と環境適応性等の特性評価試験の結果を基材料の最適化を図るとともに、解析コードを整備する。特に重照射/伝熱面特有の材質劣化機構の解明に重点を置き、長期耐久性を評価する。

③処理材料耐食性試験では、硝酸溶液中での局部腐食や環境割れ等の経年劣化型腐食損傷に関して、寿命評価技術、防食技術、監視技術を整備するとともに、六ヶ所再処理施設への適用を念頭においた総合的評価を行う。

④窒化物燃料/乾式プロセスの研究では、実プロセスに近い条件下での要素技術開発を進め工学的パラメーターを最適化するとともに、回収した窒化物燃料の熱物性データの取得及び照射挙動の解明を行う。

⑤岩石型燃料の研究では、蛍石型相とスピネル相から構成されるプルトニウム燃料の照射挙動、地盤内での安定性、炉心燃焼特性等の評価を進めるとともに、これまでの成果を統合化して、当該燃料の成立性を明らかにする。

３．３ 総合的推進方策・進め方、研究資源等の計画

1) 総合的推進方策・進め方

当部の進める研究テーマは、日本の原子力エネルギー研究開発と安全確保とに深く係わるため、外部はもとより所内他部門との研究協力を積極的に行う。特に短、中期的研究課題に関しては、共同研究、受託研究等を重視し人員、予算の確保に努める。将来型炉の研究では、電力との共同研究を進める。

所内他部門との協力・連携では、例えば、核変換システムの研究はオメガ計画の下に、中性子科学研究センター、物質科学研究部と協力して進める。また、大洗研のJMTRにおける照射、燃料研究棟の利用で密接な協力を行うほか、東海研の燃料試験施設、WASTEF等は被照射材の研究を遂行する上で不可欠な施設であり、引き続き協力を依頼する。

2) 研究資源等の計画

予算要求に当たっては国内外の技術的動向に留意して重点化を図るとともに、安全上の

観点からの施設の老朽化対策を積極的に進める。平成 13 年度の大蔵認可予算を基本とした領域ごとの予算内訳は、

「主要課題領域１：将来型エネルギーシステムの概念構築　171 百万円」、

「主要課題領域２：エネルギー基盤技術（システム要素技術）　288 百万円」、

「主要課題領域３：エネルギー基盤技術（システム材料、燃料）　193 百万円」

であり、総額は 652 百万円となる。

このほか、原子力発電安全性実証試験等の特別会計事業として、

文部科学省から、「ウラン濃縮廃棄物の光核分裂検出法による非破壊測定技術の開発 49 百万円」及び「革新的小型炉要素技術開発 65 百万円」、

経済産業省から、「再処理施設安全技術調査等　449 百万円」を受託する予定である。

人員については、研究系、技術系共に新人の確保が困難である事を考慮し、重点的な課題に人員を投入する。また、システム研究と基盤研究の両方に所属する研究員を増やし連携を強化する。さらに、外部からの、派遣研究員、博士研究員、特研生等を積極的に受け入れる。具体的には、平成 12 年度の実績を基本とした平成 13 年度の領域ごとの職員数及び（外部からの受け入れ者数）は、

「主要課題領域１：将来型エネルギーシステムの概念構築　30 人+（3）人」、

「主要課題領域２：エネルギー基盤技術（システム要素技術）49 人+（3）人」、

「主要課題領域３：エネルギー基盤技術（システム材料、燃料）　33 人+（12）人」

であり、職員総数は 112 人、外部からの受け入れ者総数は 18 名程度となる見込みである。

4. 事前評価結果

4.1 項目別評価

(a) 研究開発の基本方針

エネルギーシステム研究部が 21 世紀に求められる核分裂エネルギーシステムの構築に必要な基盤技術の開発を目的としていること、現在保有する技術を活用しようとすることは理解でき、期待も大きいものがある。しかしながら、この目的の達成のためには、現在原子力界において何が求められているのか、原研として何が重要な課題なのかという原点に立ち返った分析を踏まえて、綿密な精査検討を行いつつ適切にスクラップ&ビルドを進めて行くことが、有益な研究成果を上げるために必要と考える。

新しい時代に対応する原子力エネルギーシステムの概念を再構築することに求められていることは、競合技術との競争の本質が経済性であるとの視点である。研究計画全体が目指す貢献の意義付け、目標設定をより明確にすることが必要である。率直に言えば、現状の研究の延長線上から離れて飛躍することが求められている。

「将来型エネルギーシステムの概念構築」について、原子炉、核燃料サイクル、廃棄物、環境を含めた総合的観点から研究するとしている。この４つの観点は重要ではあるが、総花的すぎる感がある。また、この観点は原子力の中だけで閉じる必要はなく他分野も含めてのバランスを取ることを考えることもできる。他分野の競合技術に打ち勝つこと、市場に食い込むことの困難さの認識とその意気込みをもっと期待したい。

また、「システム概念の構築」ということから、原研内外のシステム研究と十分整合性を取るとともに、民間と原研の役割分担を明確にし、原研としては、そのコアとなる要素技術の研究開発やソフト開発に重点を置くことを期待したい。

研究課題の展開については、当面の５カ年の基本目標を各システム概念の成立性を確認すること、長期的には、重点課題の低減速スペクトル炉の実用化を目途にしている。しかし、資源論ではなく経済競争力に焦点を当てたシステムや技術についても検討する必要がある。また、低減速スペクトル炉や分散型小型炉の概念については、軽水炉の実用化済の技術を活用するとしているが、30 年の運転実績を踏まえ、炉外試験を省略できるような実証炉の概念を考えてほしいとの意見がある。

「システム材料研究」については、被照射材の耐食性研究として軽水炉の照射誘起応力腐食割れの機構及び挙動解明、再処理施設用材料の試験、開発等の原子力安全委員会安全研究年次計画に基づく研究が当面の課題として意義が高い。

全般的に、原研他部門や外部機関との協力・連携を積極的に行う姿勢が十分感じられる。他部門との協力・連携のあり方、例えば、どこが責任を持ってリードして行くかを入念に検討し、着実に成果に結びつけることを期待する。

原研として原子力開発利用長期計画で決まったことを実施する必要があるのは理解できるが、実施機関として目標が自己目的化する可能性があることを敢えて指摘しておきたい。各分野の研究開発の実施に当たっては中味や重点の置き方には柔軟性を持たせるべきである。原子力界でも状況は変化するし、基礎研究は思わぬ方向に活路があるものなので、進め方や重点の置き方について回りをよく見て柔軟な思考で進めてほしい。

また、エネルギーシステム研究部の各研究課題について無理に一つのプロジェクトのように整合性をとる必要はないであろう。柱となるプロジェクト研究に加えて多様な考えの基に計画が立案されてもよいと考えるので、Pu リサイクルやワンススルーのように一見矛盾するテーマがあるのは理解できる。

(b-1) 将来型エネルギーシステムの研究(主要課題領域Ⅰ)

(b-1-1) 低減速スペクトル炉の研究

(イ) 目的・意義

高速増殖炉(FBR)の選択肢の一つとして、水冷却増殖炉の特性・性能を明らかにし、可能性や実現性を検討することは有意義であり、着実に進めること期待する。

研究の遂行に当たって、原研保有の臨界試験装置の MOX 燃料試験実施等で有効活用が図れる点も意義の一つである。

水冷却方式は、産業革命以来様々な産業で広く用いられ、原子炉への利用においても、軽水炉は様々な原子炉型式の中で最もよく用いられている。軽水炉の技術は安全性の考え方も含めて確立しており、その技術基盤に基づいてプルトニウムの増殖を狙う低減速スペクトル炉の研究の意義は大きいと考える。

但し、競合技術に打ち勝つという視点でみると、ウラン資源が当面多量に存在するので、資源論ではないより競争的な目的として「プルトニウムを利用してウラン燃料の軽水炉に経済性で勝る」という近未来の目標として設定されるべきである。そのためにはプルトニウムを燃料とする革新的炉概念の探究とともに燃料サイクルコストの低減が必要である。乾式再処理や振動充填、低除染燃料という核燃料サイクル側の新技術との整合性も検討される必要がある。

なお、この炉は高速炉であり、「低減速スペクトル炉」という呼称は、適切な時期に「軽水冷却高速炉」とでも修正するのが良いと考える。

(ロ) 5 ヵ年の研究展望及び達成目標

低減速スペクトル炉の開発に当たって、稠密燃料格子に伴う核的熱的成立性の検証という研究課題の主要目標の設定は適切である。

稠密燃料格子に伴う局所ピーキング係数、負の反応度係数及び転換率などが炉の性能を評価する上で重要であろう。こうした要素試験や基本ソフトの開発は原研の役割である。

一方、MCPR 等の除熱の可能性については、解析による評価には限界があると思われるの

で、炉型の基本的な成立性を確認するためにも早い段階で実験による確認が望まれる。また、最終的には実規模燃料集合体の伝熱実験が必要になろう。

なお、ステンレス被覆管の採用を考えているが、BWR の熱流動条件下での燃料棒の耐久試験、照射試験は別途考慮される必要がある。

(ハ) 研究開発の進め方

低減速スペクトル炉の研究開発を関係部門が広く協力して進めることとしており、計画されているスケジュールや研究開発手法は妥当である。

2010 年頃まで成立性確認研究を実施するとしているが、この５カ年(2005 年まで)に成立性に係わる研究成果として何を達成してチェックアンドレビューに臨もうとするのかを、さらに明確化して取り組むことを期待する。

５カ年の展望の中で熱水力実験の比重が軽いように見受けられるが、試験炉計画よりも前に、十分なスケールでの実験による熱水力的課題の検討、確認がなされるように研究スケジュールを勘案することが必要と考える。

FBR の代替として低減速スペクトル炉が存在し得ると考えられるが、この場合ある炉型に限定されたものではなく、様々な炉型での実用化が将来において可能となるように、研究プログラムを汎用性のあるものとする必要がある。

TCA での MOX 臨界試験は原子炉開発の基盤インフラの維持、測定等のノウハウを持つ実験者の継承の点でも重要である。使える MOX 燃料の量が少ないとデータの価値は低下するので、多量の MOX 燃料を用意されることを期待したい。従来ある他の MOX 実験や稠密格子実験にない特徴ある実験が行われることを期待したい。

なお、試験炉計画の検討が予定されているが、試験炉の目的・必要性及び付与すべき機能等について明確にしつつ、そもそものシステム概念検討と整合性をとって進めることが大切であろう。

(ニ) 予想される成果の波及効果

実炉の実現までには長期間の研究開発が必要であり、３種の将来型原子炉システムの研究は短期間に成果や波及効果が期待できるものではないが、将来の原子力における選択肢を広げるという意味での効果と、原研が所有する技術の伝承という効果は期待できる。低減速スペクトル炉の研究に関連して、臨界実験施設の維持や、異常診断技術の開発等はそれぞれの分野において基礎的な要素レベルの有益な貢献が期待できると思われる。FBR サイクルの検討への反映とともに、水冷却高速炉概念の進展が期待される。さらには、老朽化が進む我が国の研究炉、試験炉の整備計画策定にも役に立つ。

(b-1-2) 分散型小型炉システムの研究

(イ) 目的・意義

分散電源は、欧米では、規制緩和という社会変化とガスタービン等の技術革新の結果として普及し始めている。現状では原子力発電は遠隔地に立地するため、送電コストや消費

地と供給地の乖離の問題がある。これらの問題に原子力としてどう対応できるかは重要な検討課題である。小型原子炉でこれに対応できるのではないかと考えるのは検討の１つの方向としては妥当である。他のエネルギー技術と競争するためには供給技術を多様化し、立地の自由度を増して新たな需要を開拓する必要がある。ここで、競合技術に打ち勝って実用化されるかどうかという視点では、当面の競合技術であるガスタービンが数十ｋＷから500MWまでの出力範囲をカバーできるようになっていることも注視しなければならない。

