

JAERI-Review

JP0350051

2002-026



物質科学研究専門部会評価結果報告書
(平成14年度事前評価)

2002年11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, Ibarakiken 319-1195, Japan.

物質科学研究専門部会評価結果報告書
(平成 14 年度事前評価)

日本原子力研究所
研究評価委員会

(2002 年 8 月 29 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、物質科学研究専門部会を設置し、東海研究所物質科学研究部が実施する研究開発課題について、平成 15 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、8 名の外部専門家で構成された。

物質科学研究専門部会は、平成 14 年 4 月から平成 14 年 8 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会合（平成 14 年 6 月 5 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 14 年 8 月 5 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。

Report of the Evaluation by the Ad Hoc Review Committee
on Materials Science Research
(In-advance Evaluation in Fiscal Year 2002)

Research Evaluation Committee

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

(Received August 29, 2002)

The Research Evaluation Committee, which consisted of 13 members from outside of the Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI), set up an Ad Hoc Review Committee on Materials Science 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 2003 at Department of Materials Science in Tokai Research Establishment of JAERI. The Ad Hoc Review Committee consisted of eight specialists from outside of JAERI.

The Ad Hoc Review Committee conducted its activities from April 2002 to August 2002. 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 June 5th, 2002, 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 August 5th, 2002.

This report describes the result of the evaluation by the Ad Hoc Review Committee on Materials Science Research.

Keywords: Evaluation of Research and Development; In-advance Evaluation;
Materials Science Research

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、物質科学研究部の研究開発課題について、平成 15 年度からの 5 年間の計画の事前評価を実施するために、「物質科学研究専門部会」を平成 14 年 4 月 1 日から発足させた。

物質科学研究専門部会は、8 名の外部専門家で構成され（部会長：森田 健治 名古屋大学教授）、平成 14 年 6 月 5 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 14 年 8 月 5 日に「物質科学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 14 年 8 月 5 日に第 9 回研究評価委員会を開催し、同専門部会部会長から物質科学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 14 年 8 月 9 日付けにて日本原子力研究所理事長に答申した。

平成 14 年度研究評価委員会委員(13 名)

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)取締役会長

〃 石榑 順吉 埼玉工業大学先端科学研究所教授

〃 井上 信 京都大学原子炉実験所長・教授

〃 菊田 惺志 (財)高輝度光科学研究センター理事

〃 草間 朋子 大分県立看護科学大学長

〃 小林 敏雄 東京大学生産技術研究所教授

〃 斎藤 鐵哉 物質・材料研究機構理事

〃 田中 知 東京大学大学院工学系研究科教授

〃 友野 勝也 東京電力(株)顧問

〃 藤原 正巳 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、敬称略)

(平成 14 年 4 月 1 日現在)

目 次

はじめに

総合所見

1. 専門部会の目的	7
2. 研究評価の方法	7
2.1 専門部会の構成委員（新設部会）	7
2.2 事前評価対象研究開発課題	7
2.3 専門部会会合開催	7
2.4 評価のプロセス	8
2.5 評価項目及び評価基準	8
3. 物質科学研究部の研究計画の概要	10
3.1 日本原子力研究所における物質科学研究の全体概要	10
3.2 研究開発の基本方針	11
3.3 主要な研究開発課題の計画	14
3.4 総合的推進方策・進め方、研究資源等の計画	23
4. 事前評価結果	31
4.1 物質科学研究の全体概要に対する所見	31
4.2 項目別評価の結果	32
4.3 主要課題に関する評価結果	36
4.4 その他全般的な所見	49
参考資料 物質科学研究部の研究開発課題(事前評価)説明用 OHP 資料からの抜粋	55

Contents

Introduction**Executive Summary**

1. Purpose of Ad Hoc Review Committee	7
2. Evaluation Method	7
2.1 Organization of the Ad Hoc Review Committee	7
2.2 R & D Plans for Evaluation	7
2.3 Review Meeting	7
2.4 Evaluation Procedures	8
2.5 Items and Criteria for Evaluation	8
3. Middle Term Programs on the R & D at Department of Materials Science	10
3.1 Outline of Research Activities of Materials Science in the JAERI	10
3.2 Key Policy for the R & D	11
3.3 Fundamental Planning of the R & D	14
3.4 Total Planning for R & D Implementation and Resource Management	23
4. Results of the Evaluation	31
4.1 Evaluation Comments on R & D Programs of The Department	31
4.2 Evaluation Results for Each Item	32
4.3 Evaluation Results for Each Research Program	36
4.4 Other General Comments	49
References	
Presentation Material on R & D Activities	55

はじめに

研究評価委員会物質科学研究専門部会は、日本原子力研究所（原研）の東海研究所物質科学研究部における平成15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14年5月から同8月にかけて研究評価活動を実施した。専門部会会合は、平成14年6月5日（水）に開催した。

今回の事前評価の対象は、物質科学研究部が平成15年度から平成19年度までに実施することとしている研究開発課題であり、以下の4主要課題領域に関する研究開発の計画である。主要課題領域Ⅰは、放射線利用による原子核の構造研究と原子核データの取得、放射線計測新技術の開発に関する原子核科学の研究である。主要課題領域Ⅱは、放射線を用いた反応の制御による同位体材料材料創製研究、新素材・新微細加工技術を用いた新物質創製、高エネルギービーム利用による材料改質研究などの固体物性の研究である。主要課題領域Ⅲは、アクチノイド固体・溶融塩科学研究及び重元素基礎科学、分離化学の研究などである。主要課題領域Ⅳは、タンデム加速器の運転・管理及びRNB（放射性核種ビーム）加速器系の開発研究である。

事前評価に当たっては、これら研究開発課題の目的及び意義、展望及び達成目標、研究の進め方、並びに、予想される成果の波及効果を検討するとともに、物質科学研究部における研究開発の基本方針、資源配分、原研他部門及び外部機関との協力・連携、人材育成等についても検討した。

評価の具体的な進め方としては、まず、研究開発担当部署から提出された事前評価用資料に基づき、各委員から第1次の意見・質問等を求めて、これを集約した。次いで、専門部会会合を開催し、研究開発担当部署から事前評価用資料及びその補足資料の詳細な説明がなされ、これに対する質疑応答が行われた。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こと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。

本専門部会による事前評価の結果が、今後の物質科学研究部の研究開発の展開に役立てられることを願う。

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14年7月18日

物質科学研究専門部会

部会長 森田 健治

総合所見

(1) 物質科学研究の全体概要に対する所見

原研は、原子力の研究、開発及び利用の促進に寄与することを目的として、これまでわが国の原子力の中核的な総合研究機関としての役割を果たしてきた。原子力の研究開発の中で、物質・材料の研究はその基礎・基盤部分を支える研究として不可欠のものであると同時に、原子力分野のみならず他の科学技術分野へ影響を与え、科学技術全体の進歩に大きく貢献する点で、原子力新法人の中でも重点的に行うべき分野である。

原研の物質科学研究で重点的に進める課題を①原子力技術の革新につながる政策的ニーズに沿った目標を掲げた体系的・総合的研究、②原子力研究でこれまでに培った資源を活かしたわが国の科学技術の向上につながる基礎的・先導的研究の2つに区分し、それに基づき物質科学研究部の守備範囲をそれぞれの基礎的研究に置き、原研ならではの主要課題領域を設定していることは大いに評価される。今後、他機関との統合のうえ新法人に受け継がれても、上記の区分と位置づけを見失うこと無く、ここに掲げられた各研究課題を中期目標、中期計画の中で予定通り完成されることが望まれる。

また新法人での研究が、ともすればプロジェクト偏重になることを踏まえて、研究機関のサバイバルに最も重要な研究者の個性を活かした基礎研究が適切な割合で遂行される体制、システムが望まれる。

(a) 物質科学研究部の研究開発の基本方針

東海研究所の物質科学研究部の研究の基礎を放射線と物質との相互作用に置き、原子力の研究開発を物質の諸段階に分けて総合的にとらえ取り組む基本方針はユニークであり、評価される。物質科学研究部が対象とする物質は、物質の根源である原子、さらにその構成要素である原子核、原子の集合体である分子、原子・分子の集合体としての凝縮系までを含み、その研究対象として、原子核科学、原子分子科学、凝縮系物質科学、アクチノイド科学の研究を進めている。

研究の長期目標として原子核科学の体系化を目指している。原子分子科学は、原子・分子の構造の理解、放射線を用いた反応の制御及びそれを用いた同位体材料創製を目指している。凝縮系物質科学は新素材や新微細加工技術を用いた物質創製とその機能解明、又高エネルギービームと物質との相互作用の解明とそれを用いた材料改質を目指している。アクチノイド科学はアクチノイドの基礎科学の解明とアクチノイド高温化学、分離化学の研究により新燃料サイクル開発研究を目指している。また、大型施設であるタンデム加速器ブースターの高度利用のための開発も進めている。

これらの研究課題は原研の物質科学研究の目標に沿って、きわめてよく設定されていると判断される。但し、重点研究課題のカテゴリー②に分類される具体的研究課題が原研で実施される理由づけを明確にしておくことが重要と思われる。例えばカテゴリー①の原子力ミッショング研究の推進過程で波及的に生まれた原研のオリジナリティーのあるものから優れたものを選択する等の基準が望まれる。また、研究成果の相乗効果をねらい、プロジ

エクト的に研究課題が設定されているのは有効な方法で評価される。しかし、それのみではプロジェクト終了後、新たな展開が困難となるので研究者個人がそのキャリアに応じて個別的に新たな研究テーマへつながる基礎的な研究を進められる体制の整備も望まれる。

主要課題に設定された同位体の材料創製は原研のテーマとしてぴったりであると考えられるが、第1級の研究成果を得るために、実質的産学官の一層の連携、支分組織間の人事交流等、有効な施策が取られることが期待される。

(b) 研究開発資源の配分計画

5年の中期目標を設定して計画された各主要課題遂行のための資金、人員計画は、研究途上での予想以上の進展や常に予想外の障害に対応できる様、大グループ制を取り、柔軟に設定されている。また、産学官の協力の下、競争的資金などの外部ファンドの獲得を視野に入れ、外部との連携及びリサーチフェロー、博士研究員、連携大学院、特別研究生、学生実習生、派遣研究員制度などの活用を組み入れて計画されている。

しかし、計画表から判断すると研究の進展段階を考慮してメリハリをつけていることの現れであると推察されるが、各主要課題領域間の研究経費や人員配置にアンバランスがある様に見受けられる。これらのアンバランスが研究計画の遂行に支障を生じるおそれのない様、検討が望まれる。また、研究部門によっては博士取得者の割合が半分ぐらいしかないところがある。博士取得を奨励する必要があるう。

加速器部門ではそれなりに人員の確保の努力がなされているとのことであったが、世界的にも貴重な研究施設であるので、この面での制約のためにその性能を完全に生かしきれないということのないよう留意されたい。

外部機関との協力、連携を強化するには技術者の人数が少なすぎ、研究者の負担が大きいと判断される。わが国の中核的な総合研究開発機関としては、外部からの研究者数が少ないと判断される。この点は制度と密接に関係しており、一研究部の責任であるとは思わないが、敢えて問題提起したい。

(c) 原研他部門との協力・連携

原研支分組織間の協力・連携は研究者レベルでの協力・連携というよりも、研究領域の分担・棲み分け、補完、協力関係等、原研全体の研究推進にきわめて重要である。

現在すでに具体的に協力、連携が進められているが、更に強化する努力が望まれる。また、主要課題には挙げられていない計画外の研究からもどんどん実質的な協力関係が生まれるような、新しい研究課題に発展させる雰囲気とシステムが要求される。

今後、原子力新法人として受け継がれた後も、核燃料サイクル開発機構の各研究部との連携を有效地に推進されたい。

(d) 外部機関との協力・連携

外部機関との協力、連携は原研の研究の質を高め、研究成果の社会への還元を意味するだけでなく、原子力施設の社会への開放を通して、原子力受容性の拡大においても重要で

ある。

現実には大学や国立・公的研究機関を対象とした協力研究、共同研究、施設開放は積極的に進められていて、高く評価されるが、産業界との連携の割合が少ないように見受けられる。主要課題Ⅱ 1、Ⅱ 2の様なテーマは産業界や企業でも興味を持って研究を始めしており、特に産業界との連携はきわめて重要である。

加速器を用いた協力研究は、これまで通り是非積極的に推進してほしい。また、原研にしかない施設、設備の外部への開放にもさらに努力して欲しい。

(e) 人材養成の施策

人材養成は、これまでの原研自体の制度が絡んでおり、一物質科学研究部の問題ではないが、わが国の唯一の原子力の中核的研究開発機関として、その対応策に取り組んではほしい。原研が積極的に人材育成に関与し、それに携わる研究者にインセシティブを付与する施策が必要である。同時に、例えば原研の長期事業計画（平成13年2月）にあるように「原研への大学院機能及び学位授与機能の付加」について大学との連携により積極的且つ継続的に検討されることを希望する。

（2）各主要課題領域の計画

物質科学研究部の研究課題は、4つの主要課題領域に区分され、次の8つの主要課題が設定されている。

主要課題領域Ⅰ（原子核科学の研究）

- I 1：ガンマ線、レーザー核分光による核構造研究
- I 2：核物理手法による新分析法の開発

主要課題領域Ⅱ（材料創製、固体物性の研究）

- II 1：同位体分離と同位体制御による物質創製研究
- II 2：三次元ナノ構造制御による新物質創製及び物性発現機構の解明
- II 3：高エネルギー照射場物質科学研究

主要課題領域Ⅲ（アクチノイド・重元素科学の研究）

- III 1 : f元素、重元素化学系の構造、反応制御研究
- III 2 : アクチノイド凝縮系の物性研究

主要課題領域Ⅳ（加速器の運転・管理及びRNB 加速器系の開発）

- IV 1 : タンデム加速器系の運転・管理及びRNB 加速器系の開発

これら主要課題は平成10年度の中間評価で指摘された3つの問題点に答えるため、次の原則の下に、3年間にわたる検討に基づき設定された。

①各々の領域は、明確な達成目標を有する2～3の主要課題（中間目標）より構成して、グループ横断的な中規模のチームにより、これを遂行する。②原研における物質科学研究の基礎的部分を受けもつことを旨として、より工学的な研究を進める所内各部署とは必要

に応じて臨機応変に連携研究を行う。③キャッチアップ的研究ではなく、フロントランナーとして国際的に競争力のあるテーマに人材及び予算の集中化を図る。また、原子力研究に手法としての革新を図る必要性から、国の科学技術基本計画での論点に基づき、ナノテクノロジーなどの新手法を積極的に取り入れる。

これらの検討の結果が主要課題の設定に反映され、8つの主要課題の（イ）目的・意義及び（ロ）研究展望及び達成目標は全て評価点4以上の優れた評価結果を受けている。これは3年間にわたる検討の立派な成果の現われである。

他方、主要課題領域IVを除く（ハ）研究の進め方（二）予想される成果の波及効果の評価点は少しづつ減少し、4以下に低くなっている。これは研究展望及び達成目標と予想される成果の波及効果との間にずれが感じられたためである。基礎研究であれ、工学的研究であれ、それにより得られた研究成果はその社会への還元について真摯に考察されるべきであると思われる。その意味で、研究の進め方についても同様にまず学術的に第1級の研究成果を得ることが考えられるべきであると考える。

（3）その他全般的な所見

原研での物質科学研究部の位置づけ、そして各研究課題も明確となった。いづれのテーマも非常に重要な内容を含み、また非常に高い目標であると考える。これらの研究計画を忠実に実行して、長期的視野に立った物質科学関連研究の中核となることを期待する。又長期事業計画にもあるように「原子力技術で培われた信頼性の高い要素、技術等の他分野への展開を図る」ことも希望する。

ここで計画された目標の達成のため、原研に大学等の外部機関との間の人事交流等により研究者・技術者の人事異動が生じても、新たな人材を受け入れ、直ちに新しい目標に向けてスタートできる機動的なシステムの構築が望まれる。具体的には研究者・技術者、それを支える事務系職員の配置のバランスが求められる。この点では、研究を支援する技術者の割合がきわめて少ないと思われる。

また、外に開かれた研究体制の整備が益々必要であると思われる。ここで「外に開かれた」とは、二重の意味を持つ。1つは外部の研究者が原研の施設を生かして研究を一定期間展開できることを指す。このことは原研の研究者にいい刺激になる。「外に開かれた」という言葉の2番目の意味は、原研の研究者がもっと外の世界にさらされるという意味である。国際的意味合いも含めて、原研の研究者がもっと外界で揉まれ、活躍できるように、積極的に支援する体制を整えるべきである。

This is a blank page.

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、研究評価委員会の下に物質科学研究専門部会を設置し、東海研究所の物質科学研究部における平成15年度からの研究開発課題の計画について、事前評価を行う。

2. 研究評価の方法

2.1 専門部会の構成委員（新設部会）

部会長：	森田 健治	名古屋大学大学院工学研究科教授
(評価委員)：	齋藤 鐵哉	独立行政法人物質・材料研究機構理事
専門委員：	大塚 孝治	東京大学理学部教授
(五十音順)	高木 一正	(株) 日立製作所中央研究所 基礎研究所主管研究員
	塚本 哲生	オリジン電気(株) 特機部次長
	三宅 潔	埼玉大学大学院理工学研究科教授
	森山 裕丈	京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻教授
	脇田 久伸	福岡大学高機能物質研究所長・教授

2.2 事前評価対象研究開発課題

事前評価の対象となる課題は、以下に示す物質科学研究部における平成15年度からの研究開発課題及び研究支援業務課題の全般である（5年間の課題を視野に入れる。）

主要課題領域Ⅰ（原子核科学の研究）

主要課題 I-1 ガンマ線・レーザー核分光による核構造研究

主要課題 I-2 核物理手法による新分析法の開発

主要課題領域Ⅱ（材料創製・固体物性の研究）

主要課題 II-1 同位体分離と同位体制御による物質創製研究

主要課題 II-2 三次元ナノ構造制御による新物質創製及び物性発現機構の解明

主要課題 II-3 高エネルギー照射場物質科学研究

主要課題領域Ⅲ（アクチノイド・重元素科学の研究）

主要課題 III-1 f元素・重元素化学系の構造・反応制御研究

主要課題 III-2 アクチノイド凝縮系の物性研究

主要課題領域Ⅳ（加速器の運転・管理及びRNB 加速器系の開発）

主要課題 IV-1 タンデム加速器系の運転・管理及びRNB 加速器系の開発

2.3 専門部会会合の開催

(1) 日時：平成14年6月5日 (水) 13:30~18:00

(2) 場所：富国生命ビル 21階 第7会議室

東京都千代田区内幸町2-2-2

(3) 議事次第

- 1) 専門部会審議の開始にあたって
 - ・部会長挨拶
 - ・委員、事務局、被評価部門の自己紹介
 - ・研究評価の進め方について（事務局から）
- 2) 物質科学研究部の研究計画について
 - ・説明：岩本 昭 物質科学研究部長
 - ・質疑応答
- 3) 総括討議
 - ・評価に関する討議
 - ・評価結果のとりまとめについて（事務局）

2.4 評価のプロセス

事前評価のプロセスは、第1次評価及び第2次評価の2段階を取る。第1次評価においては、被評価部門から提出される評価用資料に基づき、下記の評価項目、評価の基準に沿った項目別の暫定的評価を行い、また必要に応じてその他の所見を示すとともに、被評価部門に対する質問事項があれば、これを示す。第2次評価においては、上記の評価用資料（追加の補足説明資料があれば、これを含む）及び専門部会における被評価部門からの説明に基づき、下記の評価項目、評価の視点、評価の基準に沿った項目別の最終的評価を行い、また必要に応じて、その他の所見を示す。これらを踏まえて、総合所見を取りまとめる。

2.5 評価項目及び評価基準

(1) 項目別評価

- 1) 評価項目及び評価の視点（「」内は評価の視点）
 - a) 当該部の研究開発の基本方針

（「研究開発の全体目標、主要な研究開発課題の編成、総合的推進方策、全体計画のスケジュールの妥当性」）
 - b) 各主要課題領域の計画（主要課題領域ごとに（イ）～（二）を評価。）
 - イ) 目的・意義（研究開発の方向性、目的の妥当性）
 - ロ) 研究開発の達成目標

（「評価対象期間の展望の中での具体的な達成目標の妥当性」）
 - ハ) 研究開発の進め方（「研究開発手法、研究開発スケジュールの妥当性」）
 - 二) 予想される成果の波及効果（「波及効果の期待度」）

研究支援業務課題の評価については、上記 b)において、以下の評価項目、評価の視点を考慮する。なお、それらは、上記の研究開発課題に関する主要課題領域の計画の評価に含めることができる。

- イ) 主要業務内容、目的・目標 （「業務の方向性、目的、目標の妥当性」）
 - ロ) 業務の進め方、スケジュール （「業務計画の妥当性」）
 - ハ) 他部門・他分野への予想される貢献及び波及効果（該当する場合）
（「貢献等の期待度」）
- c) 資源の配分計画
（「研究開発に係る資金、人員の配分の妥当性」。研究支援業務については「業務に係る予算、人員の配分の妥当性」を含む。）
- d) 原研他部門との協力・連携 （「原研内での協力・連携の妥当性」）
 - e) 外部機関との協力・連携 （「外部との協力・連携の妥当性」）
 - f) 人材養成の施策
（「研究者・技術者的人材養成施策の妥当性」。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

上記の項目別評価に対して、5段階評価を行う（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）。

(2) その他の所見

上記の視点以外の特記すべき所感、問題点、提言等を示す。

3. 物質科学研究部の研究計画の概要

物質科学研究部が示した平成15年度からの5カ年計画の概要を以下に示す。

3.1 日本原子力研究所における物質科学研究の全体概要

原子力の研究開発は、物理、化学、工学をはじめとする広範な学問領域に立脚するものであり、基礎研究から応用研究に亘り、高度な科学技術力の結集が求められるものである。原研は原子力の研究、開発及び利用の促進に寄与することを目的として、これまでわが国の原子力の中核的な総合研究所としての役割を果たしてきたが、今後この役目は原子力新法人へ受け継がれることが期待されている。原子力の研究開発の中で物質・材料の研究はその基礎・基盤部分を支える研究として不可欠のものであると同時に、原子力分野のみならず他の科学技術分野に影響を与え、科学技術全体の進歩に大きく貢献する点で、新法人の中でも重点的に行うべき分野であると考えられる。

原研における物質科学研究は、広範な物質科学研究のうち重点的に進めるものとして以下の二つを設定している。①原子力技術の革新につながる政策的ニーズに沿った目標を掲げた体系的・総合的研究。この内容としては、材料の照射健全性の研究、燃料サイクルに関する物質科学研究、核変換技術や新型炉のための原子核データ整備等がある。②原子力研究でこれまでに培った資源（人・施設）を活かしたわが国の科学技術の向上につながる基礎的・先導的研究。この内容としては、同位体制御による物質科学研究、重元素科学研究、原子炉や大型加速器を用いた放射線利用による物質科学研究等がある。これらの研究が現在いくつかの支分組織で行われているが、東海研究所物質科学研究部ではこのうち、①の部分に関しては材料の照射健全性、燃料サイクル及び原子核データそれぞれに関する基礎的な研究が行われ、②の部分では同位体制御による物質科学研究、重元素科学研究、また放射線利用研究に関して高エネルギー重イオン利用による物質科学研究が長期的ビジョンの基に行われている。今後は大強度陽子加速器利用による物質科学研究が物質科学研究部での重要な分野となることが想定される。一方、TIARA 等を用いた機能材料の開発研究は高崎研究所、放射光やレーザー光等を用いた物質評価研究及び物質創製研究は関西研究所において遂行されている。これらの研究全体を通して、日本のこの領域の研究の拠点となり、世界へ情報発信を行ってゆくことがその任務と考える。

研究実施体制の新たな仕組みとしての先端基礎研究センターの発足以来、そこでの物質科学研究、また計算科学技術推進センターにおいても物質科学研究が行われている。前者については研究期間を5年間に限定した短期集中小プロジェクトという新たな切り口をもとに、後者は計算科学という手法によって物質科学研究を追求するものである。これに対して物質科学研究部での研究は原子力における物質科学に対する長期的ビジョンの基に、有効な中期的重點課題を設定するという運営方針をとり、タンデムブースターや放射光施設、計算科学手法など、最新施設・手法を分け隔てなく利用することを基本とする。また原子力の性格に根ざして、核物理・核化学、原子分子、凝縮系、アクチノイド各々の基礎研究に係わる研究者を網羅して、その密接な協力の基に研究を遂行することも物質科学研究部の特徴である。エネルギーシステム研究部、燃料サイクル安全工学部、核融合工学部

等での材料・燃料研究とは基礎研究と、より工学的な研究の関係にあるが、必要に応じて機動的な連携を図ることとしている。

3.2 研究開発の基本方針

(1) 物質科学研究部で行う物質科学研究

東海研究所の物質科学研究部が対象とする「物質」は、物質の根源である原子、さらにその構成要素である核子の集合体としての原子核、原子の集合体である分子、原子・分子の集合体としての凝縮系までを含み、その研究対象に応じて現在、原子核科学、原子分子科学、凝縮系物質科学、アクチノイド科学の研究を進めている。当該部での物質科学研究がこうした「物質」を対象としているのは、原子力が「放射線と物質の相互作用」を基本としており、原子力の研究開発は物質の諸階層を総合的にとらえ取り組むことが必要であるという、原子力科学の特徴に由来するものである。

これら研究の長期目標として、原子核科学は、原子核の構造・反応の研究と核変換や新型炉のための原子核データ整備を目指す。原子分子科学は、原子・分子の構造の理解と放射線を用いた反応の制御及びそれを用いた同位体材料創製を目指す。凝縮系物質科学は、同位体物質などの新素材や新微細加工技術を用いた新物質創製とその機能解明を行い、また高エネルギービームと物質の相互作用の解明とそれを用いた材料改質の研究を目指す。アクチノイド科学は、アクチノイド基礎科学の解明とアクチノイド高温化学、分離化学の研究により新燃料サイクル開発研究を目指す。また、当該部の大型施設であるタンデム・ブースターの高度利用のための開発を進め、その有効利用による研究を推進している。

(2) 物質科学研究の役割、使命

上記研究は、長期的原子力エネルギー利用の基礎を支えるのみならず、原子力利用にパラダイムシフトをもたらすことを視野に入れた研究であり、原子力研究機関のミッションとしての責任がある。それと同時に、長年の原子力開発研究で蓄えられた人材・知識と先進的研究施設を生かした物質研究は、広く基礎科学の振興にとり重要な役割を果たす。この2つの立場を含んだ研究、すなわち広い意味での原子力科学のもとに位置づけられる物質科学研究を、今世紀の科学技術立国を先導することを使命として遂行し、科学技術基本計画でいう「知の創造と活用により世界に貢献できる国」を目指すことである。

(3) 研究体制と主要課題領域設定の考え方

平成10年度の中間評価では、以下の3点が問題点として指摘された。①具体的な成果がイメージしにくく、原研としての特徴も捉えにくい、②原研プロジェクトの基盤研究に集中するのか、基礎科学についての系統的な研究を進めるかが不明確である、③問題意識や成果の達成方法に甘さがあるのではないかと言う懸念がある。

これらの指摘に答えるための対応をこの3年間に亘り行い、次の原則の下に平成15年度以降5年間の研究に対する主要課題領域を設定した。①物質科学研究部の研究活動を大きな達成目標の観点から4つの主要課題領域により構成する。各々の領域は、明確な達成目

標を有する2～3の主要課題（中期目標）より構成して、グループ横断的な中規模のチームによりこれを遂行する。②原研における物質科学研究の基礎的部分を受け持つことを旨として、より工学的な研究を進める所内各部署とは必要に応じて臨機応変に連携研究を行う。③キャッチアップ的研究でなく、フロントランナーとして国際的に競争力あるテーマに、人材及び予算の集中化を図る。また、原子力研究に手法としての革新を図る必要性から、国の科学技術基本計画での論点に基づき、ナノテクノロジーなどの新手法を積極的に取り入れる。

これらの中期目標を効率よく行いさらにその先に繋げるためには、長期目標に基づいたより一般的な基礎研究や、先端装置の開発研究も当然必要になる。この部分については、現在の大グループ制の利点を生かしてその中で行うが、後述の資源配分の人員欄ではこれら人材もその最も近い主要課題に割り当てて示している。また、この部分の層を厚くするために先端基礎研究センターとの連携を深める必要がある。

（4）研究開発課題の編成

前節の考え方の下に、以下の4主要課題領域と各領域での主要課題を設定する。

主要課題領域Ⅰ（原子核科学の研究）

中期目標として、以下の2課題を設定し、放射線利用による原子核の構造研究と基礎原子核データの取得、放射線計測新技術の開発を行う。

主要課題Ⅰ-1. ガンマ線・レーザー核分光による核構造研究

主要課題Ⅰ-2. 核物理手法による新分析法の開発

主要課題領域Ⅱ（材料創製・固体物性の研究）

中期目標として、以下の3課題を設定し、放射線を用いた反応の制御による同位体材料創製研究、新素材・新微細加工技術を用いた新物質創製とその機能解明研究、高エネルギービームと物質の相互作用の解明とそれを用いた材料改質研究を行う。

主要課題Ⅱ-1. 同位体分離と同位体制御による物質創製研究

主要課題Ⅱ-2. 三次元ナノ構造制御による新物質創製及び物性発現機構の解明

主要課題Ⅱ-3. 高エネルギー照射場物質科学研究

主要課題領域Ⅲ（アクチノイド・重元素科学の研究）

中期目標として、以下の2課題を設定し、重元素基礎科学、分離化学研究及びアクチノイド固体・溶融塩科学研究を進める。

主要課題Ⅲ-1. f元素・重元素化学系の構造・反応制御研究

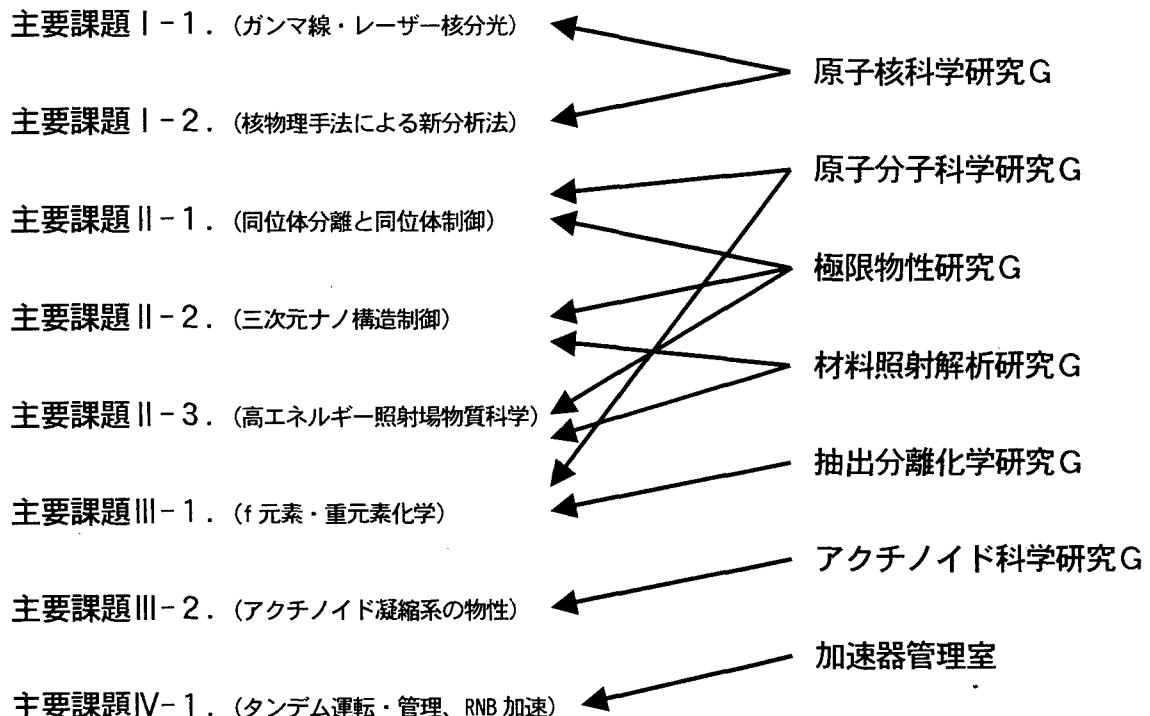
主要課題Ⅲ-2. アクチノイド凝縮系の物性研究

主要課題領域IV（加速器の運転・管理及びRNB 加速器系の開発）

中期目標として以下の1課題を設定して、タンデム加速器の運転・管理を行うとともに、RNB（放射性核種ビーム）加速器系の開発研究を推進する。

主要課題IV-1. タンデム加速器系の運転・管理及びRNB 加速器系の開発

これら主要課題は、研究グループ横断的に人材を活用することにより遂行され、現在の組織から以下のような人の流れが想定されている。

現在の組織

3.3 主要な研究開発課題の計画

主要課題領域Ⅰ：原子核科学の研究

主要課題Ⅰ-1： ガンマ線・レーザー核分光による核構造研究

(1) 目的・意義

陽子過剰領域に比べ、中性子過剰領域の原子核は選択的生成が困難であり、核構造情報が非常に限られている。理論的にはエキゾティック変形やそれらの変形共存現象、中性子スキン、魔法数の消滅と出現が予言されており、新たな核構造研究のフロンティアとして注目されている。ここでの多様な現象を実験的に明らかにし、殻模型などの理論解析によりその内部構造を解明することは、原子核を統一的に理解するために重要である。また、これらの実験データは核変換や新型炉開発のための基礎データとして役立つとともに、核理論の精密化は未知領域での核データの予言性を高める上で有効である。

(2) これまでの研究経過と主要成果

多重ガンマ線検出装置を用いたクーロン励起による完全核分光手法を完成させ、Ge, Se, Mo 同位体における変形共存現象を明らかにした。高速中性子照射アクチノイド試料の化学分析及び組成解析を行い、Np, Am, Cm 等の陽子誘起核分裂収率を測定して、核変換技術の研究に貢献した。核分裂における質量分割の謎を解明した。(H11 年度以降、論文 60 件 (Nature 1 件)、国際会議 Proceedings 28 件、プレス発表 1 件、特許 1 件)

(3) 研究開発の達成目標

- ・長期目標として、クーロン励起法及びレーザー核分光法により、質量数 50-150 領域の安定核、不安定核の Q モーメント、電磁転移確率を系統的に求め、核構造を明らかにする。東大グループと協力してモンテカルロ殻模型理論の精密化を行い、全核種を統一的に記述する核構造理論を構築する。
- ・5 年間の中期目標として、NEA Nuclear Science Committee がまとめている High Priority Nuclear Data Request List に基づき、Pu, Am, Cm 核種の反応断面積及び核分裂収率、Tc, Xe, Cs, Ba, La 等の高エネルギー準位構造、 β 分岐比を取得し、JENDL 等のライブラリーに反映させる。

(4) 年次的進め方

研究項目＼年度	15 年度	16 年度	17 年度	18 年度	19 年度
核構造研究	陽子過剰核・安定核の核構造			中性子過剰核の核構造	
核データ取得			不安定核施設完成		Pu, Am, Cm の核データ取得

(5) 予想される成果の波及効果

新型炉（核変換炉、高速炉等）技術開発、原子炉安全性研究の基礎データを提供するとともに、天体核物理、医療などの分野への貢献が期待される。

主要課題 I-2：核物理手法による新分析法の開発

(1) 目的・意義

ガンマ線検出技術、放射化分析、即発ガンマ線分析、またレーザー共鳴蛍光法、陽電子消滅法などを高度化した高感度核種・元素・状態分析法を開発する。特に、ガンマ線分析において $\text{ppq} (10^{-15})$ までの高感度、10分オーダーの迅速性、%オーダーの高精度、その場・非破壊、安定全核種の同時定量を可能にする。これにより、原子力開発、材料開発、環境、資源、宇宙地球物理、考古学などの研究分野に貢献する。

(2) これまでの研究経過と主要成果

多重ガンマ線検出法を用いた放射化分析では、 $\text{ppt} (10^{-12})$ までの高感度、数時間オーダーの迅速性、%オーダーの高精度、49種の多元素同時性を有するこれまでにない定量が可能になった。また、これを放射性ヨウ素 ^{129}I の分析に応用して迅速・高感度定量を可能にした。比較法により、%オーダーの高精度を達成した。（H11年度以降、論文9件、国際会議 Proceedings 7件、プレス発表2件、特許2件）

(3) 研究開発の達成目標高感度核種

- ・長期目標として、ガンマ線、レーザー、陽電子消滅法などの高度原子力技術を用いた元素・状態分析法を開発し、多分野へ適用する。
- ・5年間の中期目標として、多重ガンマ線放射化分析において、新型多重ガンマ線検出装置により、 $\text{ppq} (10^{-15})$ オーダーまで感度を向上させる。また、オンライン処理による迅速定量、比較法による更なる高精度化を図る。大強度陽子加速器においてパルス中性子を利用して、壊変ガンマ線・即発ガンマ線を同時に分析する新たな手法を開発し、10分オーダーの迅速性、全核種・全元素の同時定量を可能にする。

(4) 年次的進め方

研究項目＼年度	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度
ppq 分析法の開発	多重ガンマ線検出装置の高度化			多分野への適用	
			→		→
パルス中性子ガンマ線分析法の開発		KENS, JRR3 でのテスト実験	大強度陽子加速器施設完成		適用
				→	→

(5) 予想される成果の波及効果

多重ガンマ線検出法を中心とする新たな分析法は元素分析を手段とする所外研究者との協力において、材料開発、食品安全性、環境、資源、宇宙地球物理、考古学など多くの研究分野の新たな進展を促す。また、高感度核種分析を、放射性廃棄物や環境中放射能の高精度分析に適用して、原子力施設から出る放射能を正確にモニターすることによ

って環境の安全性を確保し、原子力の安定的発展を促進する。

主要課題領域 II : 材料創製・固体物性の研究

主要課題II-1 : 同位体分離と同位体制御による物質創製研究

(1) 目的・意義

同位体材料は、高熱伝導性など新たな物性発現や同位体による核特性などの違いを利用した新しい用途が期待でき、原子力はもとより、半導体産業、医療、基礎科学研究など多くの分野における利用が期待されている。そこで、同位体分離から同位体材料創製まで広く同位体科学の研究を進め、新たな同位体利用を拓く。

(2) これまでの研究経過と主要成果

レーザー同位体分離の基礎研究として、赤外多光子解離反応、重元素ビーム蒸発過程、イオン交換反応などの解明やレーザーによる化学反応経路制御の研究を行い、真空紫外光励起による選択的炭素-ハロゲン結合切断の成功、振動励起部分重水素化アンモニアの紫外光分解による選択的水素同位体結合切断の成功などの成果を挙げた。シリコン同位体分離の研究で、従来より 10 倍効率的に分離可能な Si_2F_6 の 2 波長赤外多光子解離による同位体分離法を考案し、特許を出願した。また、レーザーアブレーションを利用した同位体濃縮膜の創製に繋がる研究として、レーザープラズマの特性研究や超リチウム化分子 Li_2F などの存在確認と電子状態の解明を行った。(H11 年度以降、論文 23 件、国際会議 Proceedings 2 件、特許 1 件)

(3) 研究開発の達成目標

- ・長期目標として、化学反応や固体物性における同位体効果の解明など同位体の関与する物理・化学過程の総合的理解を深め、それをもとに同位体分離技術開発及び同位体を制御した新材料創製を行い、新たな同位体利用を拓く。
- ・5 年間の中期目標として、数十グラムオーダーの高濃縮(99%以上) ^{28}Si を分離する実験を基に、シリコン同位体大量濃縮技術を確立する。赤外多光子解離反応を利用し酸素、炭素等の同位体分離に最適な反応系を見出す。またレーザーアブレーションや光イオン化と電磁分離を併用した Si、Gd、Li 等の同位体濃縮膜や、Si 同位体を用いた 3 次元ナノ物質を創製する。さらに高強度超短パルスレーザーや自由電子レーザーを利用して、チャーブパルスや回転コヒーレンスを利用した同位体分離の原理実証を行う。

(4) 年次的進め方

研究項目 \ 年度	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度
軽元素同位体分離法の開発		→		→	
同位体制御材料創製	シリコン同位体分離		^{18}O 、 ^{13}C の同位体分離用作業分子探索		→
革新的な同位体分離技術の基礎研究	同位体調整薄膜創製 中性子照射による $^{30}\text{Si} \rightarrow ^{31}\text{P}$ 反応を利用した 3 次元ナノ物質創製	Si Gd, Li			→
	高強度超短パルスレーザーや自由電子レーザーを用いたコヒーレント反応制御の実験と同位体分離の実証				

(5) 予想される成果の波及効果

大量シリコン同位体分離技術の開発と同位体制御膜創製は、高熱伝導性シリコン基板や 3 次元ナノ半導体材料創製などの半導体分野における技術革新に繋がる。酸素や炭素の同位体分離法の開発は、医療における検査試薬としての用途が期待される。また、新しいレーザー技術を利用した同位体分離は、同位体分離と選択的同位体分子合成を同時にを行うなど同位体分離の技術革新をもたらし、同位体制御材料の物性研究に基づいた新機能材料開発とともに新たな同位体利用及び新産業創出に繋がる。

主要課題 II-2 : 三次元ナノ構造制御による新物質創製及び物性発現機構の解明

(1) 目的・意義

原子力関連分野で開発された各種手法を用いて原子個々の挙動を理解し、またそれらを制御し耐放射線性材料の開発を行う。特に、新物質創製を行うにあたりナノ領域での構造、組成及び電子状態や衝突・反応過程のダイナミックスの解明が必要不可欠である。この研究を通して、放射線と物質との相互作用によるナノ領域特有の秩序や新しい現象、化学結合における選択性や特異性を明らかにする。

(2) これまでの研究経過と主要成果

シリコン基板内部の応力直接測定法を開発（特許申請）、内部応力を 1/3 程度に減ずることに成功しナノ薄膜の新たな創製法を提案した。耐放射線性材料開発の過程で、耐放射線に優れ、環境にも負荷が少ないシリサイド系半導体の低温成長法を開発した。また、放射光による材料最表面からの深さ分布の組成・化学状態非破壊分析法により耐酸化性の発現機構を解明した。これらのナノ領域における物性発現機構の解明を目指し開発した超高分解能走査型電子エネルギー損失分光顕微鏡を用いて、0.04nm 間隔で内殻電子励起スペクトルを計測し、サブナノ分解能の 1 次元元素プロファイルを得た。さらに、(旧) 科学技術庁の高温超伝導マルチコアプロジェクトの照射改質ユニットを担当し、

高エネルギー重イオンによる臨界電流密度の特性改善、無双晶単結晶作成を世界に先駆けて成功し、Y系超伝導体の標準試料として供給した。(H11年度以降、論文72件(Nature1件)、国際会議Proceedings10件、プレス発表2件、特許2件)

(3) 研究開発の達成目標

- ・長期目標として、省資源化と環境保全を重点とした耐放射線性材料の開発を支援するため三次元ナノ構造制御による新物質創製を行うと共に、その物性発現機構を解明する。
- ・5年間の中期目標として、エネルギー粒子を利用し、耐放射線性材料素材として有望な多元クラスター粒子集合体やサブナノ層制御・異種物質成長法及びシリサイド系半導体をベースとした基本素子を開発する。また、放射線と物質との相互作用を明らかにするために、ナノ領域の結晶構造や電子結合状態の解明を進め、その解析手法の確立を目指す。さらに磁束量子多体系を中心とする基礎研究を進め、それを用いた中性子センサーの研究開発を行う。

(4) 年次的進め方

研究項目＼年度	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度
シリサイド系半導体の基本的素子開発	FeSi ₂ 単相P/N型薄膜の作成	FeSi ₂ 単結晶薄膜P・N接合半導体の作成			
異種物質接合法の開発	原子層間制御による異種物質結合法開発、多元クラスター粒子集合体の制御				
サブナノ領域解析手法の開発	MgB ₂ 検出器の基本素子の開発 サブナノ電子プローブの開発	粒子線センサー素子の開発			
		ナノ領域の結晶構造・電子結合状態解析			

(5) 予想される成果の波及効果

原子層間制御が可能な異種物質結合法、多元クラスター粒子形成技術に裏付けられた薄膜形成技術、原子層非破壊深さ分布解析手法、サブナノ電子プローブを利用したナノ領域解析手法の確立、及びこれらの手法を応用した以下の研究について産業界への波及効果が想定される。