分散型小型炉システムは、原子力の供給能力の多様化を図ろうとするもので、他の２つのテーマより近未来で重要な課題の１つと考えられる。しかしこのテーマの評価がかならずしも芳しくなかったのは、提案されているシステムがガスタービン等の競合システムに対して果たして競争力を持つ技術革新をもたらしうるかどうかに、また都市接近が可能かどうかに、疑問が呈された為と考えられる。設計をまとめることよりもブレークスルーをもたらすことが求められている。将来型原子力エネルギーシステムにおいては本質的に問われているのは経済性を抜本的に改善しうる技術革新であり、競合技術に打ち勝って実用化されうるかどうかという点である。この観点からすると供給技術の多様化や立地の自由度の拡大はガスタービン等の競合技術が存在する以上必要十分な目標ではないと考える。

既に原研が保有している技術を有効に発展活用するという方針も理解できるところであるが、全体として分散型小型炉システムの開発を新たに開始するに当たっての戦略的な目的・意義の成立性が十分には検討されていない状況で、戦術的に個別的な技術開発課題を追求ようとしている印象がある。

原研の提案する炉概念の革新技術として、内蔵型制御棒駆動系と内蔵型熱交換器が考えられているが、これによって経済性、安全性が有意に向上する可能性についての見通しが必ずしも確定的とは言えない。従って、研究展望と課題目標及び研究開発の進め方を経済競合性を真正面に据えて考え直すべきではないかと考える。

(ロ)５ヵ年の研究展望及び達成目標　及び　(ハ)研究開発の進め方

過去の小型炉がどうして市場を獲得していないかという分析と問題点の整理、競合する火力技術などの分析が必要である。「エネルギーシステム評価」研究との連携が望まれる。評価を進めるためには、コスト評価手法とデータベースを整備する必要もある。

原研には将来炉の一つとして高温ガス炉研究開発部門もあることから、それらの部門と協力して、将来炉に望まれる特性についての徹底した調査分析が望まれる。その際には、原研外の組織と協力して調査を進めることで、広い観点からより客観性のある分析になることが期待される。

設計技術論的には、小型炉のコストデメリットの克服方策の検討を目標に含めるべきである。システム概念設計を進める過程でそのためのブレークスルーを見出すことを期待したい。

以上の見解に立って、研究開発の方向性の論点についての整理が十分でない段階で、圧力バウンダリ、熱交換機、シミュレータ等の個別技術開発は、時期尚早と考えられる。

(ニ) 予想される成果の波及効果

ブレークスルーをもたらす優れた概念、消費地立地や多様なニーズに対応できるものを提示することができれば、原子力利用の活性化につながることは十分期待できる。また、原子力に対する安心感醸成に寄与するものとしても期待できる。これらの目的を達成するための技術以外の要因についても合わせて考慮できるとなお好ましい。

(b－1－3) 核変換システムの研究

(イ) 目的・意義

核変換システムの研究については、国が進める分離変換技術開発の一環として位置づけられており、放射性廃棄物処分に係る環境負荷低減に資するべく長期的観点で研究を進める意義が認められる。加速器システムの可能性の探究という視点で長期に研究開発が行われ、他分野への波及効果があることを期待する。

鉛、ビスマス冷却を要素技術として取り上げているのも適切である。

(ロ) 5ヵ年の研究展望及び達成目標

超長期的展望に立った基礎研究として、予算規模からみて達成目標は概ね妥当と考えられる。ただ可能ならば5年後以降の展望も明らかにした上で、5年後の達成目標としていることの中味の具体化を図ることが望まれる。

一方、核変換システムの実用性について早めに見極める検討も望みたい。合わせて、窒化物燃料や鉛ビスマス冷却材の選定についての根拠を明確にし、不可欠な要素である場合は早期に特性を把握することが重要となろう。

なお、増殖炉の候補材料として窒化物燃料や鉛ビスマスに魅力があると考えるのであるならば、開発の意義付けも異なるものと考えられる。

(ハ) 研究開発の進め方

システム全体の研究の進め方を関係機関との連携のあり方も含めて具体化する必要がある。特に、窒化物燃料、鉛-ビスマス冷却、乾式処理関連のものは国際協力において JNC 等との協調や情報交換も必要である。

ADS システムの特性把握と技術的成立性評価のためには、多くのサブシステムについて幅広い種々の基礎データを取得する必要があり、プロジェクト志向で優先順位を絞って効率よく進め、適切な判断が可能なようにすることが大切であろう。研究計画を5年かけて作成するようになっているが、粗い概略の計画をまず作成して定期的に見直しながら発展させていくようにした方がよい。

(ニ) 予想される成果の波及効果

研究の過程において FBR サイクルシステムと共通の基盤技術について成果の反映が期待できる。加速器技術一般への波及が考えられる。研究は、当初意図したのとは違う意外

な方向に活路があったり波及効果が出てくるものなので、それにも期待したい。

(b-2-a) エネルギー基盤技術(システム要素技術)の研究(主要課題領域Ⅱ-a)

将来型エネルギーシステムの概念構築とその成立性評価のための要素技術として、研究対象システムとの関連において目的・意義が示されており、概ね適切と考えられる。

先ず、この主要課題領域の全体に共通する事項として、下記の点を指摘したい。

①核分裂エネルギーシステムについては他省庁や民間からの受託や協調も視野に入れる必要があるのではないか。その準備も進むことに期待したい。

②実験手法の維持向上においてはエネルギーシステム部以外の原研の部門や他機関との協調、協力が、また、炉特性解析法の研究においては国際的な情報交換や協調もあってもよいと考える。

③人材面では若手への継承が重要である。特に炉物理解析手法についてコアとなる人材の確保が重要である。実験手法は他部門、他機関との連携にも活路があるのではなかろうか。もっと一般的な数値解析手法全体を俯瞰できる人材を炉物理、熱流動、構造等をあわせて用意するとの考え方もあろう。この3つの分野すべての専門家になるのは困難だが、従来のように専門別に分かれ過ぎているのも時代に相応しくないと考える。

④この分野は計算工学のコアとして発展も期待できる。計算科学との連携ももっとあってもよいと考える。

(b-2-a-1) 核データの評価研究

(イ) 目的・意義

種々の炉心計算の重要な基礎データの整備、それを踏まえた解析技術の高度化に資するものであり、この基礎研究に対する原研の貢献は大きく、十分な意義が認められる。原子力研究のコアの1つであり、日本の中核としての役割を今後とも果たすことを期待したい。

今後、充実していく必要のある核データの全体像を明らかにした上で、どの分野に重点的に取り組むのかを明確にすることが望まれる。

更に、世界の大学や研究機関の研究者を組織して、現在核データが不十分な核種、反応(アクチニド, FP 等)の実験データを測定させる活動への指導力を発揮することも期待したい。このようにして核データ評価研究の今日的な意義が更に明確になる。

(ロ) 5ヵ年の研究展望及び達成目標　及び　(ハ) 研究開発の進め方

継続的なデータの集積が必要な分野であり基礎研究でもあることから、5カ年の展望というものが持ち難いと思うが、着実に進めることを望む。敢えて言えば、上流プロジェクトの進展への寄与、安全評価用の核データベースの誤差解析などに留意することを指摘しておきたい。

前記のように、研究展望としては、情報技術を利用した国際協力の推進により日本の核データセンターから世界の核データセンターへの発展を期待したい。韓国、中国、インド

等、原子力をさらに進めようとしている国との協力が特に重要なように考えられる。核データは原子力の基本インフラであり、営利的な性格を持っていないので、その活動に国の支援が必要である。

(ニ) 予想される成果の波及効果

国内のみならず国際的にも大きい波及効果が期待される。人材面では若手への継承が重要であり、そのコアとなる人材の確保や国内の他機関や大学とのより強い連携も期待したい。

(b-2-a-2) 炉心特性に関する研究

(イ) 目的・意義

これまでのSRACコード、MVPコードに代表される活動は高く評価される。今後とも日本の炉物理コード研究開発の中核としての役割を果たすことを期待したい。実験解析、実機データ解析、新システムの設計研究への関与による新しい問題への適用性の拡大なども期待したい。TCA、FCAは日本の代表的臨界実験装置としての役割を今後とも果たすことが期待される。

更にこの研究開発成果を現行炉、次世代炉に適用することも検討してはどうか。

(ロ) 5ヵ年の研究展望及び達成目標　及び　(ハ) 研究開発の進め方

研究展望、達成目標及び進め方は概ね適切である。

TCAの試験計画については、MOX燃料の手配の問題が有り、はっきりしたスケジュールが引き難いところがあるのはやむを得ないことと理解できる。

なお、部内の連携だけでなく、原子炉安全工学部、中性子科学センターなど原研内他部門と十分な協力、連携が重要である。

(ニ) 予想される成果の波及効果

炉心特性解析法は原子力の基本インフラであり、波及効果は大きい。

(b-2-a-3) 原子力熱工学に関する研究

(イ) 目的・意義

低減速スペクトル炉の除熱性能の検証のように革新技術の成立性の確認に係わる実験研究の意義は大いに認められる。

なお、上流のシステム設計研究に振り回されることのないよう、計算コードとしての汎用性や他のコードにない特徴を先鋭化し、他機関や外国からの使用希望に応えられる高品位のものを目指してほしい。

一方で、鉛・ビスマス熱流動解析の場合には、核変換システムの成立性がその熱流動特性によって左右されるのであれば重要であるが、本システム自体の実用性の検討や耐食性等の他の重要な課題に対する見通しを得た上で実施されるのが適切と考えられる。

(ロ) 5ヵ年の研究展望及び達成目標　及び　(ハ) 研究開発の進め方

TRACベースでコードのシステム化を図る方策は、研究資源の有効利用と継承性の点で適切である。概念設計研究に用いるコードは各種設計案の変更に対してコードも修正する必要があり、本質的に事象をとらえていればコードは簡単で見通しのよいものほどよいとの考え方もある。コードのモジュール化もこれに対する方策であろう。

また、熱流動研究の方向性としては、機構論的モデルの追求により沸騰やシビアアクシデント解析法において従来の手法では解けない問題を解ける計算コードを開発することも期待したい。こうしたコード開発は国立の研究機関としての原研の役割である。

スペーサの形状効果は民間でやっているところもあるが、チャレンジングな課題であり、情報交換を進めながらともに進めることを期待したい。

低減速スペクトル炉の除熱性能の検証については、目標が明確である。

なお、機構論的沸騰遷移予測手法の開発については、それ自体の価値はともかく、全体の研究との関連をより明確にすべきであろう。また、この研究では大学、産業界での活動もあることから、それらとの連携を明確にすることが望まれる。

将来の展望としては、燃料集合体一体をそのまま模擬してバーンアウト試験が実施できる規模の熱流動実験ループを持つべきではないか。

(ニ) 予想される成果の波及効果

低減速スペクトル炉の成立性の判断のために重要な除熱能力のデータを提供することが期待される。なお、各種炉型(大型炉、小型炉、固有安全炉、低減速炉等)で必要とされる熱特性を明確にした上で、広範囲なデータを収集すべきである。