- ・シリサイド系半導体等の環境負荷軽減材料の開発研究
- ・超高感度粒子線検出素子の開発やナノ領域における半導体不良解析法の確立

主要課題II-3：高エネルギー照射場物質科学研究

(1) 目的・意義

高エネルギー放射線が固体内部や界面の電子や原子に与える高密度励起状態と、それが原子配列変化等を伴いながら緩和する過程について、構造・物性の変化を含めて実験と理論・計算科学的手法により系統的に明らかにする。また、高密度電子励起等の特異な現象を抽出し、それを利用した材料プロセシング(電子励起プロセシング)を試みる。さらに、本研究で得られた知見を、原子力用材料の照射健全性評価・向上に活用する。

(2) これまでの研究経過と主要成果

照射下での相変化機構等の知識を用い、先進的な原子力システムや軽水炉高経年化課題等における材料の耐照射性向上研究を行い、「低放射化構造材料の開発」、核融合炉設計の基本をなす「照射効果と材料強度の考え方」の提案、「照射誘起応力腐食割れ(IASCC)への中性子スペクトル効果の解明」等を行った。一方、基礎研究の立場からは、高エネルギーイオンビームによる固体表面からの2次粒子放出過程や高エネルギーイオン極低温照射実験などを通じて高密度電子励起による原子変位という特異な現象を見出した。

(H11年度以降、論文85件、国際会議 Proceedings 2件)

(3) 研究開発の達成目標

- ・長期目標として、高エネルギー照射場での物質中の様々な励起と緩和現象を統一的に解明し、新しい材料創製法の確立や原子力材料の健全性評価に寄与する。
- ・5年間の中期目標として、高密度電子励起が原子変位をもたらす多様で複雑な過程を明らかにし、また各過程を支配する物理量を確定する。電子励起プロセシングを用いて、磁性体局所改質、電子励起ミキシングによる化合物超伝導体等の合成、電子励起促進拡散による物質内への金属粒子分散制御等を行う。高エネルギー放射線による固体内部や界面の構造変化に関し、基本的実験データを蓄積すると共に、理論（自己組織化）、及び計算科学（分子動力学、モンテカルロ法、第一原理計算等）による評価法を確立する。

(4) 年次的進め方

研究項目＼年度	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度
電子励起・原子変位過程の解明	素過程を支配する物理量の確定				不安定核ビーム利用
電子励起プロセシング	電子励起ミキシング 磁性体局所改質による超伝導体合成				物質内ナノ粒子分散制御
実験、理論、計算科学による物質構造変化評価	機械的性質・ミクロ組織観察	電気・磁気物性	光学特性		
	第一原理計算	分子動力学計算等			

(5) 予想される波及効果

高エネルギー放射線下で使用される各種原子力材料・燃料の損傷機構を解明するための基本的モデルを提示し、これらの材料の評価及び健全性向上に貢献する。また、電子励起によるプロセシングは、電子デバイスなどの分野で、従来の方法（熱処理、低エネルギービーム加工）などでは、なし得なかったナノメートル領域での材料改質を可能とし、超高密度メモリー媒体、非線形光学素子といった新たな材料創製や技術革新に繋げることができる。

主要課題領域III：アクチノイド・重元素科学の研究

主要課題III-1：f元素・重元素化学系の構造・反応制御研究

(1) 目的・意義

アクチノイド等重元素イオンの化学特性について、理論・計算化学的予測手法を確立する。その過程で得られる研究成果は、分離変換技術といった将来の核燃料サイクル分野における技術革新や、人類社会の幅広い進歩に役立てる。

(2) これまでの研究経過と主要成果

f 元素分離に有効な新規配位子（モノアミド、ジアミド等）と f 元素系について、それらの抽出分配特性を取得した。同時に f 元素・抽出剤錯体の配位構造をレーザー分光法、放射光、中性子回折法により決定すると共に、相対論電子状態計算、分子動力学(MD)などによる計算化学手法も応用して金属-配位子間の結合の本質を解明し、抽出系の分離選択性に及ぼす f 元素イオンの特徴と配位子のドナー性や形状、生成錯体の構造特性との相関を明らかにした。これらの知見を基に f 元素に有効な TODGA 等の世界に誇る抽出剤の分子設計に成功した。また、 f 元素抽出系において疎水性陰イオンの効果（抽出率・分離能向上）をはじめて解明した。（H11年度以降、論文 46 件、国際会議 Proceedings 16 件、プレス発表 1 件、特許申請 9 件）

(3) 研究開発の達成目標

- ・長期目標として、アクチノイド等重元素の化学的特性を、かなりの信頼性で理論的、計算化学的に予測できるようにする。それと並行して様々な分野における課題の解決や新技術の開発に本手法を応用しつつ、その信頼性向上を図る。

- ・5 年間の中期目標として、上記予測手法の開発に必要な実験的研究（先端的分析手法によるイオン性液体を含む幅広い液相系におけるこれらイオンや反応物質の存在状態や構造の同定、 f 元素分離系の分配平衡データや熱力学データの取得）及び第 1 原理分子動力学シミュレーションを含む理論的手法の開発を行う。同時に、それらイオンと各種配位子・吸着体及び溶媒分子との選択性的反応の制御技術の確立を進める。具体的には、大きな $4f/5f$ 相互分離係数を与える配位子の分子設計及び反応場設計（核燃料サイクルの次世代分離技術の改良；例えばアミド化合物を用いた簡素で高性能な ARTIST プロセスの構築）や、 f 元素の医療技術への応用などを行う。

(4) 年次的進め方

研究項目 \ 年度	15 年度	16 年度	17 年度	18 年度	19 年度
f 元素、重元素の分離 化学、溶液化学、錯体 化学研究		f 電子系元素の分配平衡、熱力学研究、イオン性液体系研究			
		f 電子系元素の錯体等の構造解析研究			
理論・計算化学的研究	相対論量子化学計算、第 1 原理 MD シュミレーション				
次世代分離技術の開発	$4f/5f$ 分離用配位子の分子設計、フローシート提案				
アクチノイド研究の発 展的応用	ARTIST プロセス構築				
		新機能性物質創製、医療面への応用			

(5) 予想される成果の波及効果

アクチノイドや重元素の振る舞いを予測・制御しなければならない分野において、独自

の有用技術の創造や予測手法を用いた深い洞察を通して、様々な問題解決に役立つ。さらに本研究によって蓄積される成果は、環境科学研究、生体系における f 元素の挙動解析などの、さまざまな研究領域で幅広く応用できる。

主要課題Ⅲ-2：アクチノイド凝縮系の物性研究

(1) 目的・意義

アクチノイドの酸化物、窒化物等の各種化合物、溶融塩、及び合金について構造、物性、及び熱力学的性質の相関を調べ、体系化を進める。それにより、アクチノイドの物質科学を深化、拡大させるとともに、分離変換技術や将来の核燃料サイクルに関わる革新的な原子力技術の基礎の形成を図る。原研は、各種のアクチノイド取扱施設を有するとともに、放射光、中性子などの先端的研究手段を有効に利用でき、この分野で世界的に先導的な役割を果たす。

(2) これまでの研究経過と主要成果

U-Np-Pu 酸化物系の相状態、熱物性、熱力学的性質、及び磁性の測定と評価、AmN や $(Cm, Pu)N$ の炭素熱還元法による世界初の合成、活性な高温融体の放射光 X 線吸収微細構造 (XAFS) 測定技術の開発及び溶融 UCl_3 の測定・構造決定、大規模粒子系分子動力学による計算シミュレーション技術開発、Am 系合金の状態図の測定などを進めた。これらの研究成果は、基礎科学の進展に貢献するとともに、核燃料サイクル研究開発に関わる基礎データとして有用である。(H11 年度以降、論文 60 件、国際会議 Proceedings 25 件)

(3) 研究開発の達成目標

- ・長期目標として、研究対象の重心を U、Np、Pu から Am、Cm へと移しながら、各種化合物、溶融塩、及び合金について、放射光 XAFS、メスバウア分光、中性子回折、分子動力学計算などの手段を活用し、構造、物性、熱力学的性質などを明らかにする。
- ・5 年間の中期目標として、特に取扱の難しい超プルトニウム元素についての研究を本格的に立ち上げ、溶融塩中の Am、Cm の熱力学的、電気化学的性質を解明するとともに、溶融塩の物性測定と大統計量分子動力学計算技術を組み合わせ、乾式再処理技術の基礎を形成する。また、Am、Cm 含有窒化物及び酸化物の相状態及び熱物性、U、Np 含有化合物の分光学的基礎物性、U-Np-Pu 酸化物系化合物の構造、相状態及び熱物性ならびに長寿命核分裂生成物の高温特性の体系化を図るとともに、核変換用燃料や革新的原子炉燃料の基礎を形成する。

(4) 年次的進め方

研究項目 \ 年度	15 年度	16 年度	17 年度	18 年度	19 年度
Am、Cm 系の高温化学	溶融塩中の Am の物性			溶融塩中の Cm の物性	
	Am 含有化合物の物性		Cm 含有化合物の物性		
アクチノイド基礎科学		溶融塩の物性測定と大統計量分子動力学計算技術			
		分光学的基礎物性、U-Np-Pu 酸化物系の基礎物性			

(5) 予想される成果の波及効果

アクチノイド凝縮系の科学は物性分野に残されたフロンティアの一つであり、基礎科学の発展に貢献するのは言うまでもないが、アクチノイド物質の民生技術への応用は極めて困難であり、成果の波及先は、原子力に関わる分野が主たるものである。核変換技術や乾式再処理技術などの革新的核燃料サイクルの研究開発に、直接又は間接に波及効果をもつ。

主要課題領域IV：加速器の運転・管理及びRNB 加速器系の開発

主要課題IV-1：タンデム加速器系の運転・管理及びRNB 加速器系の開発

(1) 目的・意義

安定元素の核種は 290 に満たないが、周りに 3,000 以上の放射性核種が存在する。この放射性核種自身をイオンビームとして研究に利用することにより、広範囲にわたる中性子数、陽子数の原子核を入射粒子として利用でき、未知を切り開く基礎研究が可能となる。H15 年までに進めてきた KEK との共同研究プロジェクトを発展させ、放射性核種ビームのタンデム・ブースター加速器による後段加速を行うため、タンデム・ブースター前置加速器の開発など、加速器系の要素技術の研究開発を行う。この計画が完成すれば、高品質の放射性核種イオンビームに加え高強度の安定核種イオンビームが得られるため、超アクチノイド核化学、超重核合成、短寿命核の構造、宇宙での元素合成過程、物質科学等 21 世紀の重イオン科学的研究を推進できる。

(2) これまでの研究経過と主要成果

タンデム加速器系を利用した原子核関連研究や物性物理分野の研究で、毎年 50 件の研究論文が各種の学術誌等に発表してきた。開発研究では超伝導加速器（タンデムブースター）や制御系を独自に開発し、また世界で唯一多価希ガスイオンをタンデム加速器から加速できるようにし上記の利用研究に貢献した。独創性、新規性という点では、陽子誘起核分裂を用いて生成される中性子過剰核のイオンビーム加速は、日本ではなく世界でもごく少数の研究所で開発が始まったばかりである。陽子誘起ウラン核分裂は、生成率が高くタンデム加速器の陽子ビームでも実験の出来る強度且つ高品質の放射性核種イオンビームを生成でき、極めて特徴的な計画である。（H11 年度以降、論文 3 件、国際会議 Proceedings 5 件）

(3) 研究開発の達成目標

- ・長期目標として、タンデム加速器棟に設置されている全ての加速器を連結・連動させ、重イオン科学的研究の拠点を構築することにより、新世紀の物質科学研究の推進を図る。
- ・5 年間の中期目標として、①中間エネルギー加速用超伝導加速空洞の開発、②核分裂生成核種のイオンビーム化技術の開発と確立及び安定核種、放射性核種イオンビームの高強度化、③放射性核種イオンビームでの加速器制御技術の確立等の開発研究を進め、ブースターを利用したおよそ 10MeV/(核子) の放射性核種を含む多種類のイオンビーム

による世界でも類い希な研究環境を提供する。また、加速器制御系の更新、多価イオン源の高性能化、高稼働率維持及びKEKの短寿命核加速装置の移設達成により重イオン科学研究のさらなる支援、利用の国際化を図る。

(4) 年次的進め方

研究項目 \ 年度	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度
RNB 加速器系の開発	RNB イオン源開発				→
	ビーム制御技術開発、超伝導空洞開発	→	ブースター前段加速器製作		→
			実験装置開発		→
	タンデム加速器系の運転				→
タンデム加速器系の運転・管理	KEK 短寿命核加速装置移設	→			

(5) 予想される成果の波及効果

放射性核種イオンビームによる研究では、超アクチノイド核化学、超重核合成、短寿命核の構造、物質材料研究、宇宙での元素合成過程の研究が促進され、広く放射線利用あるいは放射性物質利用研究において新たな展開が図れる。放射性核種イオンビームの利用価値が認められ、さらに普及することにより医学利用等にも応用される可能性がある。魅力のある施設構築により国内に限らず海外の研究グループとの研究協力による利用が進み、国際的研究交流のリーダー的存在となれる。

3.4 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

物質科学研究の成果は産業技術として活用されることにより、社会はその恩恵を享受出来る。この観点、すなわち研究成果の社会への還元に関しては、特に多くの国費を消費する研究機関として強く意識したい。社会への還元を成功させるためには、①我々が第1級の研究成果を産出する、②産学官の一層の連携を行う、の2点が不可欠である。部の段階でこれを意識して構成したものが前節の主要課題であるが、これに加えて原研内外との連携が必要になり、これに関しては以下の方策で臨むこととしている。

第1級の成果を得るために日々の自己研鑽に加えて、原研内、大学、産業界の最高レベルの人材との積極的な交流が必要となる。また、目的実現のために最も適した研究施設の利用も必要である。このため、当該部の研究者に競争力があると考える前述の主要課題各々について、適切な相手との共同・協力研究、及び可能な限り最良の研究施設の利用を原研内外を問わずさらに意欲的に進めることとしている。その一方、かえって研究効率を落としかねない形式的な協力関係の整理を行う。従前、当該部では得意ではなかった産業界との連携を有効に進めるため、常に社会の動向を意識すると同時に、産業界と共通の目標設定が可能なテーマを追求することとしている。進め方としては、当該部での研究はごく近未来に実用化されるものより少し先にあるものをターゲットとして、特許等で武装し

た上で産業界との連携を深めてゆくことが必要とされ、このような点では産業界から多くを学ぶ必要があると思われる。この際にも、当該部でのタンデム加速器やその他原研の有する最新装置の利用は、地の利として十分に活用する必要があるのは論を待たない。この様な社会への還元に関しては、当該部としては原子力技術の民生分野への波及の観点から進めている。

一方、ミッションとしての原子力研究のあるものは、より長期的な観点から社会への還元を考えるべきであり、早急な産業化よりも将来の国の原子力開発に方向性を与えるために必要となる基礎研究を積み重ねることが大切である。この分野では、原研が人材・施設の面で恵まれており、中核的な責任を果たすべき立場にある。

(2) 研究開発資源の配分計画

各主要課題は、5年の中期目標を有する計画として設定されたものであり、課題設定の段階で従来のグループ制の枠内で徹底的な重点化を図ったものである。資金・人員計画として以下に示す内容で、関連基礎研究も含めてこれを実行する。研究途上で予想以上の進展や、逆に予想外の障害が生じる場合には資金・人員配分の点でも中途での計画の変更を含め柔軟に対処する。この様な場合には、当該部が組織として大グループ制を取っており、重点課題がグループ横断的に設定されているので適切な対処が可能であると考える。産学官の協力の下で、競争的資金などの外部ファンドの獲得に努めると共に、人員についても外部との連携及びリサーチフェロー、博士研究員、連携大学院、特別研究生、学生実習生、派遣研究員制度などの活用により、これを充実させてゆくこととしている。

主要課題領域Ⅰ（原子核科学の研究）

- I-1. ガンマ線・レーザー核分光による核構造研究
- I-2. 核物理手法による新分析法の開発

年度	研究経費(百万円)			人員(人・年)			
	I-1	I-2	計	I-1		I-2	
				職員(内技術系)	その他*	職員(内技術系)	その他*
15	35	6	41	6 (0)	2	3 (0)	2
16	66	50	116	6 (0)	3	4 (1)	2
17	60	70	130	7 (0)	3	4 (1)	2
18	35	70	105	8 (0)	3	4 (1)	2
19	35	10	45	8 (0)	3	4 (1)	2
計	231	206	437	35 (0)	14	19 (4)	10

*常勤者のみで、共同研究、協力研究により来所する研究員等は含まない。

主要課題領域Ⅱ（材料創製・固体物性の研究）

- II-1. 同位体分離と同位体制御による物質創製研究
- II-2. 三次元ナノ構造制御による新物質創製及び物性発現機構の解明
- II-3. 高エネルギー照射場物質科学研究

年度	研究経費(百万円)				人員(人・年)					
	II-1	II-2	II-3	計	II-1		II-2		II-3	
					職員 (内 技術系)	その 他*	職員 (内 技術系)	その 他*	職員 (内 技術系)	その 他*
15	47	38	33	118	10 (3)	3	11 (1)	5	17 (3)	4
16	47	38	51	136	10 (3)	3	11 (1)	4	17 (3)	4
17	64	96	80	240	11 (3)	3	11 (1)	5	17 (3)	4
18	64	120	72	256	11 (3)	3	11 (1)	5	17 (3)	4
19	34	60	48	142	11 (3)	3	11 (1)	4	18 (3)	4
計	256	352	284	892	53 (15)	15	55 (5)	23	86 (15)	20

*常勤者のみで、共同研究、協力研究により来所する研究員等は含まない。

主要課題領域Ⅲ

- III-1. f元素・重元素化学系の構造・反応制御研究
- III-2. アクチノイド凝縮系の物性研究

年度	研究経費(百万円)			人員(人・年)			
	III-1	III-2	計	III-1		III-2	
				職員 (内技術系)	その他*	職員 (内技術系)	その他*
15	32	40	72	14 (1)	7	13 (2)	7
16	45	39	84	14 (1)	7	13 (2)	7
17	75	39	114	14 (1)	7	14 (2)	7
18	65	39	104	14 (1)	7	14 (2)	7
19	55	39	94	14 (1)	7	14 (2)	7
計	272	196	468	70 (5)	35	68 (10)	35

*常勤者のみで、共同研究、協力研究により来所する研究員等は含まない。

主要課題領域IV

1. タンデム加速器系の運転・管理
2. RNB 加速器系の開発

年度	研究経費(百万円)			人員(人・年)			
	1.	2.	計	1.		2.	
				職員(内技術系)	その他*	職員(内技術系)	その他*
15	520	38	558	6 (6)	7	6 (2)	0
16	520	100	620	6 (6)	9	6 (2)	0
17	520	245	765	6 (6)	12	6 (2)	0
18	520	248	768	6 (6)	12	6 (2)	0
19	520	240	760	6 (6)	12	6 (2)	0
計	2,600	871	3,471	30 (30)	52	30 (10)	0

*常勤者のみで、共同研究、協力研究により来所する研究員等は含まない。

(3) 使用主要施設・装置と使用目的

- ・タンデム加速器・ブースター（既存）：原子核構造研究、高エネルギービームと物質の相互作用研究、材料プロセッシング
- ・RNB 加速器系（新規）：原子核構造研究、高エネルギービームと物質の相互作用研究
- ・多重ガンマ線検出器（既存、及び機能拡張）：原子核構造研究、新分析法研究
- ・研究炉（既存）：新分析法研究、固体物性の解析
- ・大強度陽子加速器（新規）：新分析法研究、固体物性の解析、溶液系物性解析
- ・3次元ナノ構造制御装置（既存）：固体物性研究、新素材創製研究
- ・走査型エネルギー損失分光顕微鏡（既存）：固体物性研究
- ・放射光施設（Spring 8, KEK-PF、既存）：重元素化合物の構造解析
- ・高崎研究所 TIARA（既存）：高エネルギービームと物質の相互作用研究
- ・NUCEF、WASTEF（既存）：アクチノイド高温化学研究
- ・スーパーコンピュータ（既存、及び機能拡張）：重元素・溶融塩・金属錯体の構造研究
- ・研究4棟（既存）：ホット実験

(4) 原研他部門との協力・連携

原研内での協力連携については、他部門と共同で研究を行う、又は他部門の施設を利用するという形で行われる。地の利を生かし原研としての成果を全体として高めるものであ

り、これを積極的に進める。具体的な協力連携の方針を策定するには、原研内での他の部署で行われている物質科学研究との違いを明らかにすることが先ず必要となる。すでに主要課題選定に当たっての基本的考え方は述べたが、別の視点で物質科学研究部の研究内容の特徴は次のようにも述べられる。即ち当該部の主要課題は、そのルーツをたどると①中性子核物理研究、②ウラン同位体分離研究、③耐放射線材料研究、④核燃料研究、⑤原子炉化学研究、という原子力研究の根幹にあった技術がある。これら原子力における物質科学のコアともいえる部分の革新を目指して設定された主要課題を、他分野で発達したナノテクノロジーや計算科学といった新手法を採り入れて遂行する。この点で、当該部の研究が原子力での物質科学研究の中核的な部分に位置するとの自負を持っている。この点から、先端基礎研究センター、高崎研究所、関西研究所での物質科学研究との考え方の違いは明らかであろう。那珂研究所や東海研究所のエネルギー・システム研究部、燃料サイクル安全工学部での材料・燃料の研究とは、基礎研究とより工学的研究の関係にある。一方、大強度陽子加速器計画等の進捗に対応して、原研全体を通しての協力・連携関係を系統的に見直し、組織の再編など新しい体制を整える必要が生じつつある。

協力・連携については積極的に進めるが、現在すでに具体化している例を以下に示す。

主要課題Ⅰ-1：ガンマ線・レーザー核分光による核構造研究

関西研究所光量子科学研究センター（共同研究）、大強度陽子加速器施設開発センター

主要課題Ⅰ-2：核物理手法による新分析法の開発

先端基礎研究センター、環境科学研究部、研究炉部（共同研究、施設利用）、

大強度陽子加速器施設開発センター

主要課題Ⅱ-1：同位体分離と同位体制御による物質創製研究

関西研究所光量子科学研究センター（共同研究、施設利用）

主要課題Ⅱ-2：三次元ナノ構造制御による新物質創製及び物性発現機構の解明

先端基礎研究センター、大洗研究所核熱利用研究部、関西研究所放射光科学研究センター（共同研究）

主要課題Ⅱ-3：高エネルギー照射場物質科学研究

エネルギー・システム研究部、那珂研究所核融合工学部（共同研究）、高崎研究所放射線高度利用センター、研究炉部（施設利用）、大強度陽子加速器施設開発センター

主要課題Ⅲ-1：f元素・重元素化学系の構造・反応制御研究

関西研究所放射光科学研究センター、計算科学研究センター（施設利用）、大強度陽子加速器施設開発センター、

主要課題Ⅲ-2：アクチノイド凝縮系の物性研究

大強度陽子加速器施設開発センター、エネルギー・システム研究部、関西研究所放射光科学研究センター（共同研究）、ホット試験室、安全試験部（施設利用）

主要課題Ⅳ-1：タンデム加速器系の運転・管理及びRNB加速器系の開発

先端基礎研究センター（共同研究、タンデムの利用）

(5) 外部機関との協力・連携

総合的推進方策で述べたように、外部との協力・連携も相手を精査した上で積極的に進め、それにより研究の質を高め研究成果の社会への還元を進める。外部機関との連携の中で特に大がかりなものは、タンデムでの RNB 加速器開発に関する高エネルギー加速器研究機構 (KEK) との連携があげられる。今後タンデムを共同利用施設とすることも視野に入れてその機能高度化を強力に進める。また産業界との連携はまだほとんど実現化していないが、今後さらに地域産業との連携を深めることも含め積極的に進める。場合により、原研の職員が産業界や大学等にある一定期間国内留学・出張するといった手法も取り入れる必要があると思われる。以下に現在すでに具体化している例を示す。

主要課題Ⅰ-1：ガンマ線・レーザー核分光による核構造研究

千葉工業大学、筑波大学、九州大学その他（タンデム協力研究、共同研究）、オークリッジ国立研究所、アルゴンヌ国立研究所、ローレンスバークレー国立研究所（日米核物理研究協力）

主要課題Ⅰ-2：核物理手法による新分析法の開発

東京大学、北海道大学、東京都立大学その他、国立歴史民俗博物館、高エネルギー加速器研究機構（協力研究、共同研究、施設利用）

主要課題Ⅱ-1：同位体分離と同位体制御による物質創製研究

石川県工業試験所（共同研究）

主要課題Ⅱ-2：三次元ナノ構造制御による新物質創製及び物性発現機構の解明

京都大学、東京大学、筑波大学その他、産業技術総合研究所、物質・材料研究機構（共同研究）

主要課題Ⅱ-3：高エネルギー照射場物質科学研究

岡山大学、九州大学、筑波大学、電力中央研究所（共同研究）、理化学研究所、高エネルギー加速器研究機構、ドイツ重イオン科学研究所、フランス大型重イオン加速器施設、オルセー研究所、オークリッジ国立研究所（施設利用、共同研究）、IEA 協力（CEA, FZK, NRG 等）

主要課題Ⅲ-1：f 元素・重元素化学系の構造・反応制御研究

茨城大学、高エネルギー加速器研究機構、アルゴンヌ国立研究所、ローレンスバークレー研究所、フランス原子力庁（共同研究、施設利用）

主要課題Ⅲ-2：アクチノイド凝縮系の物性研究

東北大学、北海道大学、名古屋大学その他、（協力研究、共同研究）

高エネルギー加速器研究機構（施設利用）、フランス原子力庁、オランダ NRG（研究協力協定）

主要課題Ⅳ-1：タンデム加速器系の運転・管理及び RNB 加速器系の開発

高エネルギー加速器研究機構（共同研究）

(6) 人材養成の施策

人材養成についての経過として、平成11年度以降現在までの当該部での貢献では、学生実習生2人・年、特別研究生38人・年、博士研究員21人・年、原子力研究交流制度5人・年、連携大学院学生3人・年を受け入れている。また、この期間に職員も含めて博士号取得者は8名であった。さらに連携大学院教授として、現在、当該部には東北大学（助教授1名）、茨城大学（教授2名、助教授1名）、筑波大学（教授1名）があり、大学での講義活動と担当する大学院学生の指導を行う一方、国際原子力総合技術センターでの教育活動には講師派遣により協力している。

今後の施策決定には以下の注意が必要である。原子力研究機関での新規職員の確保が今まで以上に困難になることが懸念される。一方、大学では原子炉や加速器など大型実験施設の保有が困難になり、それらが原子力研究機関へ集中することなどにより、大学での原子力科学教育が難しくなりつつあること、さらにその動きと連動して企業での原子力関係の優秀な人材の確保に困難が生じている状況がある。同じような事情が、原研でも近年生じていることに危惧の念を深めている。これらの状況に対処するためには、当該部としても今まで考えていた以上に、人材育成をミッションとしてとらえ直す必要がある。具体的には、学生、大学院生、企業からの人材さらには外国からの若手研究者を当該部の戦力として活用することを今後一層拡大するとともに、その教育に対してより大きな責任を持った対応が必要となる。連携大学院制度や、企業からの人材を受け入れる制度、外国人招聘制度をさらに拡充して、将来的には原研が大学院機能を持つことも必要となろう。

(7) 研究推進上の課題・問題点

技術系職員の減少とそれに伴うバックアップ体制の弱体化が進行しており、これが研究の効率的遂行の足かせになっている。実験に対する補助員不足という点にとどまらず、特に原子力施設の安全確保のために研究員が多大な時間と労力をさくことが余儀なくされ、これがますます深刻化している。別の問題としては、研究活動に関するソフト面での支援を改善することが望まれる。例えば限られた資金の中で、会議参加や実験参加等の機会をより多くの人へ与えるために、旅費等のより柔軟な運用が望まれる。昨今のコンピュータ化と情報公開に有効に対処するために、部のレベルで計算機システムの専門家を採用することを可能にして、システムソフトの更新やホームページの充実を進めることが望まれる。さらに、タンデム・ブースター加速器などの大型施設に対する海外からの利用希望に柔軟に答えられるような制度の整備が望まれる。また、従来成果の発表が研究論文を中心としたものであったが、今後特に産学官連携等を有効に進めるために必須である特許などの知的財産権に対する職員の意識をさらに高めることが必要であり、研究所全体として取り組むべき課題である。

(8) その他特筆すべき事項

新世紀を迎えるにあたり、さらに新原子力法人のスタートを控え、当該部での物質科学研究も新しいフェーズに入るべきであるとの考え方の下で以上の提案を行った。前世紀後半は、物質科学領域では原子力技術のスタートの半世紀であったと同時に、マイクロエレクトロニクスの飛躍的発展の半世紀であった。新しい世紀が、原子力科学技術の新たな飛躍的発展の世紀になることを追求する姿勢で、物質科学研究を遂行してゆく。

4. 事前評価結果

4.1 物質科学研究の全体概要に対する所見

原研の物質科学研究の中で重点的に進める課題を原子力ミッション的なものと基礎科学的なものの2つに区分して掲げ、それに基づき物質科学研究部の守備範囲をそれぞれの基礎的研究に置き、原研ならではの主要課題領域設定をしていることは大いに評価できる。多くの部門において着実に努力し、大きな成果が期待できるのは明らかである。今後、他機関と統合のうえ独立行政法人化、総合的原子力研究開発新法人に受け継がれても上記の区分、すなわち「①原子力技術の革新につながる政策的ニーズに沿った目標を掲げた体系的・総合的研究。②原子力研究でこれまでに培った資源を活かしたわが国の科学技術の向上につながる基礎的・先導的研究」と云う位置付けを見失うこと無く、ここに掲げられた各研究課題を中期目標・中期計画の中で継続して予定通り完了することを望む。さらに、原子力に関する中核的な総合研究機関としてのミッションを明確に認識しつつ、研究資源活用を阻害する硬直化、組織疲労、意志決定の曖昧さ等に対応できるように、独法化のメリットを十分に生かす方策を検討して欲しい。

別の観点として、原研における物質科学研究は、

- (1) 民間企業や他の研究所ではできないような非常に特殊で限られたもの、特に、原子核に関する独自の研究と外部へのサービスの部分
- (2) 外部の他の研究所でも行っている内容で、それらと協力と競争を行いながら、真に我が国の科学技術の向上につながる基礎的、先導的研究を行う部分

の両方からなりたっていることが必要と考える。これは、近年日本の原子力関連施設で発生している、社会的に注目されているトラブル（事故）は、原子力技術に直接関連していない様に見えるものの、その発生原因の殆どは複合的且つ相乗的なものであるが、物質・材料の基礎研究に関連するものがあると判断される。この様なトラブルを未然に警告・防止し、解決することは原子力の社会に対する受容性の拡大にきわめて重要である。原子力関連施設に使用されている物質・材料に対する複合効果を予測する、2つの区分のすき間をうめる、基礎的・先導的研究の推進も望まれる。また、独法での研究がともすればプロジェクト偏重となることを十分に踏まえて、研究機関のサバイバルに最も重要な基礎研究が適切な割合で遂行される体制、システムが必要である。

平成10年度総合的中間評価の研究開発課題評価報告書（平成10年11月）によると「原研全体をプロジェクトで整理した時に組み入れられないものを集めた印象があり、・・・い

くつかの問題点がある」とされており、その指摘に答える観点から「10人前後の中規模程度の課題を設定すること」ととされている。物質科学研究部だけを考えれば妥当なものと評価できるかも知れないが、原研内には関連した部署がいくつかあるので、その視点からは別のある方法もあるのではないか。即ち、物質科学部の成り立ちを考えれば、無理矢理プロジェクト化する必要はなく、原研のプロジェクトを支援する共通的な基盤整備の知識者集団として位置付けることも可能ではないか。縦割りではなく、横糸的な活動を課すことにより、物質科学研究部ばかりではなくプロジェクトにも必要なソフト面での基盤整備、知識の体系化も促進され、原研としての総合力を高めることになる。一物質科学研究部の問題ではなく全研究所としてシステムティックに検討する必要がある。

全般的な感想として、内部他部門あるいは国外を含む外部との連携促進に関する方策と人員の再配置、新人の採用と教育、シニアパワー（定年者、企業、大学などの経験者）、客員研究員（大学関係者、企業研究者、など）などの積極的な活用の制度創設等の方策が、十分に整備されているとは言い難いように感じた。

4.2 項目別評価の結果

基本方針、資源配分、原研内外との協力・連携、人材養成等の項目別評価を以下に示す。評価点は、各項目毎の評価点の総和を採点をした専門部会委員の数で割った平均値である。

(a) 研究開発の基本方針（評価点：4.3）

原研の「原子力の研究開発及び利用の促進に寄与する」という使命と、「原子力技術で培われた信頼性の高い要素技術等の他分野への展開を図る」という長期事業計画に沿った基本方針である。政策的ニーズに沿った目標を掲げての体系的・総合的な研究と我が国の科学技術向上につながる基礎的・先導的研究に分けて推進を図る計画は、全体として、限られた研究環境でよくテーマを設定し、努力している。両者の比率をどの程度にするかについては、基本的な検討がなされるべきである。

重点研究課題のカテゴリー②における具体的な研究テーマの原研で実施する理由づけを明確にしておくことが重要である。例えば、カテゴリー①のミッション的研究の推進過程で波及的に生まれた原研のオリジナリティーのあるものからすぐれたものを選択する等の基準が望まれる。また、研究者が個別に研究を進めると分散的になるが、成果の相乗効果をねらい、プロジェクト的に研究課題を設定されているのは有効な方法と判断される。しかし、それのみではプロジェクト終了後新たな展開が困難となる

ので研究者個人はそのキャリアに応じて、個別的なものを進められるよう配慮が望まれる。

平成10年度の中間評価での批判点である「問題意識の甘さが」本事前評価計画の中において、具体性が乏しい表現や、特許の少なさや企業との協力関係の少なさから見られる。それを解決するには、現在の人員だけからのテーマの発想ではなく、外部より新しい人材を導入し、新しい領域を開拓・組織するといった新しい取り組みが是非とも必要と考える。

主要課題領域IIの材料創製・固体物性の研究において、同位体の材料創製は、原研で行うのにぴったりのテーマであると考える。しかし、現有のレーザー技術だけの狭い領域で考えるのではなく、電磁的手法も取り入れ、超高純度同位体材料創製を大きなテーマとして捉え、全国の研究者を組織することの方が原研としての役割であろうと考える。

基本方針はしっかりと練られている。ただ、国際的位置づけから練られたものであるかどうかが読み取れなかった。国内外研究機関との交流や共同・協力研究については積極的に行ってほしい。産業界との交流・技術移転についても積極的に行うべきであるが、産業界との間には米国でも“死の谷”と言われるほどの深い間があいており、適切なコーディネートを要すであろう。ナノ科学振興などの国の施策への関わりが言及されていない。

各研究グループの人材を主要課題に活用する枠組み、及び主要課題の設定は妥当と考える。各課題のリーダには若手研究者を当て、人事的責任があるグループリーダとは違って研究推進に全力で当たってもらうような施策も検討すべきである。各課題の成果目標は基礎科学としての目標、応用・実用も視野に入れた目標に分かれるので、定量的なメリハリのある目標を宣言してほしい

(b) 資源配分（評価点：3.6）

研究経費は少ないと考える。主要課題領域IIではこの倍くらいあってもいいのではないか。人員配置にややアンバランスがあるように見受けられる。技術者の養成と増員、確保が必要である。原研でなければできない研究、原研でなければ持てない施設に関わる研究に十分な資源が割り当てられるようにすべきである。特に主要課題領域Iで技術者が0というのは問題ではないか。しかし、技術者のやる気が問題だ。II-3

のテーマに 17 名の人員配分があるのには偏りを感じる。グループ II の中だけでも人員移動を流動的に考え、限られた人員を有効に活用し、各研究課題の遂行に支障の無い様に検討することを望む。研究部門によっては配分されている職員数における博士取得者数が半分くらいしかないところがある。博士取得を奨励する必要があろう。研究担当者の学位取得割合が 75 % であるが、将来は 100 % に近づけるべきである。

加速器部門ではそれなりに人員の確保をする努力をしているとのことであったが、世界的にも貴重な研究施設なので、この面での制約のためにその性能を完全に生かしきれない、という事のないように注意しておく必要がある。また、RNB 加速器系は今後大きな発展が期待され、とりわけウラニウム・ターゲットを用いる実験は日本では原研でのみ可能であるので、そのような独創的な研究により大きな支援体制を組むべきである。

外部機関との協力、連携を強化するためには、技術者の人数が少なすぎると判断される。基本的考え方として「外部との連携及び種々の制度などの活用により人員の充実」を掲げているが、我が国の原子力の中核的な総合研究機関としては、外部からの研究者の数が少ない。外部との連携、外部からの研究者の受け入れなどは、制度と密接に関係しており一研究部にその責任があるとは思わないが、敢えて問題提起したい。外注の可能なものと、そうでないものがあるはずであり、すべてが外注できるものであれば、原研の存在意義が問われる。原研としての対策が必要である。原研内外との研究者のローテーションが行えるような外部研究機関との共同研究などを考えるべきである。

(C) 原研他部門との協力・連携（評価点：3.9）

研究者レベルでの他部門との協力・連携というよりも、研究領域の分担・棲み分け、補完・協力関係等について、原研全体としてのシステムティックな検討が十分とは言えない。これも一研究部の問題では必ずしもないと思うが、エネルギー・システム研究部、複合環境材料研究グループ、耐食材料研究グループ、先端基礎研究センター…関連部門との関係をさらに強化する努力は必要である。また、計画にないアングラ研究からどんどん実質的な協力関係が産まれていき、それが計画の中にいい意味で取り込まれていくことが可能な雰囲気とシステムが必要である。

今後原子力新法人として受け継がれた後も、原子力の基礎的研究を現在の物質科学

研究部が受け持つという気概を持ち、核燃料サイクル機構や原研内の各研究部との連携を保って有効に推進してほしい。

(d) 外部機関との協力・連携（評価点：3.5）

現実には産業界からの研究者の受け入れ、産業界との共同研究、産業界からの研究提案など、余り進んでいない。原研で培った先端の全ての技術をすぐに産業界に結び付けることにはかなりの無理がある。しかし、「主要課題Ⅱ-1、Ⅱ-2」のようなテーマは产学界でも興味を持って研究を始めており、大学や企業と連携を持てるように思う。このように協力できるテーマを選んで、大学や企業を巻き込み、指導を行うような立場での早急な研究開発が望まれる。また、産業界との連携は、デバイス等の競争の激しい領域においては不可欠である。原研全体としてシステムティックに検討すべき問題である。大学や企業の研究所から見れば、原研との協力には事務手続き的にバリアーが高い印象がある。また、実績も少ない。施設を利用させてやるとかではなく、対等の立場で協力するという姿勢で、原研の組織運営の改革が必要。外部から人を招き入れるだけでなく、原研の職員の身分で企業の研究所や大学の研究室に積極的に自ら出ていく（短期、長期）システムを作り、自ら原研という井戸の外にでるようすべきではないか。

外国との交流において、形式にとらわれないより効率的、柔軟で実質的な方向への改善の余地が多いにあり、それには制度的な問題が多いように見受けられた。研究計画の遂行にあたり、この点での改善がなされるかどうか十分に注意する必要がある。

加速器を用いた協力研究は、これまで通り是非積極的に推進してほしい。原研にしかない施設・設備の外部開放にもさらに努力してほしい。

(e) 人材養成の施策（評価点：3.1）

提案されている施策は非常に重要で今すぐにも取り組むべき事である。特に、物質科学研究所がこれまで養成してきた特別研究生、博士研究員の多くが、学会などで活躍されているのを知っているので、今後とも、増員をされることを希望する。これについては制度改革が絡んでおり、一物質科学研究所の問題ではないが、我が国唯一の原子力に関する基幹研究機関として、連携大学院制度の拡充など人材養成の施策にこれまで以上に積極的に取り組んでほしい。

原研で研究をすることを希望する人が多く出ることを誘導し、また、外部からの研究者の受け入れに対して、内部研究者にはインセンティブを付与する施策が必要である。現在の大学生の原子力離れ、物理学離れは、嘆かわしいものがあるが、それを解消するための方策が今一步と思われる。例えば、長期事業計画にあるように「原研への大学院機能、及び、学位授与機能の付加」についても継続的に検討がなされることを希望する。また、担当者の士気確保と言う点でも、もう一步突っ込んだ議論を行ってほしい。

大学では原子力関係の教育が皆無であり、学生も希望しない傾向にある。積極的に大学に働きかけ、集中講義など行うのを提言する。人材養成を原研のミッションとしてとらえるべきで、特に海外への派遣、外国人研究者の受け入れ（原研の特殊性から制限があるかもしれないが）を積極的に行ってほしい。

原研も新しい体制に変わっていくので、是非、原研職員の中から新しいタイプのリーダーが育つような人材養成も考えてほしい。そのようなリーダーには原研の従来の枠を越えたテーマを担当させる等の仕掛けを作ればよい。

4.3 主要課題に関する評価結果

主要課題領域 I 原子核科学の研究

(1) 主要課題 I -1 : ガンマ線・レーザー核分光による核構造研究

(イ) 目的・意義（評価点：4.4）

この課題で目指している中性子過剰原子核の構造は現在大変ホットなトピックで、世界の研究所でしのぎを削って研究しているテーマである。原研はそのような競争の中にあって、自らを磨き成果を挙げるべきである。また、この計画で求めようとしている核データは核変換研究などに必須のものでは非進めるべきである。また、不安定原子核ビームの発生は、望みの原子核を作りその性質を調べる、という点で「原子核の物性研究」という性格を持ち、原子核物理学がまさに文字どおり物質科学的側面を持つようになったと言える。その意味でも、また、研究が必要とする設備から言っても、原研の物質科学研究のフラッグシップ的存在である。アメリカ、ヨーロッパを中心に世界的に研究活動が高まっている分野なので十分に士気を高めて競争してほしい。

比較的研究成果になりやすい分野である「核構造のフロンティア研究」と研究と

しては成果になりにくいが、原子力に関する基幹研究機関としての重要なミッションである「核データの取得」とを採りあげており、極めて適切な目的設定と言える。原子核反応データを取得することは将来の原子力の有効利用に向けて重要なテーマであり、原研だから実施可能で、かつ必要な研究テーマと考える。地道な基礎データの集積を望む。プロトン照射による核分裂生成核種の分離データのみでなく、中性子照射による核データの取得も必要である。直接的な効果は見えにくいが、原子力物質科学のデータベースを構築するという大きな使命に適合している。アクチノイド試料について、例えば核変換のための核データについては、入手の困難な試料もあるので、組織的な対応が望まれる。（入手の容易なものだけではなく、入手の困難なものにも、対応していくべき。）海外の研究開発進展に遅れをとらない点が必要である。

(口) 研究展望及び達成目標（評価点：4.0）

研究活動も活発であり、研究展望と達成目標も妥当であり、期待できる。本テーマは、5年間を中間目標として長期目標に向けたステップと考えたい。5年間が終了した時点では次の目標の方向付けも決まっていると思われる。

成果の出口にどのようなありがたいことがあるのか、具体的に分かりやすく説明して行く必要がある。「中性子過剰核の構造理解」のためにも中性子照射による核データの取得を視野に入れて貰いたい。アクチノイドの核データについては、核変換のサイドからのニーズを踏まえているかどうかが不明。原研で他に担当する部署がないとすれば、核変換のサイドからのニーズについて検討すべき。

20年にも及ぶ長期目標の中で、研究者のモラールを高く維持できる中期目標の設定核種の優先順位を考えて推進してほしい。世界には多くの RI ビーム利用施設があるが、原研としてのオリジナリティーを出してほしい。

(ハ) 研究の進め方（評価点：3.9）

「核構造のフロンティア研究」と「核データの取得」とをバランス良く推進する方策を期待する。計画の膨大さに比較して、マンパワーが十分ではないような印象をもつ。外部委託や外部との共同研究開発を積極的に活用すべきである。原研の他部門・外国の取得データを有効活用して、効率の良い推進が望まれる。第1次評価

の質問に対しての回答に「安定核では未だ充分なデータがないので、当面は安定核の研究を続行します。不安定核施設ができてからは新たな不安定核ビーム利用技術を開発して、中性子過剰核の研究に移行します。」とあり、「充分な実験データを得て、核理論を発展させるというプロセスを考えると 20 年程度かかると思われます。」とあるが、この 5 年間で安定核のデータを先行して取得し、その後に不安定核のデータを取得しては如何か？

開発スケジュールは適当ではあるが、人材が十分でないのは否めない。外部の専門家との連携などにより、うまく具体的な詳細を設定して優れた成果を取りこぼさないような体制にしてほしい。どこに宝が埋まっているか分からないので、具体的な研究テーマ設定に当たっては、必ずしも安全策をとらなくてもいいような、研究管理・評価体制が望まれる。