(b-2-a-4) エネルギーシステム評価の研究

(イ) 目的・意義

将来の原子力技術、システムの役割を分析するという意義は大きい。本来、この観点での十分な分析検討を踏まえて、個別のテーマへの展開が望まれる。大規模なソフトウェアの開発は国の研究機関の役割と考えられる。

持続可能でかつ戦略的柔軟性の高い原子力システムの概念を構築するとあるが、領域Iの研究と位置づけるべきとも考えられ、整理する必要がある。

一方、この研究分野は、他機関の活動もある。むしろ今後は「原子力国産化」から「メガコンペティション」の時代への変化を受けて、実用化へのブレークスルーをもたらす戦略はどうあるべきかを考えたり、競合分野の情報を研究者や研究テーマ設定にフィードバックする役割もあってよい。エネルギーシステムのコスト評価法やデータベースを整備し、それを新システムの研究開発に生かすことも考えてもよいのではないか。

(ロ) 5ヵ年の研究展望及び達成目標

持続可能で且つ戦略的柔軟性の高い原子力システムの概念を構築し、各種エネルギー源

と比較する方針には賛成であるが、具体例への展開の理由を明確にすべきである。

研究の達成目標が「原子力国産化」の文脈での原子力の意義付けにあるように思われる。こうした研究も必要だが「実用化へのブレークスルー」のための展望を開く研究も期待したい。200 年先のことでなく 20 年先も分析し戦略を立てる必要があるのではないか。技術の歴史や自由化等、社会政策の影響分析なども必要である。

(ハ) 研究開発の進め方

研究資源が少ないので、国内外の研究交流を活発に行うとの方策は適切である。

原研外の組織との連係、高温ガス炉研究部門との連係を含めて、広い検討が可能な体制を採る必要がある。

なお、この研究の担当者は推進意見だけでなく厳しい意見を言うことも所内では求められていると考えるべきではないか。

(ニ) 予想される成果の波及効果

将来の原子力の方向性や戦略を考える上で重要な評価結果を与えてくれること、加えて新しい時代に必要とされる成果が得られることを期待したい。

(b-2-b) エネルギー基盤技術(システム要素技術)の研究(主要課題領域Ⅱ-b、研究支援業務)

(イ) 主要業務内容、目的・目標等 、(ロ) 業務の進め方及びスケジュール、及び

(ハ) 他部門・分野への予想される貢献及び波及効果

データセンターの運営、TCA、FCA の運転管理、伝熱流動試験施設の運転管理のいずれも、試験設備として必要なものである。TCA については、目的で低減速炉スペクトル炉のための基礎研究としているが、スケジュールの「TCA の改造工事」の業務内容が詳しくは無い。

(b-3) エネルギー基盤技術(システム材料・燃料材料)の研究(主要課題領域Ⅲ)

それぞれ５つの課題は将来型エネルギーシステムの研究との関連がそれほど強くないように見受けられる。燃料・材料の研究は多様性があってよく、プロジェクト研究と関連しないテーマも育てて行く必要があることは理解できる。短期的目標を持つ現行軽水炉や再処理施設の高経年化対策に係る研究が重要な意義を有することも理解できる。

過去５年間の研究のアクテビテイも高く、研究目標を達成することを期待する。但し、それぞれの課題において５年間で解決できる見通しが明示されていない。例えば高性能被覆管とはどのような被覆管開発をするのかが具体的でない。燃料・材料の開発にはある程度数値目標を設定すべきではないかと考える。このため、適切な節目においてチェックアンドレビューを受ける必要がある。

(b-3-1) 照射誘起応力腐食割れの研究

(イ) 目的・意義

軽水炉の高経年化に関連して最も重要な課題の一つである「照射誘起応力腐食割れ」(IASCC)の研究は、現在原研も参画して産官学が連携して精力的にデータを採取しているところであり、将来の維持基準策定に向けて、その意義は大きい。

(ロ) 5ヵ年の研究展望及び達成目標

パラメータをふった基礎データ採取、照射下 SCC 試験データの取得、維持基準の策定に向けたデータ整備とそれぞれの目的に応じた目標を設定しており、妥当である。

また、JMTR は主として BWR を念頭に照射下試験等の装置設計がなされているが、今後は PWR 条件をも考慮に入れ、PWR 及び BWR 共通に解明すべき事項(加速照射の影響(フラックス、スペクトル)及びモデリング、IASCC 発生メカニズムの解明、応力の影響(残留応力だけではなくボルト応力も考慮))等から優先的に進めていくべきである。

(ハ) 研究開発の進め方

維持基準策定に向けたデータ整備として、2009 年度までの通産省プロジェクトのスケジュールに合わせて整合性を持って進めるとする計画は、適切である。

照射下試験の技術開発は実機使用条件との対応が重要であるため、電力との共同研究として実施すること、及び、基礎データの採取は原研独自で実施するとしているなど、内容毎に適切な進め方をしている。

但し、「照射誘起応力腐食割れ」は、パラメータをふって実験を繰り返すうちに現象を説明するモデルが見つかるとの考え方ではなく、現象を説明する新しいモデル, 仮説が研究着手時に提示されるべきで、5年かけてそのモデルや仮説を実験で実証していく方法をとるべきである、との意見もある。

(ニ) 予想される成果の波及効果

高経年化軽水炉の信頼性、安全性確保に資することができる。更に、IASCC のメカニズムの解明により、耐 IASCC 性に優れた材料開発の指針を与えることができる。

(b-3-2) 高性能被覆管材の開発

(イ) 目的・意義

MOX 燃料の大幅高燃焼度化(100GWD/T)を目指す新型燃料被覆管材料開発(被覆管材用としてステンレス鋼ニオブ合金及び接合剤)は、軽水炉用被覆管材としてブレークスルーをもたらす可能性があり大いに評価できる。

(ロ) 5ヵ年の研究展望及び達成目標

高性能被覆管をどのように開発して行くのか、ある程度数値目標を設定すべきではないかと考える。

但し、単に材料開発だけでなく LOCA 時の冷却特性など原研原子炉安全工学部及び燃料サイクル安全工学部での課題との整合をとることが必要と考える。

更に、現行軽水炉への適用性について評価(中性子経済性等)として組み込むことが望ましい。

(ハ) 研究開発の進め方

ステンレス材料の最大の課題である IASCC に対する感受性の確認を早期に実施することが望まれる。

解析コードの整備よりも、適切な試験による十分な特性の把握に努めるべき。特に IASCC 感受性の評価は重要である。

(ニ) 予想される成果の波及効果

将来の大幅高燃焼度燃料及びMOX燃料の高燃焼度化を考えた場合、得られる成果は大いに役立ちうるものと考えられる。良好な性能を持つ材料が開発されることが期待される。

(b-3-3) 再処理材料耐食性試験

(イ) 目的・意義

耐食性は、設備の寿命を支配する要因であり、短期的目標を設定するとともに基礎研究を進めることは、将来の再処理設備のコストダウンのために重要な研究と認められる。

六ヶ所再処理施設の安全性向上が期待でき、実機への適用を進めるための研究開発の意義は大きい。具体的には、酸回収蒸気缶に関する研究開発については重点的に実施することとし、小型モックアップ試験機での長期安全性データの取得は実機への適用(安全審査や設工認にも十分に使えるデータの取得)の面からも実施すべきである。

腐食監視技術の内、前述のジルコニウムの割れモニタリングについては、必要性を検討した上で基礎研究としてすすめられることについては評価する。

また、腐食モニタリングの開発については、実機への現実的な適用性を十分に考慮する必要があると考える。

なお、規制側からの安全確保対策との観点が述べられているが、本研究は本来設備の長寿命化によるコストダウンを目指すものと理解しており、耐食性の善し悪しが直接安全性に関わる事項とは考えられない、との意見がある。

(ロ) 5ヵ年の研究展望及び達成目標 及び (ハ) 研究開発の進め方

妥当な目標設定と言える。防食材料技術については、前述のように許認可に必要なデータ取得計画も考慮する必要がある。

腐食監視技術については、六ヶ所再処理施設の建設・試運転スケジュール(平成16年初にセル閉止し、その後は立ち入り不可)からすると、平成14年度には開発を終えないと実機への適用が困難となるので、実機のスケジュールとの整合をとっておく必要がある。

寿命評価技術については、実機条件での評価が重要であり、過度な試験条件設定を行う場合はその意味を明確にしておく必要がある。

(ニ) 予想される成果の波及効果

六ヶ所再処理施設の安全性向上に寄与する。良好な性能を持つ材料が開発されることが期待される。

(b-3-4) 窒化物燃料・乾式再処理の研究

(イ) 目的・意義

高速増殖炉設計を含め燃料サイクルの選択肢を広げる価値がある。

ただ、高速炉燃料サイクルへの適用のみを想定しているが、高速炉燃料サイクルが本格稼働するのはまだまだ先であり、その前に訪れる軽水炉燃料サイクルとの関連性を明確にしていくことが望まれる。

(ロ) 5ヵ年の研究展望及び達成目標　及び　(ハ) 研究開発の進め方

個々のテーマについての達成目標は概ね妥当と考えられる。今後、電中研で進めている金属燃料への乾式再処理プロセスとの調整を適切に進めてもらいたい。

(ニ) 予想される成果の波及効果

MA 核変換用及び高速炉用の窒化物燃料に関する基盤データの取得や乾式再処理プロセス の設計評価のための要素技術開発は、FBR サイクルシステムの研究開発と共通した基盤技術開発であり、反映が十分期待できる。

また、窒化物燃料を対象とした研究については他の研究機関との協調による成果が望まれる。

(b-3-5) 岩石型燃料の研究

(イ) 目的・意義、(ロ) 5ヵ年の研究展望及び達成目標、　及び　(ハ) 研究開発の進め方

核燃料サイクルに対する選択肢の一つとして基礎的な研究を進めていくことは評価できるが、位置づけを明確にして、何時までに成果を挙げ、どこに反映することを狙うかを明示していくべきではないか。

あえて原子力長期計画を引用するならば、ウラン資源の有効利用を計るという我が国の方針と矛盾するところがありうるが世界的には必ずしも矛盾しない。しかしメリット、デメリットを他のオプションと比較評価することが適当な時点で必要である。

国際協力という観点からの意義は認められる。

(ニ) 予想される成果の波及効果

特にコメントなし。

(c) 資源配分

低減速スペクトル炉の研究開発予算が、臨界試験装置の整備の関係で大きいこと、再処理材料耐食性試験の予算配分の比重がかなり大きい計画と窺える。前者の低減速スペクト

ル炉の研究については、成立性に係る重要な要素技術開発にもう少し予算を配分することが考えられる。

人員については、システム研究と基盤研究の両方に所属する研究員を増やし連携を強化することは重要なことと理解できる。兼任ではなく、行ったり来たりの人事交流も考えれる。

更には、原研が使命を全うするための最重要課題をまず設定し、その研究を成功させるために最適な人材や開発資金を世界中から集めるシステムを整備することを望む。

(d) 原研他部門との協力・連携

将来炉のあり方については、研究所全体の知恵を結集することが必要である。中小型炉については高温ガス炉研究部門との協同も必要と考える。

各プロジェクトの所内の協力・連携の計画内容は概ね妥当と考えられる。相手部門の予算とマンパワーについて、エネルギーシステム研究部側がどれだけイニシャティブをとって進められるようになっているかがポイントであろう。