(二) 予想される成果の波及効果（評価点：3.8）

本課題は波及効果を早急に求めること無く、長期目標に向けて地道な研究が望まれる。中期的な研究目標であるウラン核分裂片を含む不安定核の構造解明は、新型炉や核変換で必要とされるであろう核データの基盤的蓄積につながり波及効果はそれなりに大きい。核データについては、プロジェクト側からのニーズに答える面も必要である。

(2) 主要課題 I-2：核物理手法による新分析法の開発

(イ) 目的・意義（評価点：4.6）

原子力技術の社会への還元に有効な「放射線利用」として種々の分析手法の研究が行われている。原子力に関する中核的な総合研究機関としては重要であると評価したい。多重ガンマ線検出法によって、微量にして同時多種同定が可能なので社会、文化、産業面での意義は極めて大きい。また、原子力のイメージ改善にもつながる。高分解能、微量分析は広い分野で必要な汎用技術であり、一般社会に貢献するための利用し易さも含め検討してほしい。ただ、有意義な課題にしては、研究成果の発信や国際発表も少ない。様々な手段での成果の発信を期待する。

(口) 研究展望及び達成目標（評価点：4.3）

研究テーマとして達成の確率はかなり高いものがあると思うが、それらを社会貢献に有効に結び付けるまでには、利便性の面で、まだ一考が必要と思われる。

「平成18年3月までに多重ガンマ線検出効率を100倍向上、これにより放射化分析で最高 ppq オーダーの感度を達成する。パルス中性子ガンマ線分析では平成19年3月までに新分析法を開発し、10分オーダーの迅速性、全核種、全元素の同時定量を可能にする」と明確かつ意欲的である。他の分析方法による精度との比較を行い、定量分析としての地位を明確化することを希望する。

ガンマ線検出器以外のものも進めてほしい。また、ユーザの視点からの装置・手法を開発してほしい。さらに、勉強のために分析事業〔俗に言うビジネスモデル〕も検討してはどうか。

(ハ) 研究の進め方（評価点：3.9）

KENS、JRR-3でのテスト実験は適切である。研究スケジュールが装置、施設の完成に大きく依存するところがやや心配である。

大強度陽子加速器の順調な整備など条件が整って、研究開発スケジュールに沿って目的を達成することを期待する。本研究開発はプロジェクト的に進められるべきものである。ニーズの把握、シーズ技術の発掘と整理、知的財産権の創出と特許出願、実現企業への積極的働きかけなど、組織的に計画を練り直すべき。本分析手法を、一般への利用促進を視野に入れた改良を検討すると共に、产学研官協力して分析対象の選別や分析結果の信頼性の向上に努めることを望む。

(二) 予想される成果の波及効果（評価点：3.6）

重要な波及効果を必ずしも産業面にばかり求めるべきでない。考古学、古生物学、地質学、岩石学など多くの分野での進展が期待できる。潜在的には大きな波及効果が予想されるので、近年とみに悪化している原子力のイメージ向上のためにも積極的に使うべきである。

放射性廃棄物・廃炉措置等環境に対する評価はこれからますます厳しくなる一方であると考える。したがって、確固たる評価用分析基準が早急に必要となると思

われる。そのために、民間企業との連携も重要であり、その点での検討が足りない。

主要課題領域 II 材料創製・固体物性の研究

(3) 主要課題 II-1：同位体分離と同位体制御による物質創製研究

(イ) 目的・意義（評価点：4.1）

同位体の材料創製は、原研として最適の得意分野で、その技術を生かすには良いテーマであり、新素材としての社会への貢献も期待できる。従来原研で育んできた分子法によるレーザー同位体分離技術を生かして、安価で大量濃縮可能な技術を開発することに主眼があるので、他の濃縮法と常に比較しながら研究を進めてほしい。

産業界が軽元素同位体の濃縮法を期待しているのであれば、技術移転が容易なようにある段階からは共同研究とすべきである。しかし、現有のレーザー技術だけの狭い領域で考えるのではなく、電磁的手法（まだ完成された技術ではない）も取り入れ、超高純度同位体材料創製をもっと大きなテーマとして捉え、全国の研究者を組織することの方が原研としての役割に相応しい。同位体分離技術の継承・進展は原研として重要であるが、他の機関も研究しているということであり、シリコン同位体への適用は必然性が弱い。むしろ原子力分野からの他の直接的なニーズに答える方が重要である。

(ロ) 研究展望及び達成目標（評価点：4.1）

独自技術を基礎として、軽元素同位体の大量濃縮、分離を目指しており評価できる。今までの研究活動は活発であり、研究展望と達成目標も妥当である。Si 同位体を用いた 3 次元ナノ物質創製のテーマは、次の「II-2」のテーマと関連しており、早急の開発が必要と思われる。

同位体分離技術に関する展望と目標は理解できるが、同位体材料制御の展望と目標が明確ではないので、より詳細な検討が必要である。本課題の最終目標が産業化なのか分離技術の科学的関心なのかによって選択する物質が違ってくる。産業となるまでにこの技術を是非高めてほしい。そのためにはコストと同位体を用いることの効果を実際に他の方法と十分に比較して、どの程度の優位性があるのか慎重に見定める必要がある。

(ハ) 研究の進め方 (評価点: 3.5)

本テーマの進捗は、次の「II-2」のテーマに大きく影響を与えることと思われる。連携を保ちつつこれら2テーマが早急に推進されることを期待する。Si同位体の熱伝導性の問題はCPUを含む電子部品にとっては、重要な課題であり、早急なる研究開発が求めらる。Si同位体分離技術と酸素同位体分離・炭素同位体分離のための基礎的研究を行うとあり、これらテーマ間の人的・日程的バランスが重要と思われる。開発手法は原研の強み技術を活かすように選択してほしい。3次元ナノ半導体の研究は回路を作ることから、外部の研究機関と共同で進めることになるであろうが、実用化の観点からは熱中性子に当てて製造するのは現実的ではないよう思ふ。あくまでも素材（薄膜作製用材料、医療診断用材料）を開発することになるのではないか。上記の「目的・意義」でコメントしたように、ここでも他の濃縮法との比較をしながら開発研究を進め、各段階で技術としての優位性の有無を厳密に評価する必要がある。また、民間企業との連携を図る必要がある。

(二) 予想される成果の波及効果 (評価点: 3.8)

同位体制御の材料開発は21世紀の新しいテーマであり、新しい産業の創製につながる可能性がある。本研究テーマの完成に伴い工業材料としての利用が企画された場合、実験室規模での供給ではおぼつか無いように思われる。実際の工業化を行う時の可能性も含めた検討を並行して進められることを希望する。大量シリコン同位体分離技術の開発が大化けし、新産業が創出されることを強く期待する。少量でも有用な応用をすでに考えているので、その方向で進めてほしい。

(4) 主要課題 II-2 : 三次元ナノ構造制御による新物質創製及び物性発現機構の解明

(イ) 目的・意義 (評価点: 4.0)

長期事業計画にも記されているように、「日本原子力研究所がこれまで培ってきた原子分子レベルでのコントロールを用いた物質創製技術」に基づき開発を行った新システムによるテーマ立案だと思われる。特に、原子力材料の基礎研究で得られた成果の中から提案されたものあり、十分にチャレンジングなものである。原子力

材料開発の社会への還元という立場（特許取得等）で大いに研究を進めてもらいたい。ナノテクノロジー開発に欠かせない3次元ナノ構造解析と制御技術は、新物質創世技術として注目されている。これまでの原子力材料の研究で培われた薄膜作製技術、粒子線照射技術、材料評価技術を21世紀の新材料創製に応用し、新しい道を開拓されようとの目的は理解できる。

シリサイド系環境半導体の研究は上記の1つである。現在、勃興期であり、研究者が増加しているが、拠点となる研究機関がまだない。原研が研究拠点となりうれば、存在価値は大きい。対象物質の F_2Si や MgB_2 は、新しい機能材料として注目されて、テーマ自体は興味深いが、それぞれの関連性が明確でない。

原研でしかできないことを期待するという観点から考えれば、原研の有限な人的及び物的資源の中で、外部には有力な競争相手が多くいるこの分野を敢えて攻めなければならない意義が明確でなく、原研で行うことの必然性は弱い。

本テーマはまさに外部の研究機関でも活発にやっている幅広い新分野である。直接原子力と関係ないのではないかという議論もあるが、この研究グループからは次の研究テーマの芽が産まれる可能性が大きく、自由な発想を許すマネージメントが必要である。

(口) 研究展望及び達成目標（評価点：3.6）

目的は理解できるが、その意義を考えるとき、原研のもつ技術の強みが本当に活かされる対象なのか、また、大型設備を用いての材料創製は将来性があるのかなど不確定な点が多く残されている。

P, N 型単結晶薄膜、 P/N 接合半導体、光受・発光素子の開発などを目指しているが、広い目で見たとき、このような研究課題を担う研究機関として最適な研究所が必ずしも原研であるとは言えない。目的に対し、達成目標がシリサイド系半導体以外は具体性に乏しい。シリサイド系環境半導体等の基本素子の開発をめざすのなら、その方面的経験を有する人材を投入することを提言する。特許の申請を積極的に進めるべきである。

(ハ) 研究の進め方（評価点：3.4）

原研内外の研究者と協力し、研究を分担しつつ研究を総合的に実施する考えを評

価したい。異種物質結合法と新機能性材料の創製のテーマでは、素子として出口をはっきりさせ、実用化可能かどうかの見極めを一つでも早めに出した方がいい。外部との競争に勝てる展望をまず確立させるべきである。

「原子層非破壊深さ分布解析手法」や、「サブナノ電子プローブを利用したナノ領域解析手法」の開発は原子力材料研究を進める上で非常に重要な要素である。これら分析手法を有機的に利用しての研究開発が望まれる。 FeSi_2 については社会ニーズを考えるとタイムスケジュールが遅い様に思われる。本テーマに関する人的配分が4名あるが、もっと短期間に結果を求めるためにも人員を含め、資源を集中する必要を感じる。また、本テーマを机上の理論だけとしないためにも、产学との強固で有効な連携を持って推進することを希望する。素子化を開発の目的とするのであれば、民間企業との連携は不可欠であり、上記のように不確定な点も多いので、チェックポイントを明確にし、研究の方向を見直すことを要める。

(二) 予想される成果の波及効果（評価点：3.5）

物質科学部が重点項目として推進しようとする二つの設定の内、②番目の「これまで培った資源を活かしたわが国の科学技術の向上につながる基礎的・先導的研究を行う」という目的に最も近く、社会への貢献の可能性も大きいと思われる。原子力の総合的中核研究機関の研究テーマとして「ナノテクノロジー」が取り上げられること自体が、今後の原研のあり方に波及効果を及ぼすのではないか。新材料創製に加えて、原研としての原子力材料評価技術も維持しなければならないと考える。そのため、課題の対象が変わっても重要な評価技術は残してほしい。

(5) 主要課題II-3：高エネルギー照射場物質科学研究

(イ) 目的・意義（評価点：4.6）

妥当と思われる。原研が有する粒子ビームなどのユニークな大型研究施設を利用した基礎研究を遂行するとの基本的な考え方は原研ならではのものであり評価できる。この種の研究課題は、原子力開発に必須であるので、本来の目標を見失うことなく進めてほしい。原子力材料・燃料の耐照射性評価、健全性向上はそれだけでも重要なテーマである。その構造・物性の変化を集中的な実験により系統的に明らかにすることに注力した方が良いのではないか。

高エネルギー照射による物質研究として、有機金属などはもっと注目されても良いと思われる。照射効果の解明、データベースの整備という視点からの系統的な研究の一環として、期待したい。照射効果については、プロジェクトにも関係しているので、原研全体としての戦略が必要である。原子力材料の研究において中性子による照射損傷を重点的に取り扱うことも考えて貰いたい。

(口) 研究展望及び達成目標 (評価点 : 4.1)

ご提案の電子励起プロセッシングは広範囲な応用が期待され、これを種々の材料に適用することを目指しており、興味深い。電子励起プロセッシングによる新材料創製としての具体的目標が明確でないならば、「高エネルギー粒子が物質に与える高密度励起状態とそれが原子配列変化を伴いながら緩和する過程の解明」に注力すべきではないか。もう少しテーマがしぶりこまれるべきであるように見受けられる。1次評価に対する回答書に多くのアイデアと実績が書かれているが、これらは特許としてすでに出すべきものである。確かに実用化には照射面積が小さいとか、照射場所の制御が困難とかで難しい点があるが、原理の確認を行うだけでもいいから、将来に向けた特許など知的財産の確保をしておかないと、研究のための研究だけに終わる危惧がある。意識の改革が必要である。すでに実証された超伝導体の磁束ピン止めに関して、実用化できない理由・問題点など整理して、常に説明できる状況にしておく必要がある。プロジェクトサイドとも良く連携して、そのニーズを踏まえることを期待する。戦略を持った serendipity の研究目標を立ててほしい。

(ハ) 研究の進め方 (評価点 : 3.8)

高エネルギー照射は、原研が最も得意とする分野であり、各国の多くの研究設備を利用され、活発に研究を行っていることは明らかであり、今後も継続して積極的な研究を行ってほしい。外部機関との積極的な交流も精力的に進められている。また、電子励起プロセッシングの応用について、前のII-2のテーマと関連しており、協力体制を構築しては如何か。いずれにしても、原研としての統一的な戦略のもとに、系統的な研究が進められることを期待する。もし掘り出し物の成果が見つかった場合、それをどのような場所で、また安価な装置で実用化するかという検討もしておく必要がある。

(二) 予想される成果の波及効果（評価点：3.6）

他の研究機関ではなし難い研究分野なので新たな材料創製に繋げられれば画期的な波及効果を期待できる。照射による物質の変化過程を明らかにし、原子力材料の開発に寄与する基盤研究と位置づける。

この研究が電子材料などの創製につながるには、大型装置を使わねばならないなどの制限があり、かなり困難と考える。機能性材料分野での材料創製の可能性は無いことはないが、かなり難しいことだと思う。産業界へは、基礎的なデータの提供という形で貢献すれば良いのではないか。

機能性材料分野での材料創製について、材料に関しては、原子力材料や燃料の耐照射性評価・健全性向上に目を向けた研究を中心に遂行しては如何か。電子励起プロセッシングの波及効果は大きいと思われるが、電子デバイス分野への影響を期待するのであれば、民間企業との連携を図る必要がある。照射損傷の研究では、電中研や原子炉の部門と積極的に協力することで成果が得られるものと思われる。しかし、それ以外のここで主として取り上げる範囲のテーマの波及効果は現段階ではまだ未知数である。

主要課題領域 III アクチノイド・重元素科学の研究

(6) 主要課題III-1 : f 元素・重元素化学系の構造・反応制御研究

(イ) 目的・意義（評価点：4.5）

原子力に関する中核的研究機関である原研の優位性が發揮できる研究課題であり、重大な意義を持ち原研がやらなければならない研究である。実験と理論のバランスをとりながら目的を良く設定している。アクチノイドの研究は、どこでも行えるというものではないので、国を代表する機関としての戦略が必要である。基礎的な意義ばかりでなく、核変換や加速器駆動炉などとの関連で今後重要度が増すと考えられる。原子力新法人となった時の役割分担を今から明確に打ち出しておく必要がある。例えば、応用に関しては核燃料サイクル機構で、現在の原研（物質科学部）は基礎に重点を置いた形でというように。

f 元素の解明、データベースの整備という視点からの系統的な研究の一環として、期待したい。

(口) 研究展望及び達成目標（評価点：4.4）

研究の世界的な位置づけもよく、また、達成目標も具体的で妥当である。次世代分離技術としての抽出剤 ARTIST は f 元素に有効な抽出剤 TODGA を元にして考えられ、理論的にも目処が立っているとのこと、期待できる。プロジェクトサイドとも良く連携して、そのニーズを踏まえることを期待する。

(ハ) 研究の進め方（評価点：4.1）

実験、理論解析、応用のバランスが取れている。構造解析・理論計算化学・反応制御等の研究を強力に押し進め、技術の基礎・基盤を一步一步確立して行くことが必要である。アクチノイドを扱っている原研の他部門及び他研究機関との協調を考えてほしい。原研としての統一的な戦略のもとに、系統的な研究が進められることを期待する。開発スケジュールに SPring-8などの施設利用も含んでいると思われる所以表記してほしい。NMR 法なども導入すると溶液試料の立体構造解析を目指すことができる。

(二) 予想される成果の波及効果（評価点：3.7）

波及効果については、色々と考えがあり、積極的で良い。しかしながら、様々な研究領域への展開が考えられるのは極めて重要であるが、核燃料サイクル分野、廃棄物処理への本技術の波及効果が第一であり、医療技術や環境科学が主題ではないことは明確に認識しておく必要がある。学会発表や、論文発表を行うことで社会に貢献する方法もある。

(7) 主要課題III-2：アクチノイド凝縮系の物性研究

(イ) 目的・意義（評価点：4.3）

原研は国内で唯一マクロ量の超ウラン元素 (TRU) を扱える研究機関である。その重要性と責任を考え今回のテーマが立案されている。原子力に関する中核的研究機関である原研の優位性が發揮できる研究課題であり、目的や意義の設定に関しては評価できる。成果を期待したい。アクチノイドの研究は、国内では原研でしか成し得ない研究であるので世界を先導するものであってほしい、また、国を代表する機関としての

戦略が必要である。† 元素の解明、データベースの整備という視点からの系統的な研究の一環として期待したい。

(口) 研究展望及び達成目標（評価点：4.3）

機関運営評価報告書（平成10年度）に分離・核変換技術開発では世界有数レベルの成果を上げているとの報告もあり、心強く思う。「5年計画で取り扱いの難しい超プルトニウム元素についての研究を本格的に立ち上げる」とされているが、順調に研究成果が発信されることを期待する。研究活動は活発であり、また、超プルトニウム元素の研究に取り組む意欲が感じられる。

(ハ) 研究の進め方（評価点：3.9）

長期事業計画にも「原子力を人類の更なる英知を持って社会が受容できるよう安全に制御、管理しつつ、長期的なエネルギーの安定供給して行けるように計らなければならない」とあり、このためにも、分離変換技術・核燃料サイクルに関する原子力技術の基礎を早急に確立し将来に備えてほしい。 Am 、 Cm の研究については、施設と関連するスケジュールが読み取れない。データベースを作るような長期間の研究になり、その間の研究者のモチベーションをどのようにして高く維持するかをよく考えてほしい。原研としての統一的な戦略のもとに、系統的な研究が進められることを期待する。

(二) 予想される成果の波及効果（評価点：3.8）

波及効果はあまり考えられないとのことだが、本テーマは産業界における波及効果を考える必要はない。原研が成すべき基盤的な研究である。波及効果を意識するよりも、乾式再処理技術や核燃料サイクルの基礎の構築に専念した研究やデータベースの作成という形で貢献すれば良い。研究対象の難しさから、基礎的研究が中心にならざるを得ないことは理解できる。しかし、計算技術などの波及効果を具体的に示してほしい。

主要課題領域 IV 加速器の運転・管理及びRNB 加速器系の開発

(8) 主要課題IV-1：タンデム加速器系の運転・管理及びRNB 加速器系の開発

(イ) 目的・意義（評価点：4.4）

タンデム加速器の安定的な運転は、そのような加速器は日本には他ではなく、世界的にも数が少ない貴重なものなので、原研の極めて重要な責務である。また、RNB 加速器系の開発は、世界的に独特の地位を占める重要なもので、原研が世界に大きく貢献できる機会を与えるので、是非進めるべきである。

タンデム加速器系の運転・管理と RNB 加速器系の開発を同列に置くことは難しいが、本装置のような場合、単にその装置の日常のメンテナンスを行い、何時でも使用できるようにしておくことだけではなく、常に最新の状態、最高の性能に改良しなければ装置が陳腐化してしまうと思われる。そのような意味で本課題のテーマ化は必要と思う。確かに運転管理業務と加速器系の開発共に重要であり、強力に進めて欲しい。しかし、この両者がこんがらがった記述になっており、ここに本質的な問題はないか。

運転管理業務を正当に評価できるシステムはあるか、問題として提起したい。本課題は技術者の養成、マネージメント、人事評価、技術の伝承、新規加速器産業の創製という問題を総合的に考えながら計画を立てる必要がある。示された人員構成からすると、技術員を統率するマネージャーが不在との印象をもった。効率的な装置運転と、原研内外からの装置利用要請を公平に判断できる運営能力をもつシステムが必要である。原研の有する実験施設・設備については、共同利用への開放を期待する声も多い。本施設のように外部利用が進んでいる施設については、特に共同利用の体制を整えることが望まれる。

(ロ) 研究展望及び達成目標（評価点：4.1）

RNB 加速器系に関しては、世界的な競争の観点から、予算面での制約もあるであろうが、1年でも早く完成することが望まれる。タンデム加速器の安定的な運転も科学・工学の多くの分野に関わる極めて重要な責務である。長期目標、中期目標とも明確であり、問題ない。多種類の RI ビームの発生が重要である。RNB 加速器系の開発を研究課題としているのであれば、研究成果の公表が少ない。成果を特許という形ででも出してゆく必要がある。ただし、非常に大きな予算を使うものであり、外部からの共同利用がやりやすいシステムを、いち早く作ることが必要である。（株）イオン工学セン

ターのように、高額の利用料をとって使わせるようなシステムはとるべきではない。そのようにすれば、利用者が減り、結局、共同利用のシステムは失敗するであろう。企業による開発目的の利用であっても積極的に協力すべきである。過去5年間の利用実績を見ても、約200日／年70%が外部共同利用者とあり、また、用途別でもかなりの広範囲での利用となっているようである。これを今後も継続させ、より一層有効利用するためには人的資源の増強も検討に入れて考慮することが望ましい。重イオン化学研究の支援・利用の国際化や共同研究の推進を図ってほしい。

(ハ) 研究の進め方（評価点：4.0）

原子力新法人化して、より一層利用者が増した時の管理体制も十分に検討しておかなければ、施設の有効利用はおぼつかない。質問に対する回答書にもあるように技術者の外注化では技術の継承や先端施設建設に関する問題がある。原研との協力・共同研究以外に外部ユーザーへの解放がほとんど考慮されていないよう思われる。今後、各研究グループのテーマと直接関係ない提案等が、各方面から提出される可能性もあり、組織がそのようなシステムに対応できないというのではなく、それらの提案を実行するための窓口を開いて置く必要があると思う。装置の開発、維持の中で特許など知的財産を確保する意識改革が必要である。技術の伝承のため、若年の人材の育成を大きな柱にしてもらいたい。

(二) 予想される成果の波及効果（評価点：4.1）

この種のRNB加速器が運転されれば、その波及効果ははかりしれない。不安定核ビームは基礎学術的な価値は当然として、実際には様々なに利用できる。RNB加速器の開発による研究テーマの拡大は様々な分野の研究を刺激しその波及効果は大きい。

世界最高級の性能を持つタンデム型静電加速器による協力・共同研究の推進は、学会及び産業界に様々な波及効果を及ぼす可能性がある。そのためにはより外部研究者が利用しやすい方策を検討する必要がある。日本における重イオン科学研究中心として産学官と連携した一大施設となると思われる。そこからのデータを期待したい。

4.4 その他全般的な所見

国の基幹産業の健全な発展を維持するためには、それを支える基礎研究が不可欠である

ことは、万人の認めるところである。原研は、原子力産業の基盤となる原子力の基礎研究を分担する最も大きい中枢研究所の一つであり、その役割を持続的に果たすため、今後研究推進のみならず、人材育成に積極的に関与する必要があるとの観点で研究計画が立案されている事に敬意を表したい。この二つの課題を同時に達成するためには、高等教育と基礎研究を分担している機関との積極的な人的交流が不可欠であると指摘されている。これを実現するには、原研と大学等の外部機関との間に人事交流により研究者・技術者の移動が生じても、新たな人材の受け入れ、直ちに新しい目標に向けて出発できるシステムの構築等が望まれる。その条件の一つとして、研究者・技術者・それを支える事務官の配置のバランスが求められる。その観点では、研究者数に比べ技術者の割合が極めて少ないとと思われる。研究支援体制の強化については、外注の方法も考えているとのことであったが、原研としての抜本的な対策が望まれる。例えば、民間の研究所の支援業務担当実務者及び管理者経験者を迎え入れ、徹底的なサービス向上と効率化を図ってはどうか。支出費用や時間のコスト意識をもつことが重要である。

また、人材育成に関しては、原研と大学との相互の人事交流が望まれると共に、教育に関する新しい、且つ強力な連携システムの構築が望まれる。例えば、ドイツでは、マックス・プランク研究所や国立研究所の研究者が大学の教官ポストを兼務している。これは、単なる一例であるが、わが国の21世紀の科学技術の発展のために、統一的な連携システムの構築の提案が望まれる。

外に開かれた研究体制の整備が益々必要であると思われる。ここで「外に開かれた」とは二重の意味を持つ。一つは外部の研究者が原研の施設を生かして研究を展開できる事を指す。その方向では、例えば、オープンラボラトリのようなものがあると、それ自身大きな成果を出せるし、原研固有の研究者にもいい刺激になるであろう。また、それにより大学院学生などの外部の若手研究者が原研に接する機会が増える。

「外に開かれた」という言葉の2番目の意味は原研の研究者がもっと外の世界にさらされている、という意味である。国際的な意味合いも含めて、原研の研究者はもっと外界で揉まれなければならない。国際的な面では、結局はうまく保護されている協定による派遣などばかりではなく、一人で論争しに国際会議に乗り込んでいくような機会があれば、それを積極的に支援する体制を整えるべきである。そのような切磋琢磨のみが世界水準の研究者を育っていくので、指導者層を育成するためには必要な仕組みである。そうでないと、外部から指導者層を招聘しなければ、機関どうし、組織どうしの熾烈な競争には勝てなく

なる。

ユニークな研究設備の管理運転を担当している加速器管理室に最も関係があるかと思われるが、外部利用、協力・共同研究などに対して、原研全体としてこれを促進する方策の整備にさらに一層努力してほしい。また、成果の発信に対してもっと積極的であって欲しい。特に、知的財産権に対する原研としての基本的な考え方が必ずしも明確に示されていないのは問題である。

原研での物質科学研究部の位置付け、そして各テーマの内容も明確となった。どのテーマも非常に重要な内容を含み、また、非常に高い目標であると考える。これらテーマ計画を忠実に実行して、原研における長期的視野に立った物質科学関連の研究の中核となることを期待する。また、長期事業計画にもあるように、「原子力技術で培われた信頼性の高い要素技術等の他分野への展開を図る。」ことも切に希望する。

研究課題の論議だけでなく、研究開発の進め方の基本的な問題点として、

- (1) 特許など知的財産の創出と確保が研究計画時に十分に考慮されていない。
- (2) 研究開発を外部及び非専門家にももっと分かりやすく説明する努力が不足、
- (3) プロジェクト的研究開発の場合、成果の出口が明確でない、中間チェックを導入する年次計画が不十分である。

提言として、

- (1) 研究テーマの評価議論だけでなく、中途採用など人事採用・人員再配置、人事評価・技術者養成システム、予算配分システム、物品購入システム、旅費制度などの改革、所内外との共同研究のシステムなど運営上のさまざまなシステム改革が必要である。
- (2) 共同研究の新方式の1つとして、原研の職員が装置をもって、ある一定期間、大学や独立行政法人、あるいは、企業の研究所にプロジェクト遂行のために参加することを提言する。外部派遣すると、外部の新鮮なカルチャーを持ち帰ってくれる。原研のリーダーはそれら外部派遣研究員をバックアップすることで、全体のプロジェクトを効果的に進めることができ、また、ひとりよがりの研究にならないようにすることができる。
- (3) 独自の判断で目標設定ができる部長に大きな権限（人事、予算、業務命令など）を与える、数年間任せるように制度を変革してはどうか。
- (4) マンパワーを増強する意味で、シニアパワー（定年者、企業、大学などでの経験者）、客員研究員（大学関係者、企業研究者、など）などの積極的な活用の制度創設。

などをあげたい。

率直にいえば、やはり研究論文の多さが競われているのではないかと思う。華やかな研究論文を書くことは研究者の望むところであるが、原研の任務はそれだけではない。例えば、開発のためのデータベースや規制のバックデータについては、研究論文にはならないことの方が多いのではないか。これらについては、他の部署で適切に配慮されているということであれば良いのであるが、そうとばかりは言えないようである。従って、この点については、単に物質科学部だけではなく、原研全体の観点から検討すべきではないか。研究論文ばかりが尊重され、規制のバックデータなどについては海外に依存するというようなことでは、フロントランナーとは言えない。

研究支援の体制が不十分ということについては、大学を含めて他の機関にも共通する課題と考えられるが、代表的な研究機関としての原研に対しては、より抜本的な対策を望みたい。

原研がこれまで蓄積してきた技術を新しい分野（例えばバイオ、ナノテクなど）に展開しようとしており、物質科学部がそれに取り組もうとしていることは理解できた。原子力の分野では、原研が他の機関をリードできる立場にあるが、これらの新分野は他者との競争が激しく、研究環境の変化も急で、具体的な応用も問われる分野でもある。そのため、原子力の研究とは違って、短期間で中間成果を上げ、世の中にアピールしなければならないと思う。研究目標と計画をしっかりと立てるよう要望する。

技術系職員については業績評価を適切に行うシステムを構築し、技術力の保持と向上を図ってほしい。場合によっては若返りのため任期制の導入も検討すべきである。

別表 物質科学研究専門部会評価結果（評価点）一覧

物質科学研究所の研究開発課題（評価点は専門部会各委員の採点の平均値を示す。）

項目別評価	項目	評価点
(a)研究開発の基本方針	(b)資源配分	4.3
	(c)原研他部門との協力・連携	3.6
	(d)外部機関との協力連携	3.9
	(e)人材養成の施策	3.5
		3.1
研究開発課題領域 I	(イ)目的・意義 (ロ)研究展望及び達成目標 (ハ)研究の進め方 (二)予想される成果の波及効果	4.4
		4.0
		3.9
		3.8
	(イ)目的・意義 (ロ)研究展望及び達成目標 (ハ)研究の進め方 (二)予想される成果の波及効果	4.6
		4.3
		3.9
		3.6
	(イ)目的・意義 (ロ)研究展望及び達成目標 (ハ)研究の進め方 (二)予想される成果の波及効果	4.1
		4.1
		3.5
		3.8
研究開発課題領域 II	(イ)目的・意義 (ロ)研究展望及び達成目標 (ハ)研究の進め方 (二)予想される成果の波及効果	4.0
		3.6
		3.4
		3.5
	(イ)目的・意義 (ロ)研究展望及び達成目標 (ハ)研究の進め方 (二)予想される成果の波及効果	4.6
		4.1
		3.8
		3.6

(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)。

別表 物質科学研究専門部会評価結果（評価点）一覧

物質科学研究部の研究開発課題（評価点は専門部会各委員の採点の平均値を示す。）

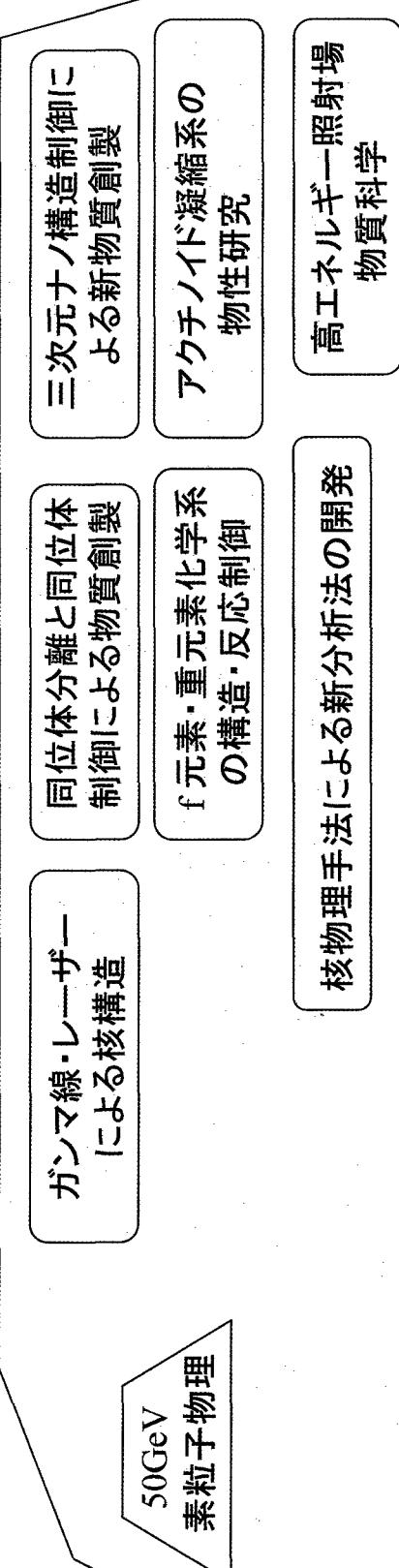
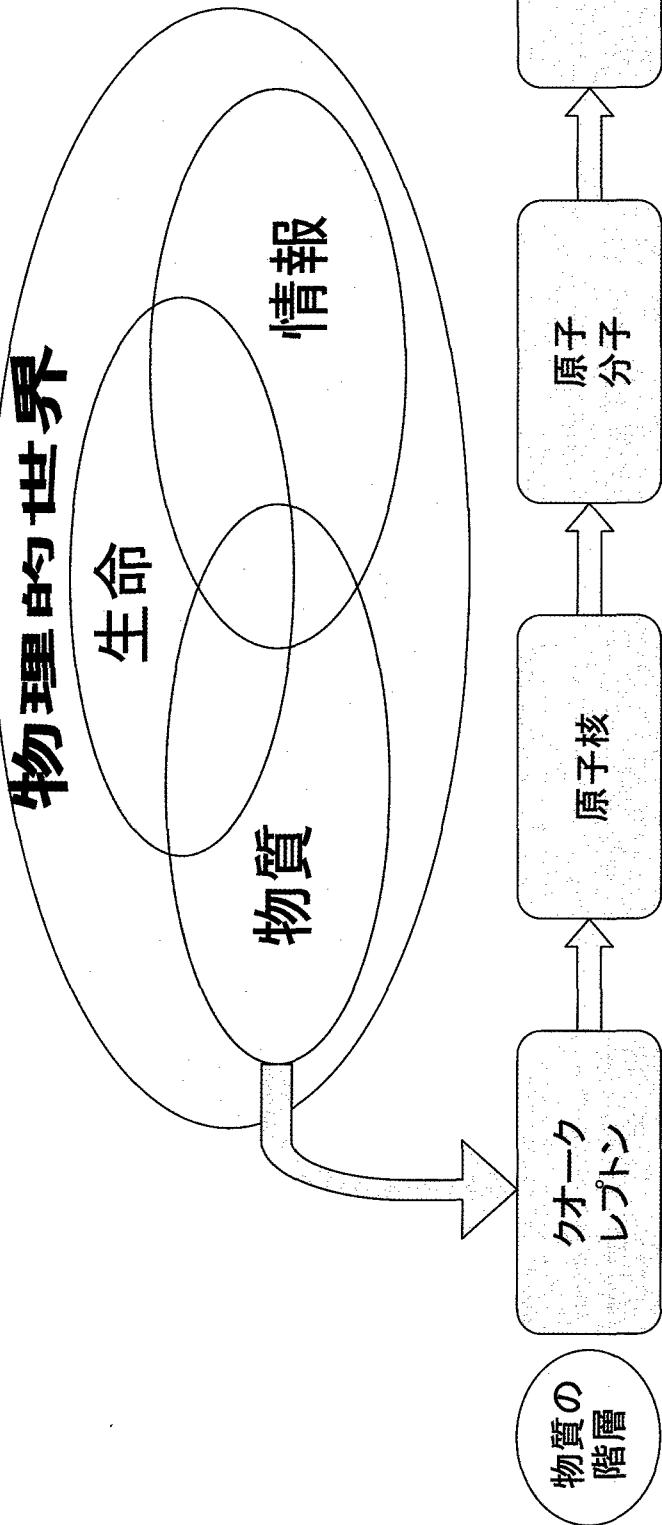
項目			評価点
研究開発課題領域 I	主要課題領域 I	(イ)目的・意義	4.5
		(ロ)研究展望及び達成目標	4.4
		(ハ)研究の進め方	4.1
		(二)予想される成果の波及効果	3.7
	主要課題領域 II	(イ)目的・意義	4.3
		(ロ)研究展望及び達成目標	4.3
		(ハ)研究の進め方	3.9
		(二)予想される成果の波及効果	3.8
主要課題領域 III	主要課題領域 IV	(イ)目的・意義	4.4
		(ロ)研究展望及び達成目標	4.1
		(ハ)研究の進め方	4.0
		(二)予想される成果の波及効果	4.1

(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)。

参考資料 物質科学研究部の研究開発課題（事前評価）説明用OHP資料からの抜粋

1. 物質科学研究部の主要課題
2. 主要課題領域 I : 原子核科学の研究
3. 目的・意義 : 主要課題 I-1 (ガンマ線・レーザー核分光による核構造の研究)
4. 達成目標 : 主要課題 I-1
5. 実績と手法の妥当性 : 主要課題 I-1
6. 目的・意義 : 主要課題 I-2 (核物理手法による新分析法の開発)
7. 達成目標 : 主要課題 I-2
8. 実績と手法の妥当性 : 主要課題 I-2
9. 主要課題領域 II : 材料創製・固体物性の研究
10. 目的・意義 : 主要課題 II-1 (同位体分離と同位体制御による物質創製研究)
11. 達成目標 : 主要課題 II-1
12. 実績と手法の妥当性 : 主要課題 II-1
13. 目的・意義 : 主要課題 II-2 (三次元ナノ構造制御による新物質創製と物性発現機構の解明)
14. 達成目標 : 主要課題 II-2
15. 実績と手法の妥当性 : 主要課題 II-2
16. 目的・意義 : 主要課題 II-3 (高エネルギー照射場物質科学研究)
17. 達成目標 : 主要課題 II-3
18. 実績と手法の妥当性 : 主要課題 II-3
19. 主要課題領域 III : アクチノイド・重元素科学の研究
20. 目的・意義 : 主要課題 III-1 (f 元素・重元素化学系の構造・反応制御研究)
21. 達成目標 : 主要課題 III-1
22. 実績と手法の妥当性 : 主要課題 III-1
23. 目的・意義 : 主要課題 III-2 (アクチノイド凝縮系の物性研究)
24. 達成目標 : 主要課題 III-2
25. 実績と手法の妥当性 : 主要課題 III-2
26. 主要課題領域 IV : 加速器の運転・管理及び RNB 加速器系の開発
27. 目的・意義 : 主要課題 IV-1 (タンデム加速器系の運転・管理及び RNB 加速器系の開発)
28. 達成目標 : 主要課題 IV-1
29. 実績と手法の妥当性 : 主要課題 IV-1

物質科学研究部の主要課題



原子力における物質科学研究

主要課題領域I: 原子核科学の研究

主要課題

1. ガンマ線・レーザー核分光による核構造の研究
2. 核物理手法による新分析法の開発

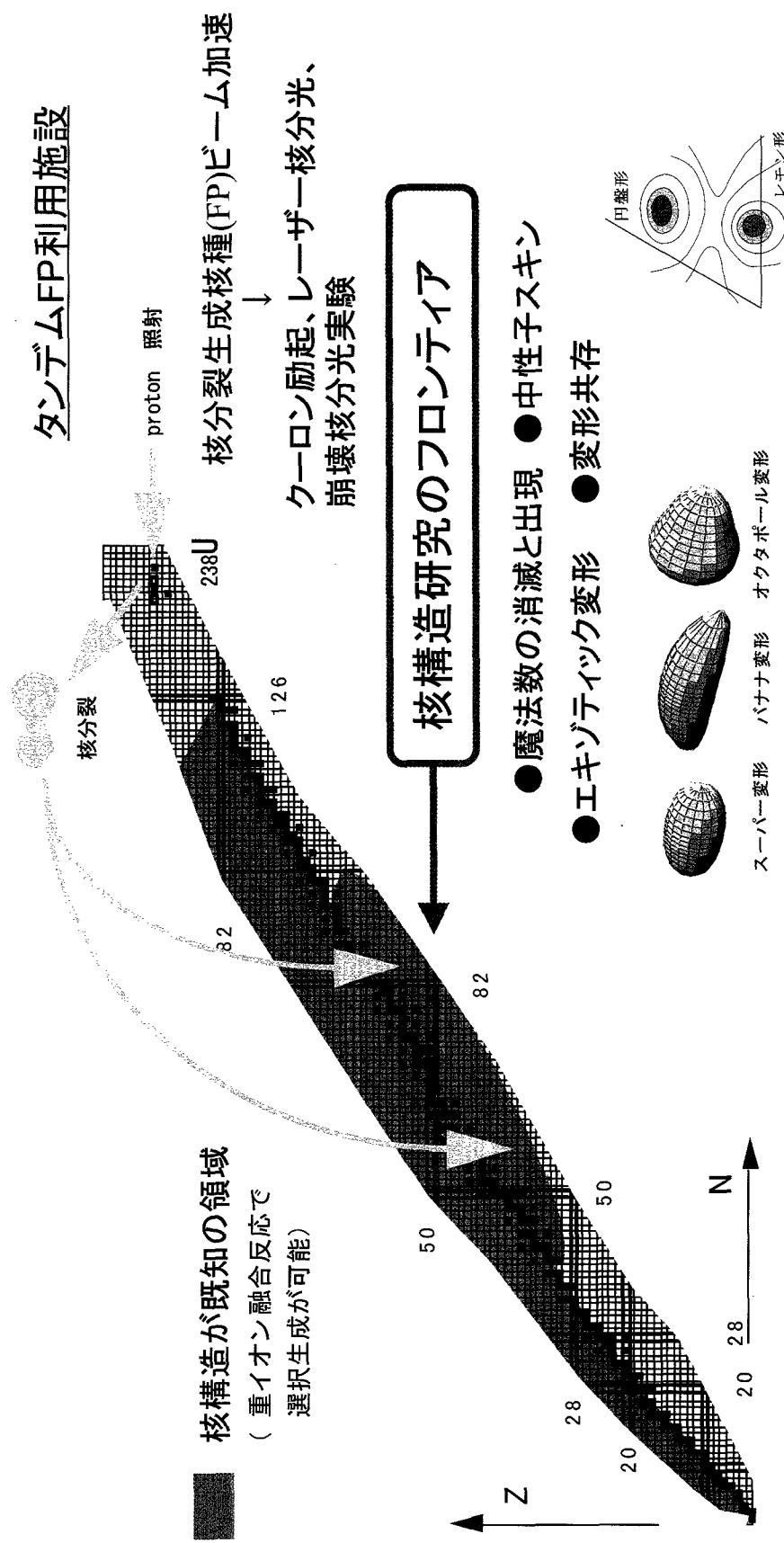
- ・ケーロン励起・レーザー核分光により原子核の電磁気的性質を明らかにし、核構造を研究。
- ・崩壊核分光、放射化分析等により崩壊、核反応データを取得
- ・多重ガンマ線検出法など核物理手法を応用した新分析法を開発。