低減速スペクトル炉の研究について、原子炉安全工学部とは、実験やコード開発だけでなく、炉心損傷評価等の安全性の検討についても連携して進める方がよい。

(e) 外部機関との協力・連携

外部の各機関との研究協力を研究資源の確保の観点も踏まえて積極的に推進しようとしており、また、大学との交流や国際協力の活用も計画されており、概ね妥当と考える。

核燃料サイクル機構の「実用化戦略調査研究」への協力は今後とも継続されることを強く期待する。

ただし、協力研究、委託研究の形で大学とは協力・連携しているようであるが、国内外の大学の能力をより生かす方法を考えていただきたい。勿論、大学側もパートナーに相応しい研究・開発能力向上により一層努力する必要はある。

国際協力については、日本の機関がそれぞれバラバラに外国の機関と似たテーマで研究を進めることのないよう希望する。

(f) 人材養成の施策及び士気確保の施策

技術の継承という観点を重要視しており、施設の利用開放、学生の教育への協力等も含め、最大限努力していると認められる。

所内の人材養成方策は適切である。研究を実施する担当者の志気向上のためにも、将来の実用性が高い研究テーマを選択・集中することが望まれる。

学部学生(卒論生)の受入についても、例えば夏期講習の延長のような形で考えてみてはどうか。旧原子力工学科に限らず、物理や数学、機械、電気工学科学生等に対して実習するとよいのではないか。若いうちに原子力関係に興味を持たせる点でも重要である。但し、学生や院生は研究の補助者ではないことを留意してほしい。役に立つように教え込んだ時には卒業すると考えておいた方がよい。教育とはそのようなものである。将来よい人材を

獲得するためにも役に立つことになる。

人材育成については、研究所内の研究担当者の士気の向上が最も重要であると考える。このような観点から、リーダ育成やその資質判断、研究グループへの予算、人員確保について、原研全体として、どのような施策を執っているかが課題となっていることを指摘しておきたい。

4．2　その他全般的な所見

上記の評価項目別の視点の他、各委員から個別的な所見が述べられた。これらを以下に記す。

1）エネルギーシステム研究部はシステム設計、炉物理、核データ、伝熱流動など、原子力の中核部分を担当しており、若手への継承、発展、人材確保への配慮が特に必要である。これらの研究は前向きであり、原子力の閉塞感を打破する点でも重要である。

炉心、核データ、熱工学等の基盤研究についてみると、少ない研究資源で仕事に追われているとの印象を受けます。当面の研究計画の遂行についてはよいのであろうが、長期的な発展(今までと同じ内容や方法でなくてもよい)の方策が見えてきません。もう少し長期的ビジョンを持つとよいのではないでしょうか。

例えば、中性子科学で強力な原子核研究グループがKEKから来るので、核データはその研究グループとの情報交換や連携を強めるとか(仕事のタイプは全然違うので、一緒にはできませんが)。

もう1点は、当面の手法開発はよいのですが、従来のやり方を全く変えてしまうような画期的な手法や概念について考えたり、可能性を探索したり、少し研究してみたりということはやれるようになっているのでしょうか。研究計画をあまり縛り過ぎず、画期的なアイデアを奨励したり、ある期間試みられるようなシステムもあってもよいと考えます。これらには評価は不要です。

大学等外部で生まれた手法やアイデアに対しても内外の差別なくオープンで良いものを取り入れられるようになっていることが大競争時代には求められていると考えます。

「原子力国産化」から「メガコンペティション」時代への変化を受けて、研究開発も「実用化やブレークスルー」をより求められるようになったと考えています。原子力には追い風が吹くはずですが、すべての技術には競争相手がおり、原子力も研究開発はその視点でより近未来の実用化に向けてやっていくことが必要と考えます。原研のエネルギーシステム研究部に期待したいと存じます。

「メガコンペティション」は産業界のことだけでなく、研究開発でも既に始まっています。文部省では以前よりそうでしたが、今後は省庁統合によりバイオやナノテクノロジー等といった様々の分野との直接の競争に原子力の研究開発はさらされるようになると思われます。研究投資に見合う成果を挙げることがより厳しく求められると考えます。原子力は日本にとって地球温暖化問題に対する切り札ですが、それに甘えることは許されないと考えます。

長期的にみると社会のニーズが技術の方向を規定してきた歴史がある。さらに動力エネルギー技術の歴史をみると、30～40年毎に新技術が市場を獲得している。現在はガスタービンであり、20～30年後には燃料電池が市場に入ってくる可能性がある。これらの歴史を考えると軽水炉の改良とは別の視点で原子力も技術革新を追求する必要がある。出力の大小は技術革新の追求において本質的な目標ではないはずである。競合技術に打ち勝って市場に導入される技術革新が追求されることを期待したい。

2）基礎的データ蓄積に関わる研究の意義は非常に高く、原研がこの任を果たしていることは高く評価できる点である。

プロジェクトベースの研究となると、小規模多数にリソースが分散されていることが問題と考える。有益な成果を期待できるようにするため、また関係する研究者の士気高揚の観点からも、思い切った研究テーマの選択と集中が必要である。

3）原研は、各機関からの依頼事項・ニーズを集約して研究を実施するだけでなく、原子力の将来展望を自ら描き、その上で将来のニーズを整理し、研究内容・スケジュールを決定していく必要があると考える。特に、大規模なシステムの設計、試験、情報収集、評価について、原研としての役割が大いに期待される。

今後とも、基礎的な研究と実用化のための研究とを明確にしつつ、幅広い研究開発の実施を望む。

4）エネルギーシステム研究部は、核分裂炉に関する種々の領域の研究者・専門家を抱え、幅広く総合的にシステム研究を行う能力を備えている点が強みである。魅力あるシステム概念を提示し成果を発信していくとともに、様々な基盤領域で技術の発展と継承も図っていく必要があると思われる。

システム研究のテーマをいくつか設定し、それに向かって基盤技術研究の部隊もベクトルを合わせ、有機的に連携をとりながら整合性を持って進めることが、世に問える成果を確実に発信していく観点や研究者の志気を高める観点からも望ましい。一方、多様で異質なグループや研究者がそれぞれ自由に独自な研究活動を進める中で、新たなアイデアの創生に期待する部分があっても良いとは思う。

原研としては、基礎基盤的研究を主体に技術開発を担っていくとしているが、エネルギーシステム研究部の業務はプロジェクト的色彩が濃厚であり、世の中に成果を還元する（技術移転といえるかもしれない）プロセスを想定し、具体的なアウトプットとしてどのようなものを何時までにまとめどこに引き継いでいくかを常に意識することが必要ではないかと思う。そのためには研究課題設定のためのニーズを十分把握しておく必要がある。

5）原子力発電には、電力自由化に対応した安い電気を供給する役割と、長期的なエネルギー安全保障にかかわる役割の２つがあり、前者は民間、後者は原研JNCを中心として国がその役割を担うことを再確認し、その中核となって活動されることを期待する。

将来を見据えたエネルギーシステムの研究開発について、少ない予算、人員の中色々配慮された研究計画であると思います。

日本原子力研究所のエネルギーシステム研究部は将来の核分裂炉の研究を推進していく日本の中核となる研究組織ですから、所内の他部門との連携を強め少ない予算と人員を有効利用するためのシステムづくりを進められることを期待します。例えば、燃料・材料を例にすれば、照射施設を持ち、PIE が可能で、Pu や MA を使用できるという高い研究開発能力を持ちながら、所内に種々の施設を分散させておくことは無駄ではないでしょうか。これらを一元化させたような組織、設備(例えば、ITU のような)を作れば、現在立案されている種々のプロジェクト研究にも大いに役に立ちますし、機能的であると考えます。人のリストラや設備のスクラップだけでなく、是非ビルトの方にも大いに力を入れていただきたいと思います。

6）研究の成功失敗は計画を立案し実行する人による。どのような過去の実績を持つ人が担当するかにより、研究テーマの評価は大きく変わる。担当者の実力に見合ったテーマであることが大切で、研究テーマのみの評価の現状を人を含めた評価に変更されることを期待する。研究者が社会のニーズを踏まえ、信念と志をもって研究に邁進されることを期待する。

エネルギーシステム研究部の本事前評価結果における各評価項目別の評価点数（評価者の平均）を次ページの別表に示す。

なお、今回の評価点方法では、表に示したように評価項目ごとの評価点を３つの主要課題領域ごとに行うこととした。但し、各主要課題領域の中が幾つかの研究課題で構成されており、各研究課題毎に評点をつけた委員も若干名あったが、これらも平均点を採用した。従って、本報告書の本文中では評価項目ごとの評価点を表記していない。

別表　エネルギーシステム研究部の研究開発課題の事前評価結果

評価項目	評価点数 (5点満点)
(a) 研究開発の基本方針	3.8
(b-1) 将来型エネルギーシステムの研究　(主要課題領域Ⅰ)	
(イ) 目的・意義	3.6
(ロ) 5ヵ年の研究展望及び達成目標	3.6
(ハ) 進め方(研究開発スケジュール・研究開発手法)	3.7
(ニ) 予想される成果の波及効果	3.8
(b-2-a) エネルギー基盤技術(システム要素技術)の研究(主要課題領域Ⅱ-a)	
(イ) 目的・意義	3.9
(ロ) 5ヵ年の研究展望及び達成目標	3.7
(ハ) 進め方(研究開発スケジュール・研究開発手法)	3.6
(ニ) 予想される成果の波及効果	4.1
(b-2-b) エネルギー基盤技術(システム要素技術)の研究(主要課題領域Ⅱ-b 研究支援業務課題)	
(イ) 主要業務内容、目的・目標等	3.6
(ロ) 業務の進め方及びスケジュール	3.6
(ハ) 他部門・分野への予想される貢献及び波及効果(有れば)	3.7
(b-3) エネルギー基盤技術(システム材料・燃料材料)の研究(主要課題領域Ⅲ)	
(イ) 目的・意義	4.0
(ロ) 5カ年の研究展望及び達成目標	3.7
(ハ) 進め方(研究開発スケジュール・研究開発手法)	3.8
(ニ) 予想される成果の波及効果	3.8
(c) 資源配分(研究開発資金、人員の配分)	3.7
(d) 原研他部門との協力・連携	3.7
(e) 外部機関との協力・連携	3.3
(f) 人材養成の施策、担当者の士気確保の施策	3.2

(注) 各主要課題領域の中が幾つかの研究課題で構成されており、各研究課題毎に評点をつけた委員も若干名あったが、これらも平均点を採用した。

参 考 資 料

エネルギーシステム研究部の研究開発課題（事前評価）

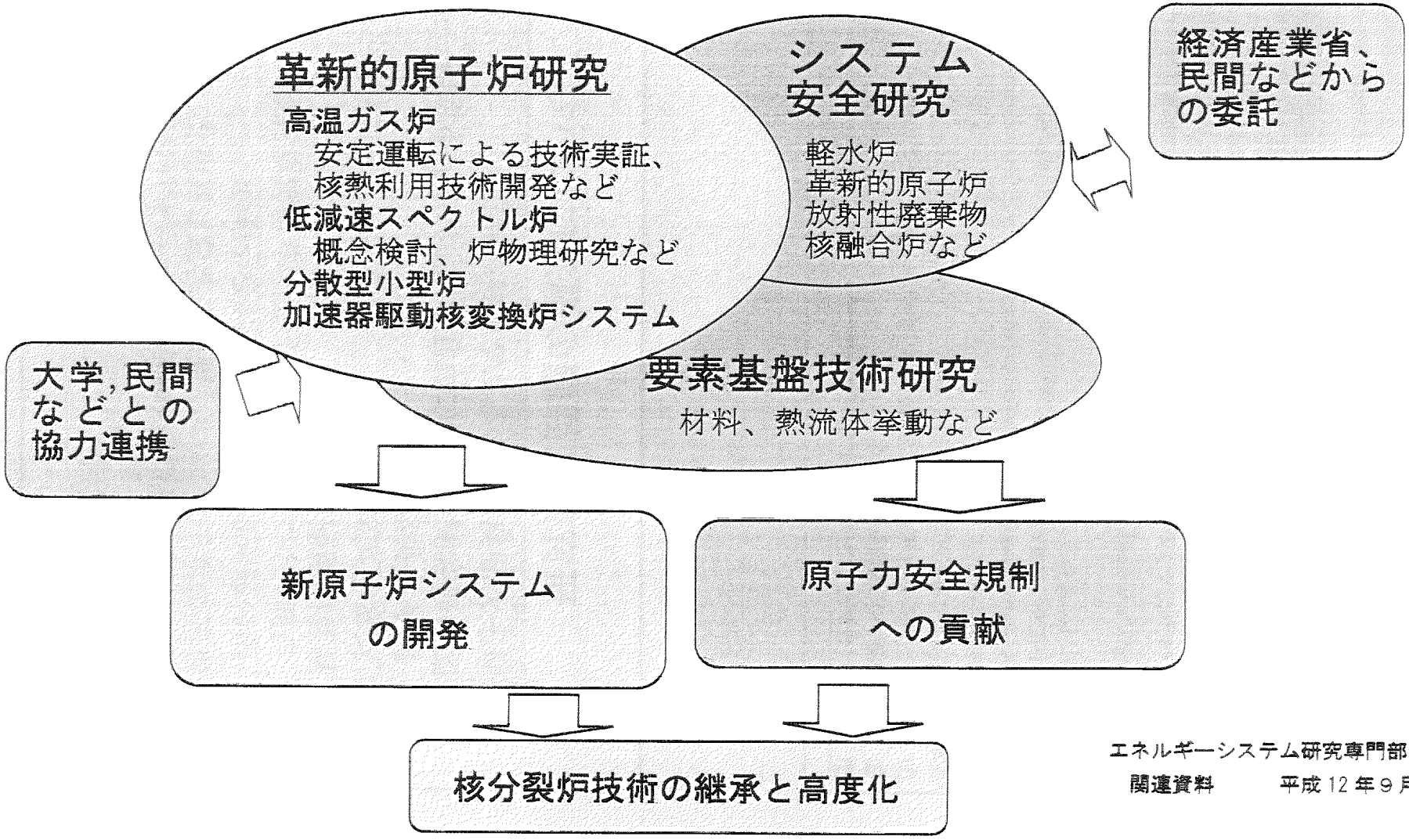
（被評価者側の説明用ＯＨＰ資料からの抜粋）

構　成

１．研究開発の基本的考え方
（１）原子力エネルギーの現状と今後の課題
（２）研究開発課題の選定について
（３）エネルギーシステム研究部の役割
（４）主要課題領域の編成
（５）主要研究課題のスケジュール
２．各研究開発課題の計画
（１）従来型エネルギーシステムの概念構築（主要課題領域Ｉ）
　１）　低減速スペクトル炉の研究
　２）　分散型小型炉システムの研究
　３）　核変換システムの研究
（２）エネルギー基盤技術（システム要素技術）の研究（主要課題領域Ⅱ）
　１）　核データの評価研究
　２）　炉心特性に関する研究
　３）　原子力熱工学に関する研究
　４）　エネルギーシステム評価の研究
（３）エネルギー基盤技術（システム材料・燃料技術）の研究（主要課題領域Ⅲ）
　１）　照射誘起応力腐食割れの研究
　２）　再処理材料耐食性試験
　３）　高性能被覆管材の開発
　４）　窒化物燃料／乾式再処理プロセスの研究
　５）　岩石型燃料の研究
３．外部機関との協力、連携
４．人材養成の施策

核分裂炉に係る研究開発の進め方（案）

－技術の基盤を支える－



エネルギーシステム研究専門部会
関連資料　　平成12年9月

エネルギーシステム研究部の役割(1)

(1)基礎基盤分野の研究(新長計第三及び第四分科会報告書で位置づけ)
・FCA、TCA等の大型施設による実験的研究
・核データ整備、先進的被覆管材研究、窒化物燃料研究等の原子炉工学の基盤となるデータベースを構築
・モンテカルロコード、3次元熱水力解析コード等の先駆的解析手法の開発

(2)低減速スペクトル炉の研究(新長計第三分科会報告書で位置づけ)
・核燃料リサイクルの確立を目指した高速増殖炉研究はサイクル機構が中心
・当部は、選択肢の一つとして、軽水炉技術を基盤とする低減速スペクトル炉の研究を担当

(3)分散型小型炉システムの研究(新長計第四分科会報告書で位置づけ)
・民生用熱供給、需要地近接分散電源、海水脱塩等の多様な利用を目指した分散型小型炉システムの研究

エネルギーシステム研究部の役割(2)

(4)核変換システムの研究(新長計第三分科会報告書で位置づけ)
・国は、オメガ計画として高レベル廃棄物中の長寿命核種を低減する分離変換技術の研究を推進
・原研は、商用発電炉サイクルと加速器駆動炉(ADS)を中心とする核変換システムから構成される階層型分離変換システムの研究を担当

(5)安全研究年次計画に基づく研究
・軽水炉高経年化対策の一つとして、照射誘起応力腐食割れ(IASCC)研究
・六ヶ所再処理施設の運転管理に資する再処理材料腐食試験

2

主要課題領域の編成

領域Ⅰ：将来型エネルギーシステムの概念構築

低減速スペクトル炉、分散型小型炉システム、核変換システム

領域Ⅱ：エネルギー基盤技術（システム要素技術）

核データ、炉物理、熱流体、システム評価、施設管理

領域Ⅲ：エネルギー基盤技術（システム材料、燃料）

照射誘起応力腐食割れ、先進的燃料被覆管、再処理材料、窒化物燃料／乾式再処理、岩石型燃料

主要研究課題のスケジュール

研究開発課題	13年度	14年度	15年度	16年度	17年度
低減速スペクトル炉の研究	基本概念創出	設計評価	炉心・システム設計の最適化		
TCA実験準備（MOX燃料）	実験検討	改造設計	安全審査	施設改造	
			製造準備	製　造	
分散型小型炉システムの研究	概念設計		設計評価	最適化設計	
内装型CRDM	設計	試作	機能試験・耐久試験		
核変換システムの研究	ADS炉心・システム設計				
			開発課題の摘出		
鉛・ビスマス材料試験	静的腐食試験			動的腐食試験	
	MEGAPIE実験				
照射誘起応力腐食割れ研究	照射及び照射後試験による照射、水化学環境、応力等のパラメータ実験				
照射下試験技術開発	要素技術の開発		照射下試験技術の統合・実証		
再処理材料耐久試験	局部腐食・環境割れ支配因子評価試験			環境割れホット試験	
	素材の改良・最適化		溶接・異材接合技術の開発		

3

（領域Ⅰ）

低減速スペクトル炉の研究

目的・意義：

・軽水炉技術基盤に立脚し、ウラン資源の長期的有効利用、放射性廃棄物発生量の低減等が可能な水冷却増殖炉（低減速スペクトル炉）の炉心概念を構築する。

・高速増殖炉の選択肢の一つとして国の長期エネルギー政策策定に貢献

・熱流動実験により、稠密炉心での除熱限界に関するデータベースを整備

・軽水炉でのプルトニウム利用の高度化に資するMOX臨界実験施設を整備

・炉心燃焼特性を実証するための試験炉を設計

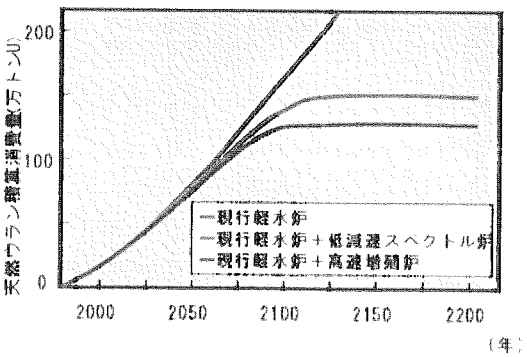
・原子炉としての性能向上に資する革新的炉工学技術を開発

これまでの主要な研究成果

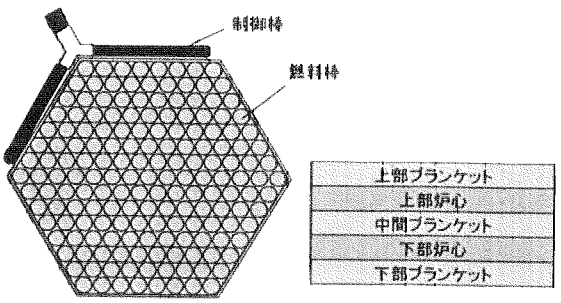
○ 低減速スペクトル炉の概念設計

・ウラン資源節約効果は1以上の転換比で十分に達成可能

・1以上の転換比と負のボイド反応度係数を実現し、高転換比、高燃焼度等の特徴を有する5種類の基本炉心概念を創出



天然ウラン資源の積算消費量に対する節約効果の評価



燃料集合体断面図　　炉心立面図

燃料集合体の構造（高転換比BWR型炉）

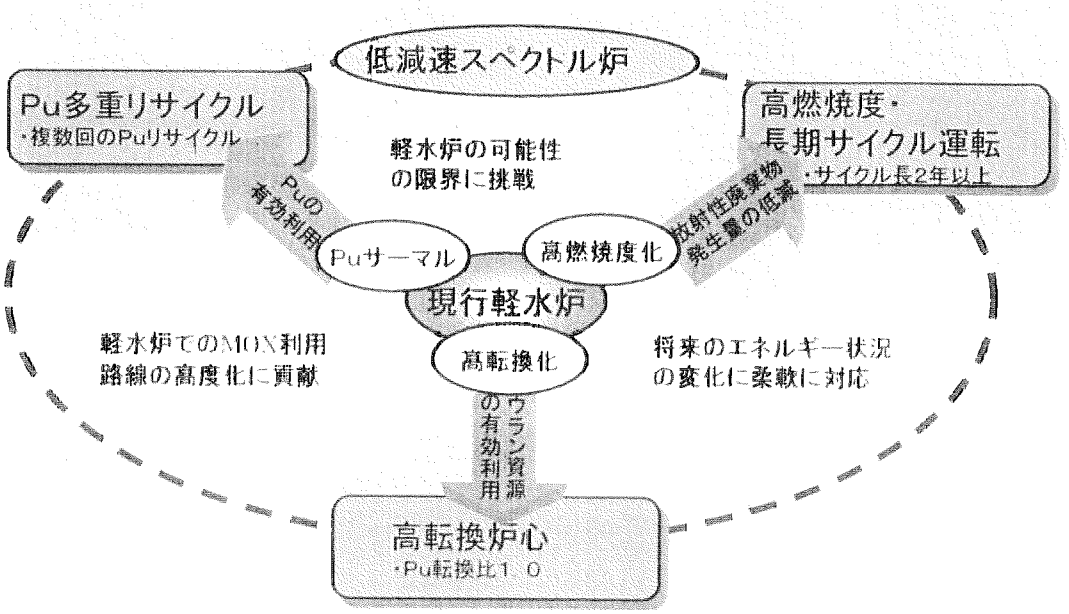
4

研究課題と達成目標

研究課題	達成目標
炉心概念の最適化	安全性、経済性及び燃料再処理技術との整合性に優れた、高転換、高燃焼度・長期サイクル運転、プルトニウムの多重リサイクル等を可能とする水冷却炉概念の最適化
炉物理実証試験	FCAによる臨界実験を実施し、核設計手法の精度を確認するとともに、TCA施設でのMOX臨界実験準備を完了し、実験に着手
熱流動実証試験	稠密炉心の限界熱流束実験、低圧熱流動実験、及び3次元核熱結合解析を実施し、炉心の熱的成立性を実証
炉心燃焼特性試験計画	炉心燃焼特性試験計画の作成と、そのための試験炉の概念設計を完了
革新的炉工学技術の開発	原子炉早期異常診断技術の実炉による性能実証を完了