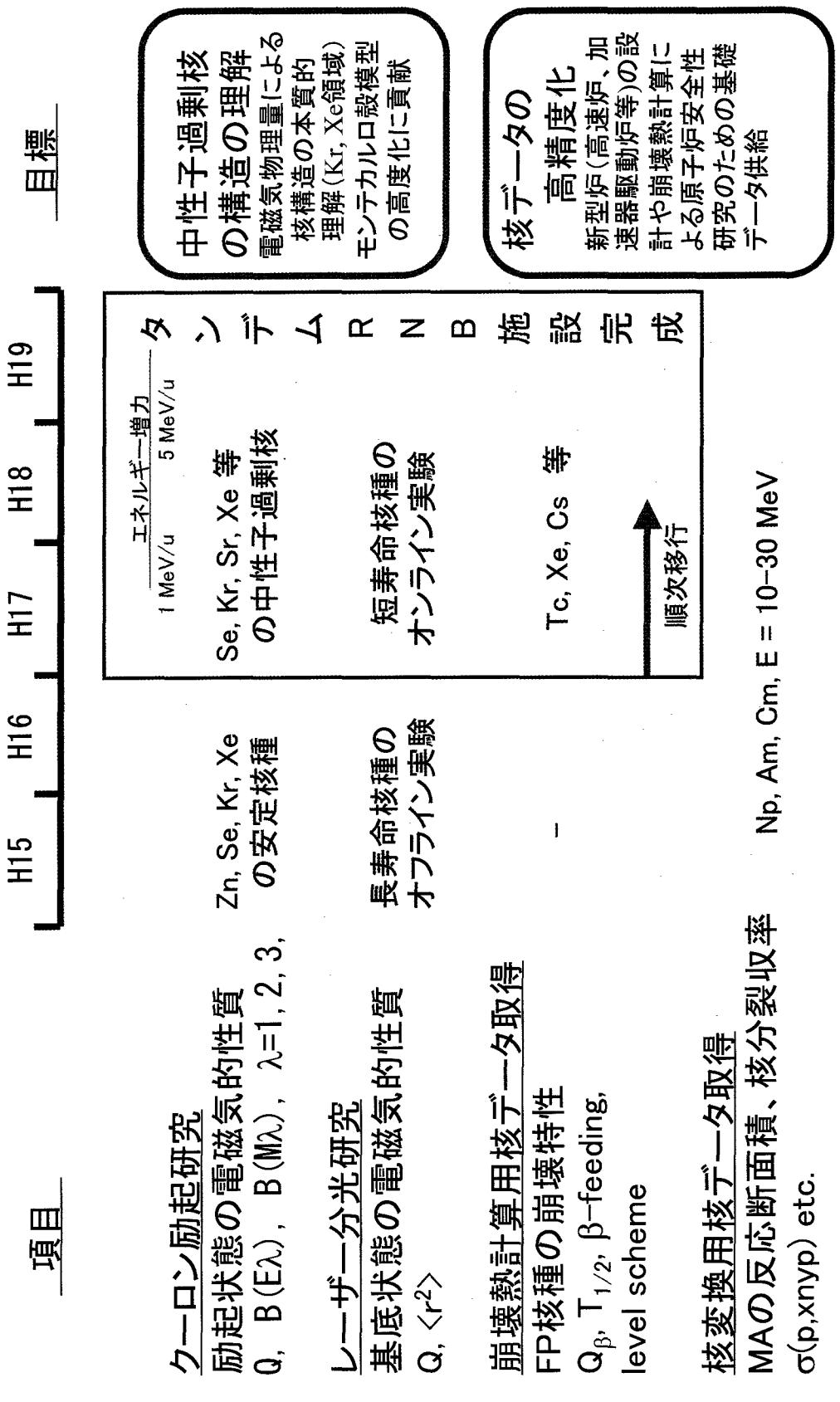
核変換、新型炉開発等の原子力の安定的発展に貢献
高度分析により材料、医療など多分野に貢献

目的・意義

主要課題 I-1: ガンマ線・レーザー核分光による原子核の構造研究

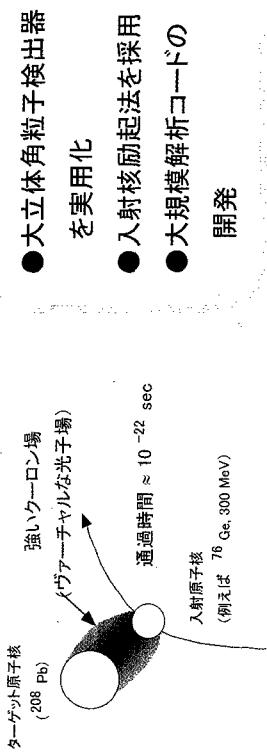


実験：電磁気モーメント測定による核構造の特定
理論：モンテカルロ殻模型による核構造の統一的理解
→ 新原子力システム開発、天体核研究等の基礎データ提供



実績と手法の妥当性

クーロン励起による完全核分光の確立



低励起状態に関する完全系の電磁気物理量を、
モデルに依らずに決定。

(電磁気物理量は内部構造決定に重要)

電磁転移確率 $B(E1), B(E2), B(E3), B(M1), \dots$,
4重極能率 $Q^2 < Q^2 >, < \cos^2 \delta >$

殻模型のモンテカルロ手法による進展

核構造の第1原理計算。広範囲の核の統一的記述。
クーロン励起実験との比較が可能。

主要課題 1-1 ガンマ線・レーザー核分光による原子核の構造研究

施設の高度化



タンデム Van de Graaff の多元利用

● 核分裂生成核種の利用

$$H17 \sim 1 \text{ MeV/u}$$

$$H19 \sim 5 \text{ MeV/u}$$

● より多種類の安定核種利用



中性子過剰未知領域での
核構造の解明、核データ取得

目的・意義

主要課題 1-2：核物理手法による新分析法の開発

高度分析技術の開発

多重ガンマ線放射化分析
多重ガンマ線即発分析
レーザー一分光
陽電子消滅法

一般社会に
貢献

食品の安全性検査
カドミウムなど重金属や
放射性物質による食品汚染

医療
微量元素による生体機能の研究
漢方薬など生薬の葉効分析

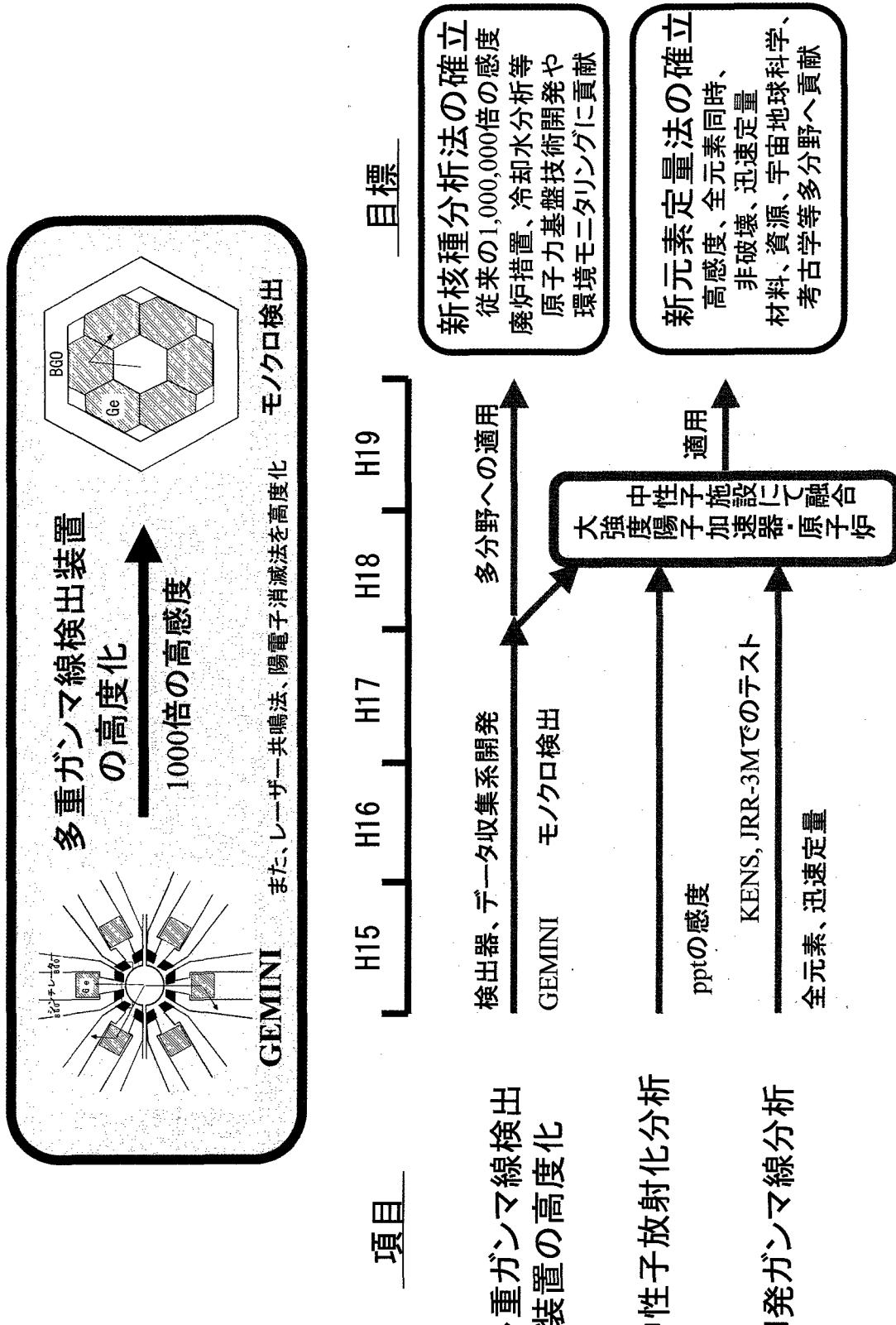
半導体などの
ハイテク産業
純度調整による新しい
機能性材料の開発

資源探査
ヨウ素年代測定による
メタンハイドレート
の成因、分布調査

原子力技術開発
放射性廃棄物の迅速
定量による廃炉措置
への貢献

達成目標

主要課題 I-2：核物理手法による新分析法の開発

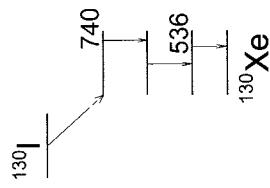


実績と手法の妥当性

主要課題 I-2：核物理手法による新分析法の開発

多重ガンマ線検出法の確立

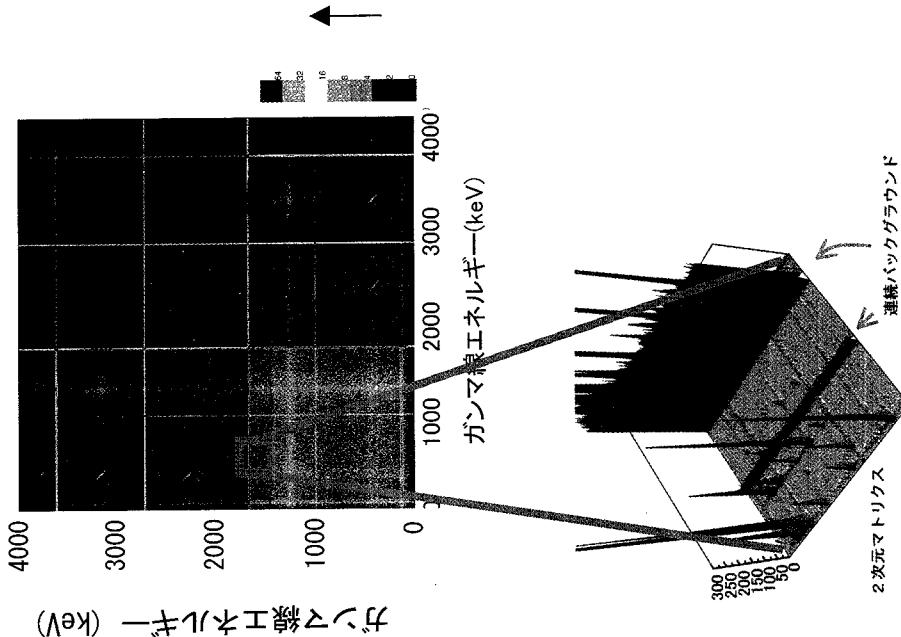
中性子照射して試料を放射化し、その際に多くの放射性原子核は同時に発生する。それらは同時に複数のガンマ線を2本以上出すことが知られている。



多重ガンマ線検出装置により、同時に複数のガンマ線の同時計数測定。

多重ガンマ線検出法で従来の1000倍の分解能が得られ、化学分離が必要になる。また、ノイズも低減できるので、1000倍以上感度も改善する。よって
化学分離不要（迅速）、高感度、高精度、多元素同時定量

2次元マトリクス



主要課題領域Ⅱ：材料創製・固体物性の研究

主要課題

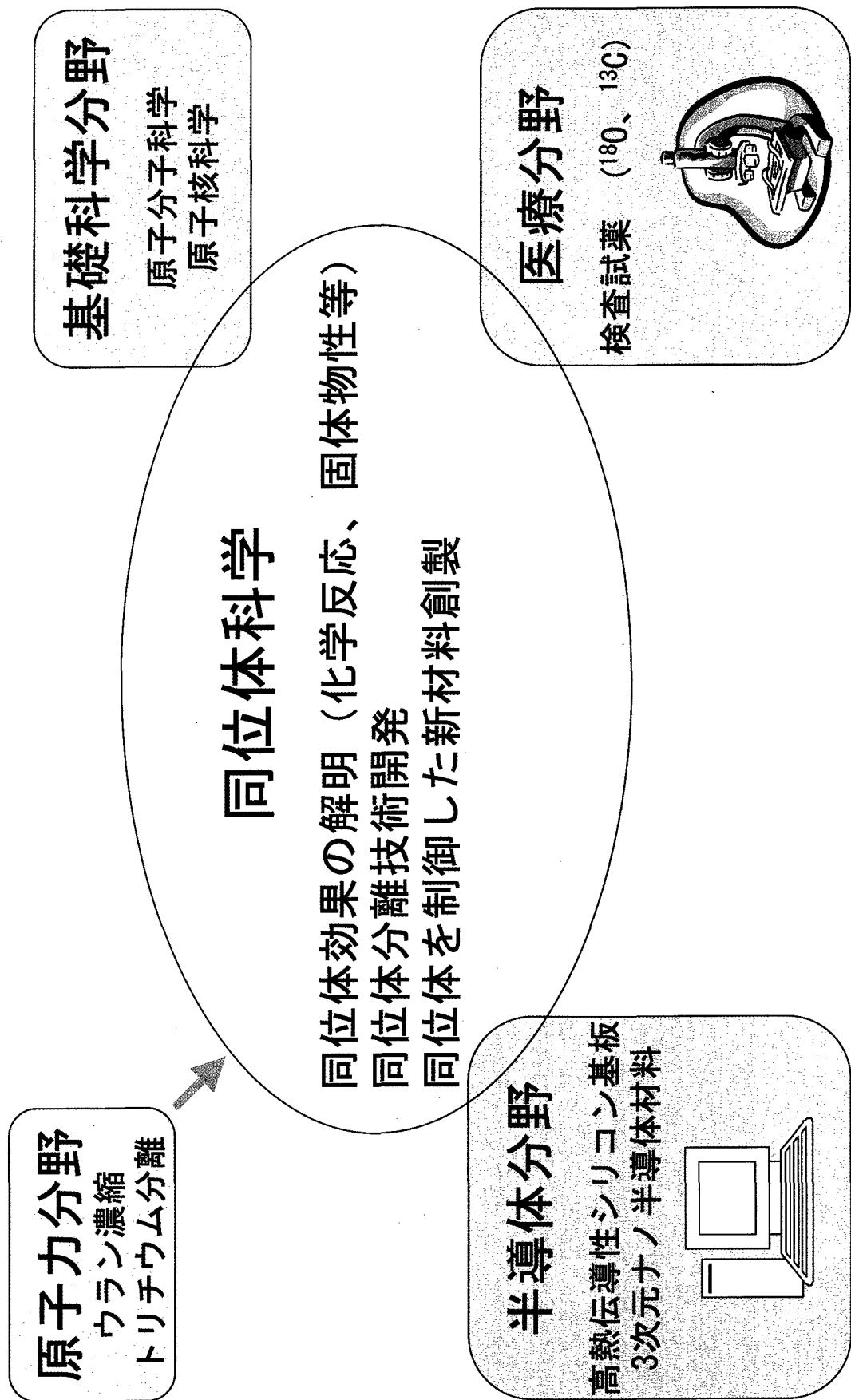
1. 同位体分離と同位体制御による物質創製研究
2. 三次元ナノ構造制御による新物質創製および物性発現機構の解明
3. 高エネルギー照射場物質科学研究

- ・放射線（イオン、電子、光）と物質との相互作用の結果生じる物質内エネルギー緩和過程、構造変化、反応過程の原子レベルでの解明
- ・ナノ領域における固体物性の発現機構の解明
- ・原子分子操作技術の開発



新物質創製及び同位体分離技術開発

主要課題 II-1：同位体分離と同位体制御による物質創製研究



達成目標

主要課題 II-1：同位体分離と同位体制御による物質創製研究

達成目標

H15 H16 H17 H18 H19

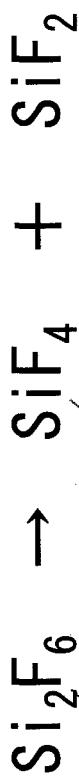
軽元素同位体分離法の開発 シリコン 酸素 (¹⁸ O)、炭素 (¹³ C)	同位体制御材料創製 同位体調整膜の創製 3次元ナノ物質創製 革新的同位体分離技術の基礎研究	超短パルスレーザーの チャーブパルスを用いた 反応制御 自由電子レーザーを用いた 同位体分離	振動励起 制御 分解反応 制御	回転コヒーレンスに よる赤外多光子解離 を利用した同位体分離
---	--	--	--------------------------	--------------------------------------

大量濃縮技術の確立 最適な反応系の確定	同位体濃縮膜創製 3次元ナノ物質の 創製	同位体分離の原 理実証
------------------------	----------------------------	----------------

実績と手法の妥当性

主要課題 II-1：同位体分離と同位体制御による物質創製研究

Si₂F₆の2波長赤外光照射によるシリコン同位体分離



²⁹Si 及び³⁰Si 含有 Si₂F₆
の選択的振動励起

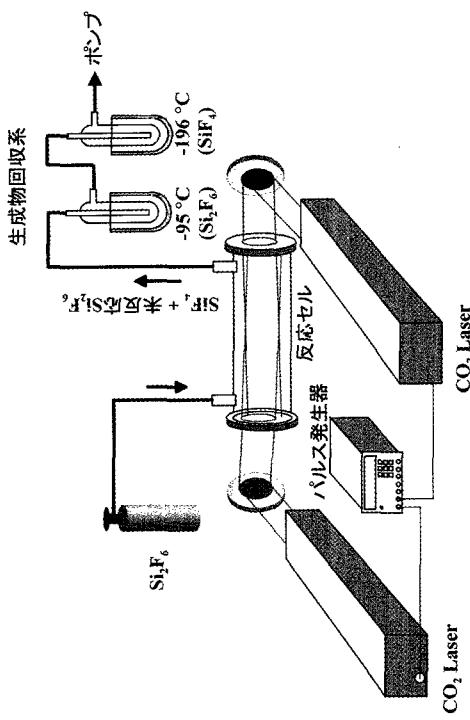
振動励起 Si₂F₆ の選択的
光分解

²⁸Si は Si₂F₆ に濃縮
^{29, 30}Si は生成物に濃縮

^{28, 29}Si₂F₆
(^{28, 30}Si₂F₆)

従来研究されていた1波長光照射と
比較して10倍以上の濃縮効率を達成
(²⁸Si : 92.2% → 99.9%まで濃縮)

同位体分離装置

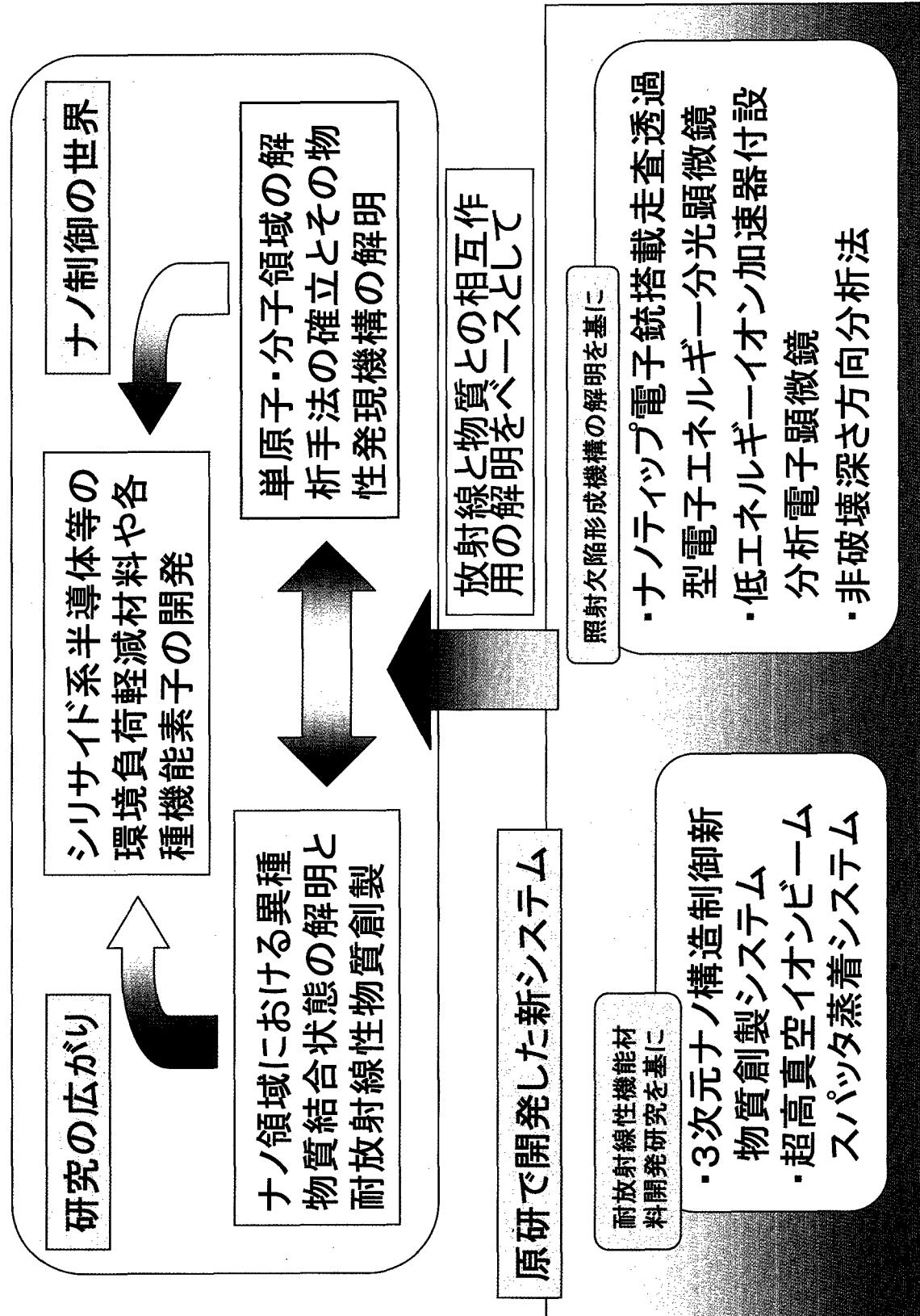


大量濃縮法へ発展

12

目的・意義

主要課題 II-2 三次元ナノ構造制御による新物質創製と 物性発現機構の解明



H15 H16 H17 H18 H19

長期目標

エネルギー粒子注入法によるシリサイド系半導体等の基本素子の開発

FeSi₂单相P-N型薄膜の作製

- ・相変態制御ナノ配線技術／光半導体素子製法の確立
- ・物性発現機構の解明

異種物質結合法の開発と新機能性材料の創製

超伝導状態を利用したMgB₂検出器の基本素子開発

中性子センサ－素子の開発

- ・多元クラスター粒子集合体制御の研究
- ・低歪み異種物質成長法の確立

サブナノ領域解析手法の開発

ナノテイツ
プロ電子錠の開発

ナノ領域分析と可視化

精密構造・状態解析

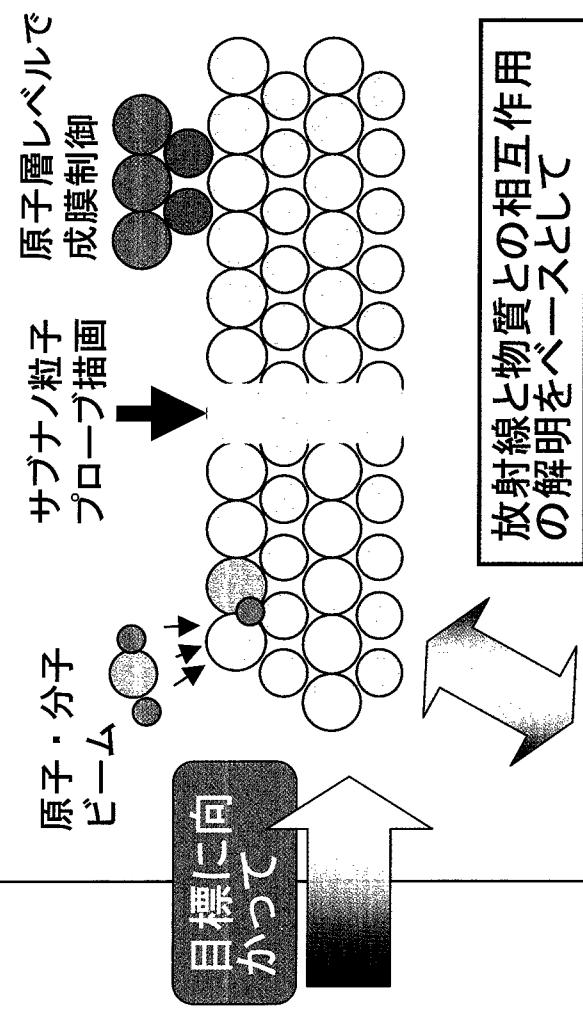
- ・原子・分子領域のナノ結晶構造／電子結合状態解析手法の確立

実績と手法の妥当性

これまでの成果：

- ・核分裂片や高エネルギー一重粒子による柱状欠陥形成理論の構築と高温超伝導体の臨界電流向上に貢献。
- ・ナノティップ電界放電型電子銃搭載走査型電子エンジニアリング一分光頭微鏡の開発と原子列組成分析に成功。
- ・サブナノ表面の深さ分布組成と化学状態の非破壊分析に成功。
- ・ヘテロエピ成長法によるシリコン基板上の低歪み金属薄膜作製。
- ・化合物クラスター形成機構の解明。