（予算計画 4,419百万円／5年、人員計画：(8＋4．5)人／年）

低減速スペクトル炉が拓く軽水炉の将来像



5

（領域Ⅰ）

分散型小型炉システムの研究

目的・意義：

・受動的炉停止系・崩壊熱除去系による安全確保及び設備単純化等による 経済性向上を実現する小型軽水炉の概念を構築

・原子炉容器内装型制御棒駆動装置などの安全性・経済性向上に資する要 素技術を開発

・地域熱供給及び小規模発電等の小型軽水炉を中核とする分散型利用シス テムの概念構築

・化石燃料消費量削減に貢献するため、従来の大規模発電以外の分野への 多様な原子力利用を目指す

これまでの主要な研究成果

改良舶用炉（小型軽水炉）の設計研究

・大型船舶用原子炉MRXの概念確立（基本設計段階）

受動安全系の大幅採用、軽量・小型化、安全性・運転保守性向上等を達成

・深海調査船用原子炉DRX及び海中航行船用原子炉SCRの概念構築

MRXの設計を基に系統簡素化を徹底的に追求した超小型炉

要素技術の開発

・原子炉容器内装型制御棒駆動装置：

機能試験及び耐久試験を行い、実用化可能性を確認

・湿式格納容器方式の受動安全系：基礎実験を行い、成立性を確認

・原子力船エンジニアリング・シミュレーション・システムを構築

（MRXの高度自動化運転システムの開発に利用）

6

研究課題と達成目標

研究課題	達成目標
分散型小型炉の概念検討	・事故発生確率低減、系統簡素化、放射性物質無放出等を図った自然循環型小型軽水炉システムの構築
要素技術の研究開発	・原子炉容器内装型制御棒駆動装置の開発（科技庁特会受託研究） ・自然循環用高性能蒸気発生器の概念構築
利用システムの研究	・大深度地下立地方式原子力熱エネルギー供給システムの概念構築 ・海上立地方式分散型原子力発電システムの概念構築 ・両システムについての、経済性、環境影響、防災性等の観点からの総合評価

（予算計画：745百万円／5年、人員計画：（9＋2）人／年）

技術的目標

高い安全性
・受動的崩壊熱除去系
・受動的原子炉停止系
・圧力バウンダリ貫通部の削減
・自然循環方式の一次冷却系
優れた経済性
・単純化プラント
・モジュラー製造、組立、輸送
・長寿命（～10年）
・遠隔自動運転
需要地近隣立地

7

（領域Ⅰ）

核変換システムの研究

目的・意義

・高レベル放射性廃棄物中のマイナーアクチニド(MA)及び長寿命核分裂生成物を安定核種や短寿命核種に変換する核変換システムの研究を行い、高レベル廃棄物処分に係る環境負荷低減に資する。

・加速器駆動核変換システム及び燃料サイクルの概念を構築し、研究開発課題を抽出する。

・以下の要素技術開発を行い、核変換システムの成立性を実証する
① 鉛・ビスマスの腐食試験及び熱流動試験
② FCAを用いた炉物理実験
③ マイナーアクチニド(MA)窒化物燃料の特性試験及び照射試験
④ 乾式再処理プロセスの評価

（予算計画：428百万円／5年、人員計画：(8＋2．5)人／年）

鉛／ビスマス材料試験

研究課題	達成目標
静的・動的腐食試験 耐食性機構の研究 温度・流速の影響評価 腐食制御技術の開発 損傷・耐食性評価技術の開発	既存材料の適用限界の明確化 新材料開発に資する知見・経験の蓄積 材料健全性評価技術の確立

FCA炉物理実験

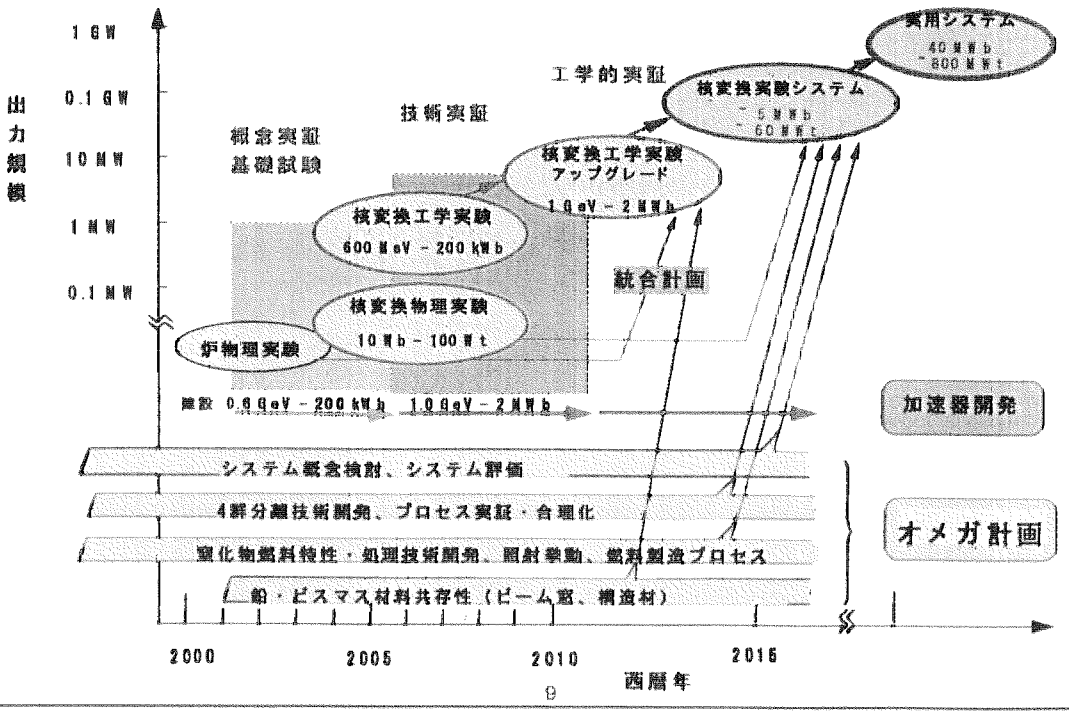
研究課題	達成目標
未臨界度測定技術の開発 未臨界炉心の特性把握 MA核種の反応率及び反応度価値、ターゲット材効果等の測定	・大強度陽子加速器による核変換炉物理実験のためのデータ取得及び計測技術開発 ・核データ及び解析コードの検証

8

MA窒化物燃料の製造及び乾式再処理プロセスの評価

研究課題	達成目標
MA含有窒化物燃料の照射試験（JMTR及び常陽）	照射健全性の確認
MA窒化物の高温での熱的・機械的物性の測定	定常及び過渡時燃料挙動解析コードへの反映
塩化物溶融塩中での元素挙動の評価	乾式再処理の電気化学的及び工学的パラメータの最適化
回収MAの窒化挙動の把握及び燃料製造条件の確立	回収MA窒化物燃料の特性把握及び照射試験用燃料の製造

分離・核変換技術開発シナリオ



（領域Ⅱ）

エネルギー基盤技術（システム要素技術）の研究

各テーマと研究対象システムの関連

研究対象 / 主要課題 領域とその内容	将来型エネルギーシステム（領域Ⅰ）			その他
	低減速スペクトル炉	分散型小型炉	核変換	
核データの評価研究	○		◎	LWR,加速器
炉心特性に関する研究	◎	○	◎	LWR,廃棄物
原子力熱工学に関する研究	◎	○	○	ITER
エネルギーシステム評価の研究	◎	○	◎	非原子力

（注）◎印：研究対象として強く関連している　○印：研究対象として関連している

核データの評価研究

目的・意義：

- 将来型エネルギーシステムや核変換システム等に必要な高精度核データの整備
- その結果をまとめた JENDL汎用ファイルや高エネルギーファイル、アクチニドファイル等の特殊目的ファイルの開発
- JENDLの普及

これまでの主要な研究成果：

- JENDL汎用ライブラリー
  JENDL-1('77)、-2('82)、-3.1('90)、-3.2('94)、-3.3('01)

- JENDL特殊目的ファイル
  放射化断面積ファイル('96)、核融合ファイル('99)、
  ドジメトリーファイル ('91,'99)、FP崩壊データファイル('80,'90,'00)、
  高エネルギーファイル('01)、他

10

研究課題と達成目標

●評価済み核データの整備

研究課題	達成目標
JENDL-3.3の適用性検証	適用性の確認
高エネルギーファイル、アクチニドファイル等の特殊目的ファイル作成	第1版の完成と公開

● 評価支援システムの開発

統合核データ評価システムの開発（理論計算コード、入力パラメータファイル等を基に核データ評価を支援）	INDES-2完成

● データセンター運営（業務テーマ）

安全評価用核データベースの整備	安全評価用データの提供

予想される成果の波及効果

評価済み核データの整備 ・JENDL-3.3 ・高エネルギーファイル、アクチニドファイル等	信頼性の高い基礎データの提供 ・原子力分野で広く利用される基礎データ ・核変換技術開発のための基礎データ
評価支援システムの開発	核データ評価作業の効率化
データセンター運営	・最新の知見に基づくデータによる安全審査 ・データ提供の加速化

予算・人員計画　核データの評価研究　185百万/5年　(7＋2)人/年

データセンターの運営　186百万/5年　(3＋2)人/年

11

炉心特性に関する研究

目的・意義:

(1)将来型エネルギーシステム研究を支える基礎研究
将来型エネルギーシステムの概念検証、核設計の信頼性向上、設計の詳細化に資する。
・低減速スペクトル炉の核特性評価に関わる基礎研究
・核変換システムの炉物理に関わる基礎研究

(2)基礎基盤分野の研究
炉特性解析法・コードシステムの開発及び臨界実験装置FCA、TCAを用いた炉物理実験

(3)国の要請に応える研究(解析コード及び測定技術の活用)
・TRU廃棄物非破壊測定技術の開発
(科技庁特会受託事業を含む)

研究課題と達成目標

研究課題	達成目標
① 炉特性解析法の高度化研究	・核熱結合輸送計算コードシステムの開発 ・統合(荷電粒子)モンテカルロコードの開発
② 低減速スペクトル炉の核特性評価に関わる基礎研究(TCA、FCA実験)	・ボイド反応度係数等の測定技術の確立 ・転換比等炉心核特性データの取得 ・設計計算手法の予測精度評価
③ 核変換システムの炉物理に関わる基礎研究(FCA実験)	・臨界未満度、出力分布等の測定技術及び評価手法の開発 ・MA核種の積分データ取得
④ 分散型小型炉の核設計手法の研究	・設計システムの適用性確認と活用
⑤ TRU 廃棄物非破壊測定技術の開発(科技庁特会受託事業を含む)	・RI・研究所廃棄物及び再処理廃棄物測定用アクティブ中性子法の開発 ・核種別測定の可能性評価(パッシブ法) ・光核分裂法の測定システム設計手法の確立と検出限界等の評価

研究テーマ	予算:351百万円/5年、人員:(11+2)人/年
(特会受託事業	予算:750百万円/5年、人員:(2+3)人/年)
業務テーマ(TCA等の運転管理)	予算:788百万円/5年、人員:(7+2)人/年

低減速スペクトル炉の核特性評価に関わる基礎研究

研究内容

TCAを用いて
・ウラン炉心による炉物理特性測定技術の開発とMOX実験準備
（ボイド反応度係数、空間依存動特性等）
FCAを用いて
・転換比、ボイド反応度、ドップラー効果測定
→設計計算手法の予測精度評価

	13年度	14年度	15年度	16年度	17年度
TCAを用いた実験	測定技術の開発 →			MOX実験準備 →	
FCAを用いた実験	準備	データ取得・予測精度評価 →			

原子力熱工学に関する研究

目的・意義：

将来型エネルギーシステム概念の成立性を左右する熱工学的課題を解決するため、熱工学データベース及び熱工学設計手法を開発する

(1)将来型エネルギーシステム研究を支える基礎研究
① データベースの整備
・稠密炉心の限界熱流束試験
・鉛・ビスマス熱流動特性基礎実験
② 熱工学設計手法の開発
・自然循環時の炉心内熱流動挙動及び流動安定限界の解析的研究
・鉛・ビスマス炉のシステム解析手法の研究

(2)基礎基盤分野の研究
・機構論的沸騰遷移予測手法の開発

(3)核融合炉真空容器内への冷却水侵入事象(ICE)の研究

13

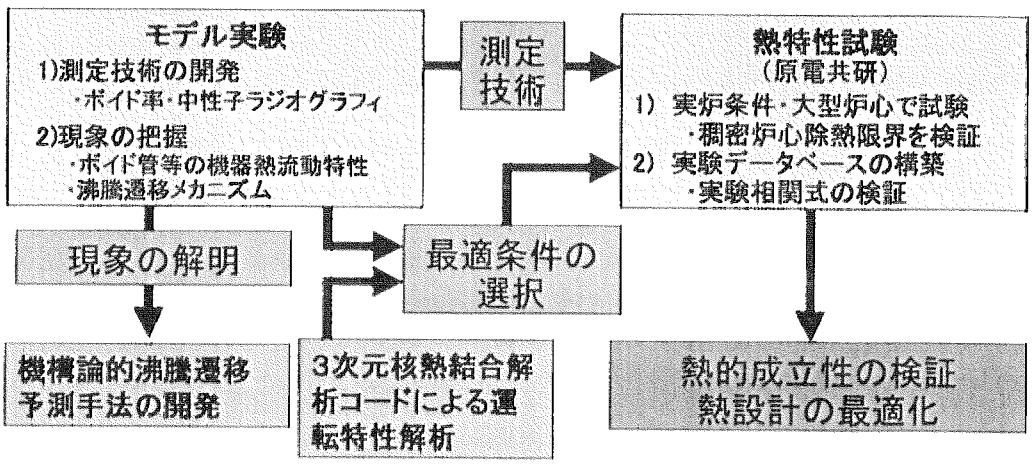
研究課題と達成目標

研究課題	達成目標
低減速スペクトル炉 熱特性試験及び解析	・稠密炉心体系における限界熱流束データ取得及び予測手法の検証 ・システム特性データ取得と解析手法の検証 ・核熱結合特性評価による扁平二重炉心運転制御特性の評価
加速器駆動炉 熱流動基礎実験及び解析	・鉛・ビスマス炉用システム解析コードの開発
分散型小型炉システム 熱流動解析	・自然循環体系における炉心内熱流動挙動の評価 ・流動安定限界の評価
ITER熱流動安全性評価	・ITER安全審査用熱流動安全解析コードの検証
機構論的沸騰遷移予測手法の開発	・形状依存性(スペーサ効果等)を解析できる3次元沸騰遷移予測モデルの検証

研究テーマ　：予算440百万円/5年　人員(7+4)人/年
業務テーマ(試験施設の運転管理)　：予算50百万円／5年　人員(3+2)人/年

低減速スペクトル炉熱特性試験および解析

課題 (1) 稠密な炉心(ギャップ幅1mm程度)での冷却限界
(2) 扁平二重炉心における冷却限界
(3) 核熱結合現象が冷却限界に及ぼす影響
(4) ボイド管等の低減速炉に固有な機器の熱流動特性



14

エネルギーシステム評価の研究

目的・意義:

1. 各種エネルギー源の比較評価を通じて、
 ・原子力利用の長期的意義を示す情報を提供

2. 将来原子力技術・システムの評価を通じて、
 ・将来原子力技術の位置付けを明確化
 ・技術的要件(研究開発指針)を提示

これらによって、以下の事項に貢献する

 ・**エネルギー政策立案と社会的合意形成**
 ・**原子力研究開発利用の長期計画立案**
 ・**原研における将来技術開発の推進**

研究課題及び達成目標

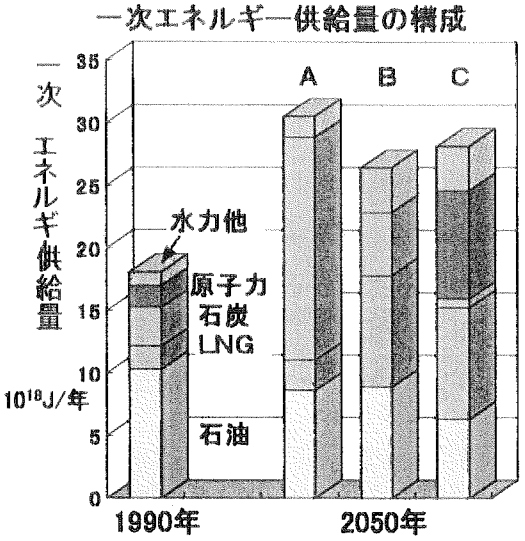
研究課題	達成目標
1. 各種エネルギー源の比較評価 ・エネルギー源のコスト・リスク計量分析モデルの開発 ・長期エネルギーシナリオの作成と原子力 の役割評価	・原子力と他のエネルギー源の総合的特性評価 ・我が国における原子力利用の長期的意義に関する定量的評価
2. 将来原子力技術及びシステムの評価 ・長期原子力システム分析手法の開発とデータベースの整備 ・低減速スペクトル炉、核変換、小型炉等の技術評価	・低減速スペクトル炉、核変換、小型炉等の位置付けの明確化 ・将来原子力技術の具備すべき性能と特性(研究開発指針)の提示

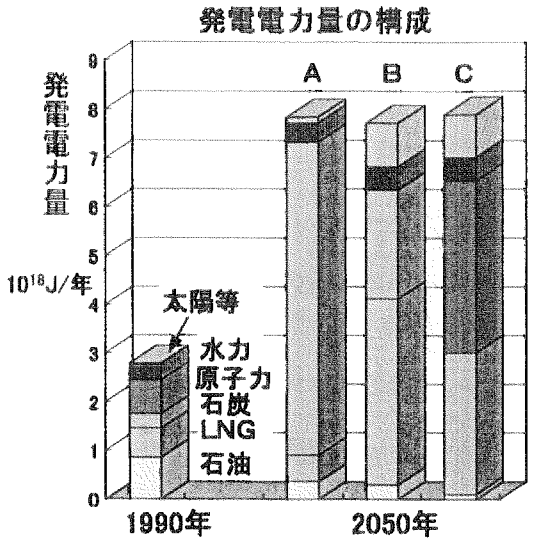
予算計画:100(百万円/5年)、人員計画:(3+3)(人/年)

15

○原子力利用の長期的意義－長期エネルギーシナリオ

シナリオ
A：CO_2対策なし ＋ 原子力なし
B：CO_2対策あり ＋ 原子力なし
C：CO_2対策あり ＋ 原子力あり





（領域Ⅲ）

エネルギー基盤技術（システム材料・燃料技術）の研究

各テーマと研究対象システムの関連

研究対象 / 主要課題 領域とその内容	将来型エネルギーシステム（領域Ⅰ）			その他
	低減速スペクトル炉	分散型小型炉	核変換	
原子力プラント用材料の信頼性・安全性研究	○			LWR
先進耐食材料の研究	○			LWR,再処理
プルトニウム系燃料に関する研究			◎	FBR
岩石型プルトニウム燃料・軽水炉燃焼システムの要素技術の開発				LWR

16

照射誘起応力腐食割れ(IASCC)の研究

原子力プラント用材料の信頼性・安全性の研究

背景:

照射誘起応力腐食割れ(IASCC):

・照射と高温高圧水による腐食が作用することによって生じる材料劣化現象

・高経年化しつつある軽水炉の安全性評価及び保守保全に関わる重要課題

・照射と高温高圧水による腐食が共存するシステムの共通問題であり、核融合炉等の将来のエネルギーシステムにとっても重要課題

目的・意義:

・原子炉内の複合環境における応力腐食割れ(IASCC)の機構解明及び対策技術の開発につながる知見の蓄積

・健全性・信頼性確保に関わる規制上の判断及び軽水炉の安全性向上に貢献

・将来の新しいエネルギーシステムの開発に貢献

研究課題と達成目標

研究課題	達成目標
・照射及び照射後試験によるIASCC基盤研究	・照射条件、水化学環境、応力等の影響を把握 ・熱鋭敏化度をパラメータとしてIASCC挙動を把握
・照射下SCC試験用要素技術の開発とその実証	・JMTRでの照射下SCC試験実施のための技術開発と実証試験 ・照射／腐食同時作用下のSCC試験データの取得。
・維持基準の策定に向けたデータ整備(通産省プロジェクトの中で実施)	・低照射量レベル照射材の照射後試験データの大半(約60%)を取得。 ・シュラウドを対象としたIASCC感受性及び発生挙動の評価。

予想される成果の波及効果:

・原子炉炉内構造物の検査開始時期の指標及び検査間隔、補修・取替時期の指標を、機構理解に立脚して提示

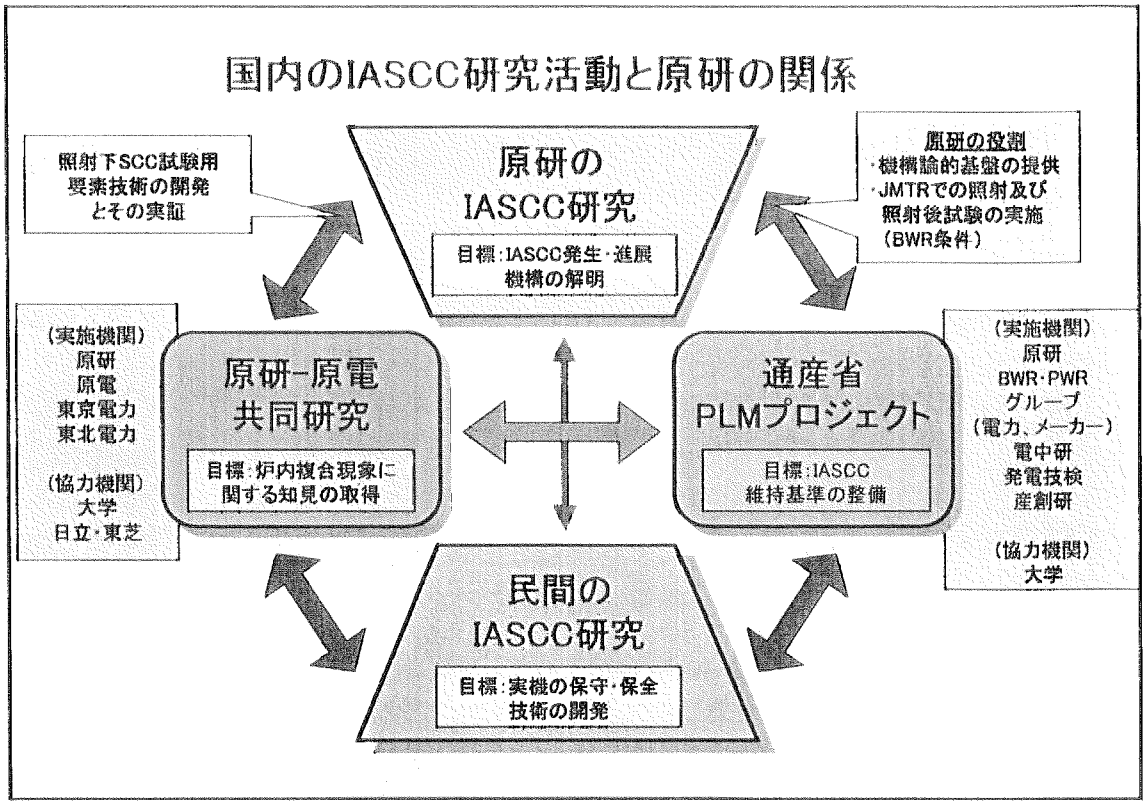
・健全性・信頼性に関わる規制上の判断及び軽水炉の安全性向上に貢献

・将来型軽水炉や核融合炉(ITER-EDA)の開発計画に貢献

・現用材料よりも耐IASCC性に優れた材料の開発指針を提示

予算計画:320百万円／5年、人員計画:(7+4)人／年

17



先進耐食材料の研究(1)再処理材料耐食性試験

目的・意義:

・六ヶ所再処理施設の耐食安全性に係る材料基盤技術の整備

・TRUやFPを含む高濃度硝酸溶液用機器の防食技術の開発

研究課題	達成目標
○寿命評価技術(特会受託研究として実施) ・実機規模長期耐久性評価試験 ・コールド/ホット比較試験 ・寿命予測用解析コードの開発及びデータベースの整備	・六ヶ所再処理施設の長期耐久性評価 ・耐久性支配因子の詳細評価 ・耐食安全性評価システムの整備
○防食材料技術 ・現用ステンレス鋼の粒界腐食やジルコニウムの応力腐食割れの防止技術の開発	・防食材料技術の開発
○腐食監視技術 ・固体センサーやレーザーラマン分光、超音波検出法等の遠隔その場解析技術	・腐食監視技術の開発 以上を基に、六ヶ所再処理施設の運転維持管理の最適化及び補修交換技術に反映

(予算計画:170百万円/5年、人員計画:(2+1)人/年)

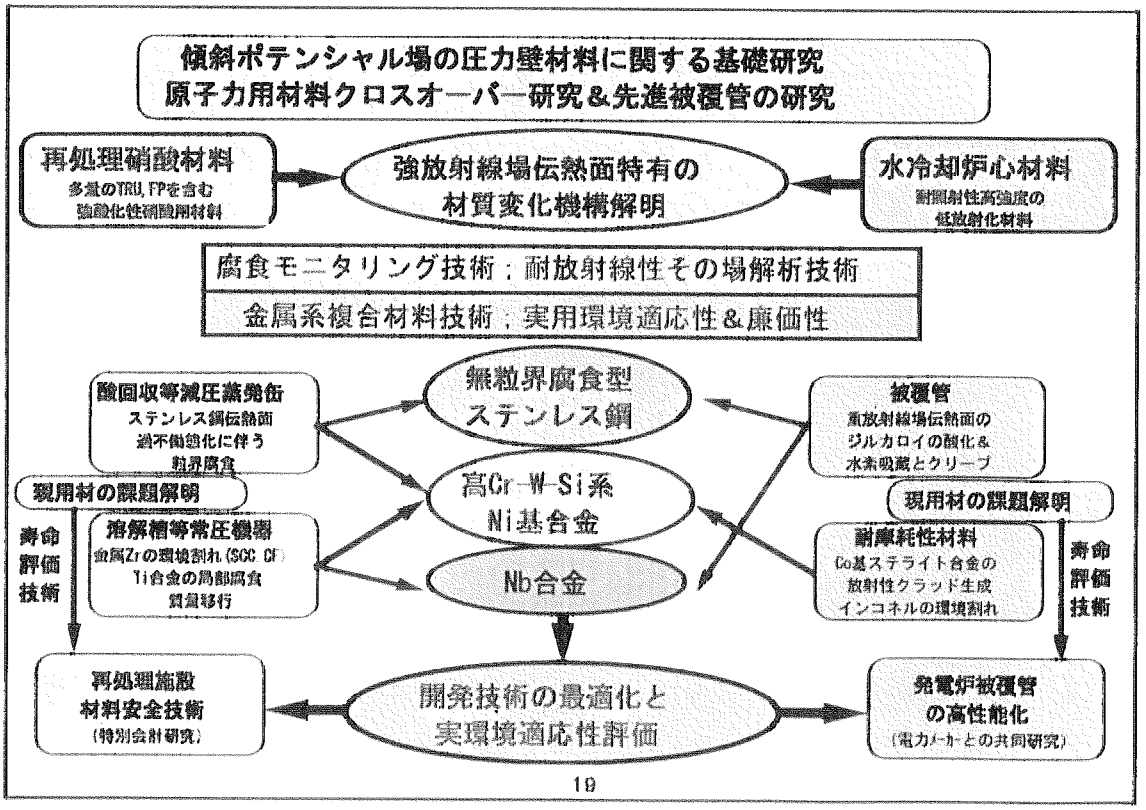
18

先進耐食材料の研究(2)高性能被覆管材の開発

目的・意義:
超高燃焼度化(100GWd/t 以上)や低減速スペクトル化等に対応した新型炉MOX燃料用被覆管材料(ステンレス鋼やニオブ等の新材料)の開発
これにより発電炉の経済性向上や廃棄物低減に十分な改善効果が期待できる

研究課題	達成目標
○高性能被覆管材料の開発 ・合金設計・溶製技術・成形加工等製造技術の開発 ○環境適応性試験 ・実環境模擬性に優れた迅速評価ホット試験技術の開発 ・高温水や燃料との両立性、耐照射　性等の耐久性支配因子の基礎評価 ○解析コード整備 ・新被覆管材料に対応したFEMAXIや安全解析・評価コードの開発	・候補材の被覆管製造法の提案 ・燃料ピンの設計、照射に必要な特性データベースを整備

(予算計画:251百万円/5年、人員計画:(7+2人)/年)



窒化物燃料／乾式再処理プロセスの研究

目的・意義：

・長寿命マイナーアクチノイド(MA)核変換燃料サイクル確立のための研究開発

・新型高速炉燃料サイクルのための研究開発
（実用化戦略調査研究に対する研究協力）

研究課題：

○窒化物燃料の挙動評価
・MA含有窒化物燃料の照射挙動
・MA含有窒化物燃料の高温挙動、熱的及び機械的物性値の把握

○窒化物燃料の乾式再処理プロセス開発
・窒化物燃料の溶融塩電解時におけるアクチノイド及びFPの挙動
・溶融塩電解工程から回収した窒化物燃料製造と特性把握

（予算計画：108百万円／5年、人員計画：(7+2)人／年）

岩石型燃料の研究

研究課題と達成目標

研究課題	達成目標
照射挙動 ・JRR-3照射燃料照射後試験 ・オランダHFR照射・照射後試験 ・NSRR過渡照射	照射安定性に優れた燃料概念
地層安定性 ・照射燃料の浸出試験(スイスPSI)	地層安定性の確認
基礎的研究 ・物性値測定、評価 ・炉心設計 ・照射燃料燃焼解析	燃料成立性評価に必須のデータベース 安全性とPu燃焼効率の両立 核データと解析手法の精度検証

（予算計画：115 百万円 / 5年、人員計画：4 人 / 年）

20

外部機関との協力、連携

★委員会
- シグマ研究委員会
- 炉物理研究委員会

★核燃料サイクル開発機構
- 実用化戦略調査研究
- 「常陽」燃料照射試験

★電力中央研究所
- 乾式再処理プロセス
- 照射誘起応力腐食割れ

★日本原子力発電株式会社
- 低減速スペクトル炉
- 高性能被覆管材の開発
- 照射誘起応力腐食割れ等

★国のプロジェクト
- 通産省高経年化対策技術開発（照射誘起応力腐食割れ）

★大学（12年度）
- 協力研究　14件
- 委託研究　15件

★国際協力
- フランスCEA（分離変換）
- オランダNRG（岩石型燃料、核変換）
- ロシア（ISTCによる岩石型燃料、核データ）
- 国際機関（OECD／NEA、IAEA）等

人材養成の施策

★原子力工学教育への貢献/普及
- 実習生、特研生の受け入れ
- 大学院生の実習、連携大学院制度の活用（大型施設を利用）
- 所内研修所の活動支援（施設を提供）
- 近隣アジア諸国との連携（原子力研究交流制度の活用）

★若手研究者
- 知識技術の継承と独創性の涵養
- 国際的に通用する人材の確保

（原子力留学生制度の活用、11、12年度で3名合格）

21

外部機関との協力、連携

★委員会
- シグマ研究委員会
- 炉物理研究委員会

★核燃料サイクル開発機構
- 実用化戦略調査研究
- 「常陽」燃料照射試験

★電力中央研究所
- 乾式再処理プロセス
- 照射誘起応力腐食割れ

★日本原子力発電株式会社
- 低減速スペクトル炉
- 高性能被覆管材の開発
- 照射誘起応力腐食割れ等

★国のプロジェクト
- 通産省高経年化対策技術開発（照射誘起応力腐食割れ）

★大学（12年度）
- 協力研究　14件
- 委託研究　15件

★国際協力
- フランスCEA（分離変換）
- オランダNRG（岩石型燃料、核変換）
- ロシア（ISTCによる岩石型燃料、核データ）
- 国際機関（OECD／NEA、IAEA）等

人材養成の施策

★原子力工学教育への貢献/普及
- 実習生、特研生の受け入れ
- 大学院生の実習、連携大学院制度の活用（大型施設を利用）
- 所内研修所の活動支援（施設を提供）
- 近隣アジア諸国との連携（原子力研究交流制度の活用）

★若手研究者
- 知識技術の継承と独創性の涵養
- 国際的に通用する人材の確保

（原子力留学生制度の活用、11、12年度で3名合格）

21

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	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

1 eV=1.60218×10^{-19}J

1 u=1.66054×10^{-27}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

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	$m\cdot kg/s^2$
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	℃	
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4　SIと共に暫定的に維持される単位

名称	記号
オングストローム	Å
バーン	b
バール	bar
ガル	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラド	rad
レム	rem

1 Å=0.1nm=10^{-10}m

1 b=100fm^2=10^{-28}m^2

1 bar=0.1MPa=10^5Pa

1 Gal=1cm/s^2=10^{-2}m/s^2

1 Ci=3.7×10^{10}Bq

1 R=2.58×10^{-4}C/kg

1 rad=1cGy=10^{-2}Gy

1 rem=1cSv=10^{-2}Sv

(注)

1．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。

2．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。

3．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。

4．EC閣僚理事会指令ではbar，barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換算表

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

粘度　1Pa·s(N·s/m^2)=10P(ポアズ)(g/(cm·s))

動粘度　1m^2/s=10^4St(ストークス)(cm^2/s)

圧力	MPa(=10bar)	kgf/cm^2	atm	mmHg(Torr)	lbf/in^2(psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062×10^3	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^{18}
	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℃）

= 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	Ci
	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

(86年12月26日現在)