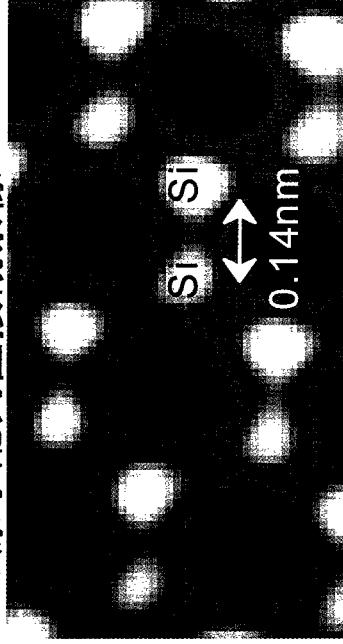
耐放射線性新機能材料の開発



放射線と物質との相互作用
の解明をベースとして

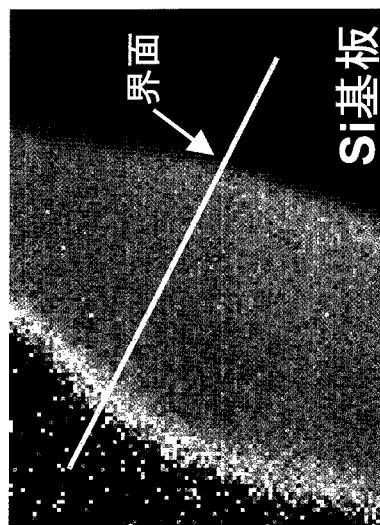
単原子・分子領域解析手法確立と物性発現機構の解明

STEM法によるシリコン単結晶の原子配列直接観察像



低温成長法により作製したFeSi₂膜の組成分布

左のラインに沿った組成分布



目的・意義

主要課題II-3:高エネルギー照射場物質科学研究

目的

高エネルギーが物質に与える高密度励起状態と、それが原子配列変化を伴しながら緩和する過程の解明
材料プロセッシングへの応用

科学技術的意義

多体系、不規則系、非線形系の物理への挑戦。
機能材料分野での材料創製／技術革新
物性物理、原子物理、放射線化学、材料工学を
横断する学際的学問領域の構築。
新材料創製による産業界への貢献。

波及効果

原子力材料・燃料の
耐照射性評価、健全性向上

世界的位置付け

当該分野での代表的研究グループの一つ
日本JAERI、フランスGANIL、ドイツGSI

達成目標

主要課題II-3 高エネルギー照射場物質科学研究

H15 H16 H17 H18 H19

高密度電子励起・原子変位過程

の統一的解明

素過程を支配する物理量
不安定核ビーム

の確定 利用

高密度電子励起・原子変位現象
を利用した材料プロセッシング

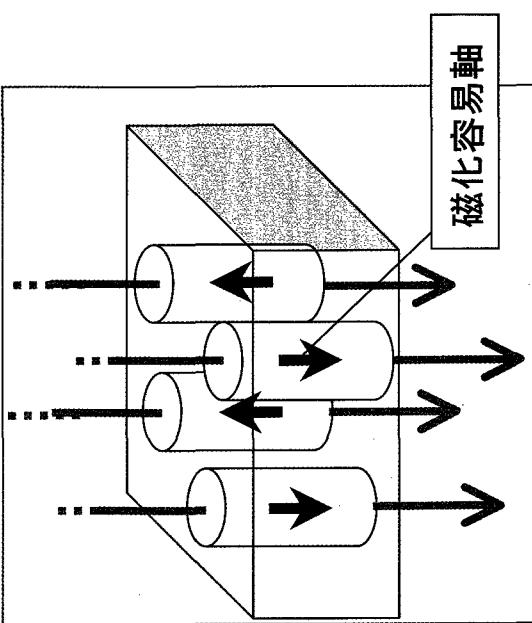
磁性体
局所改質

電子励起ミキシング
による新化合物成

実験・理論・計算科学による
物質構造評価

機械的性質/ミクロ組織観察
第一原理計算

分子動力学計算等



高エネルギー
磁性体局所改質

これまでの実績

高密度電子励起効果に関する第一線級の成果

純金属における高密度電子励起・原子変位現象を発見

導電性セラミックスにおける重イオントラック形成の初期過程の解明

精密な測定手法

ビームライン上に設置された極低温照射/その場測定装置

多種多彩な研究手段

電気・磁気的物性、光学的測定、
機械的性質、微細組織観察、原子
物理的手法、中性子による構造解析

計算機科学：第一原理計算、分子
動力学

新鋭設備を活用した展開

イオン照射 原研東海タンデム・ブースター

原研TIARA加速器施設

理研 リングサイクロトロン

GSI UNILAC加速器

Orsay タンデム加速器

理論・計算科学 高速並列型計算機

所外研究機関との積極的交流

電力中央研究所、KEK、RIKEN、
GANIL、GSI、オルセー研究所

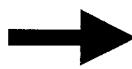


目標達成

主要課題領域 III：アクチノイド・重元素科学の研究

- f元素・重元素化学系の構造・反応制御研究
- アクチノイド凝縮系の物性研究

f元素系錯体の溶液内構造解析、電子状態の解析手法の開発等により、新抽出剤の分子設計、有用錯体の創製を行う。
アクチノイドの酸化物、塗化物、溶融塩、及び合金について構造、物性、及び熱力学的性質の相関を調べ、体系化を進める。



革新的な原子力技術の基礎を創出する。
新物質創製などを通して社会に貢献する。
f元素・重元素科学を深く解明し、体系化に貢献する。

目的・意義

主要課題III-1:f元素・重元素化学系の構造・反応制御研究

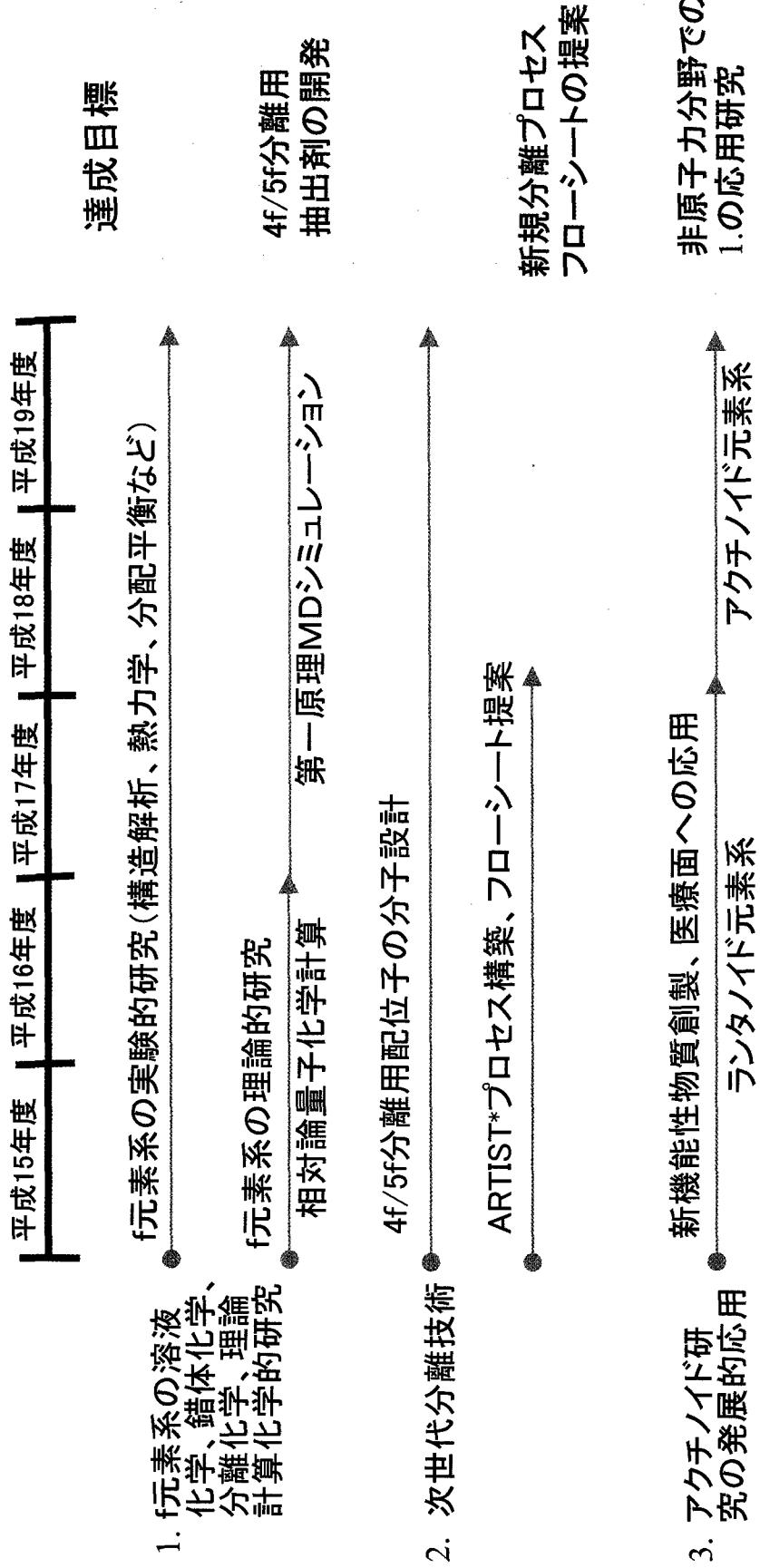
目的：重元素化学による原子力分野・医療分野への貢献



世界的な位置づけ：分離・核変換技術開発では最高レベルの成果

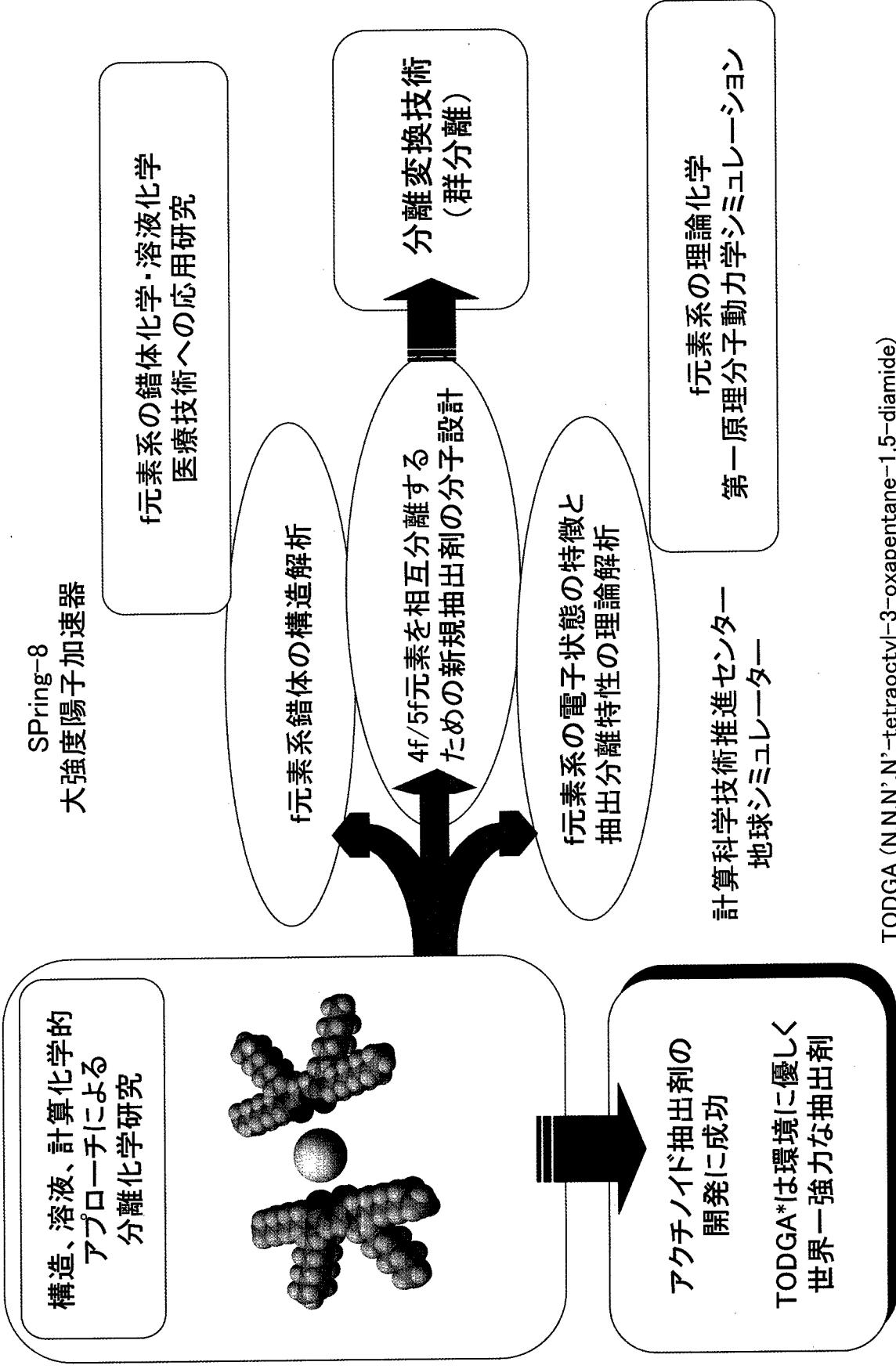
達成目標

開発の年次スケジュール



ARTIST*プロセス: 新規アミド系抽出剤を用いたアクチノイド、FP元素の分離プロセス

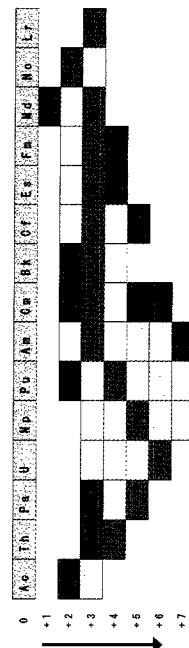
実績と手法の妥当性



目的・意義

主要課題III-2: アクチノイド凝縮系の物性研究

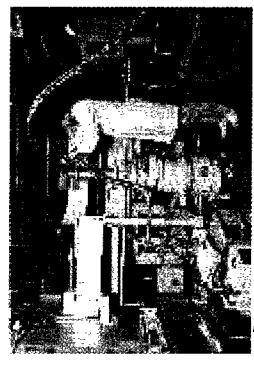
○ アクチノイド系化合物の構造、物性及び熱力学的性質の解明
 → アクチノイド基礎科学の体系化
 → 革新的な原子力技術の基礎の形成



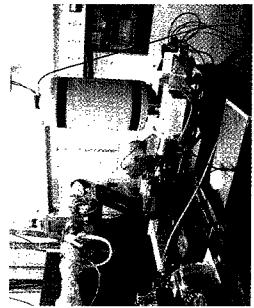
アクチノイド元素の酸化状態と安定性

安定 不安定

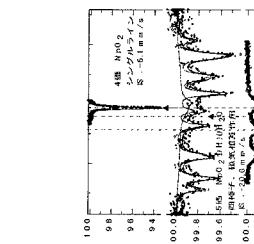
アクチノイド基礎科学の体系化



中性子回折

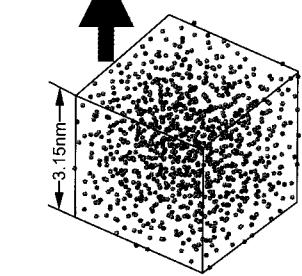
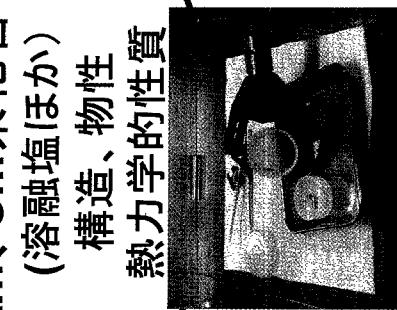


放射光

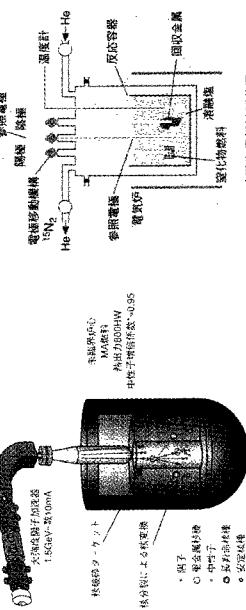


メスバウア分光

Am, Cm系化合物 (溶融塩ほか) 構造、物性 熱力学的性質



計算科学



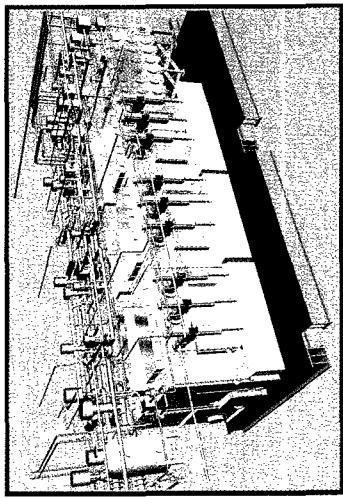
核変換技術
乾式再処理技術の基礎
革新的な原子力技術の基礎

Am、Cm系 高温化学	H15	H16	H17	H18	H19
乾式再処理技術の基礎となる Am系溶融塩の電気化学的挙動					Cm系、多成分系 溶融塩への展開
核変換用燃料の基礎となる Am(Cm)-N-O-C系の 熱力学的性質					Am-Cm-Pu系窒化物、酸化物の 熱物性、機械的性質
アクチノイド 基礎科学					計算科学的手法による 物性予測 (粘性率、電気伝導度等)
Np系酸化物、錯体の分光測定 (XAFS、メスバウア等)					Am系化合物 への展開
新機能性化合物の創製にもつながる U-Np-Pu系酸化物(ハイドロクロア、ペロブスカイト等)の 基礎物性(構造、磁性、熱力学的性質)					

実績と手法の妥当性

(これまでの実績)

- TRU塩化物の酸化物からの直接合成に成功
- 計算科学(MD法)による溶融塩構造解析の進展
- MA化合物の放射光測定を可能に
- 溶融塩の基礎物性測定技術の開発
- 転移温度の高い強磁性体U系化合物の発見



Am, Cmの研究施設(新設中)

アクチノイド研究施設の充実・有効活用

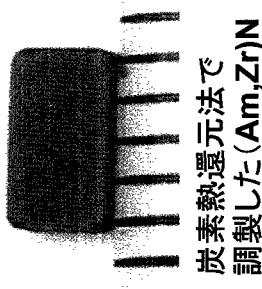
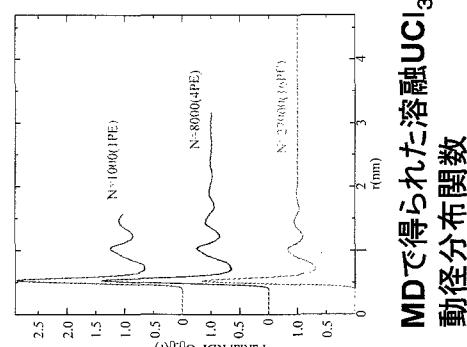
測定技術開発
(微小MA試料)

国内外の研究機関、
民間との協力

研究員の育成



計算科学的手法
の活用



主要課題領域IV：加速器の運転・管理及びRNB加速器系の開発

主要課題 タンデム加速器系の運転・管理及びRNB加速器系の開発

- ・タンデム加速器系の運転・管理
加速器系の運転・管理、各種実験装置の運転・整備支援、
多価イオン源の高性能化、KEK加速器の移設支援
- ・RNB加速器系の開発
放射性核種イオン源開発・高効率化、超伝導加速空洞の開発
高安定化加速器制御技術



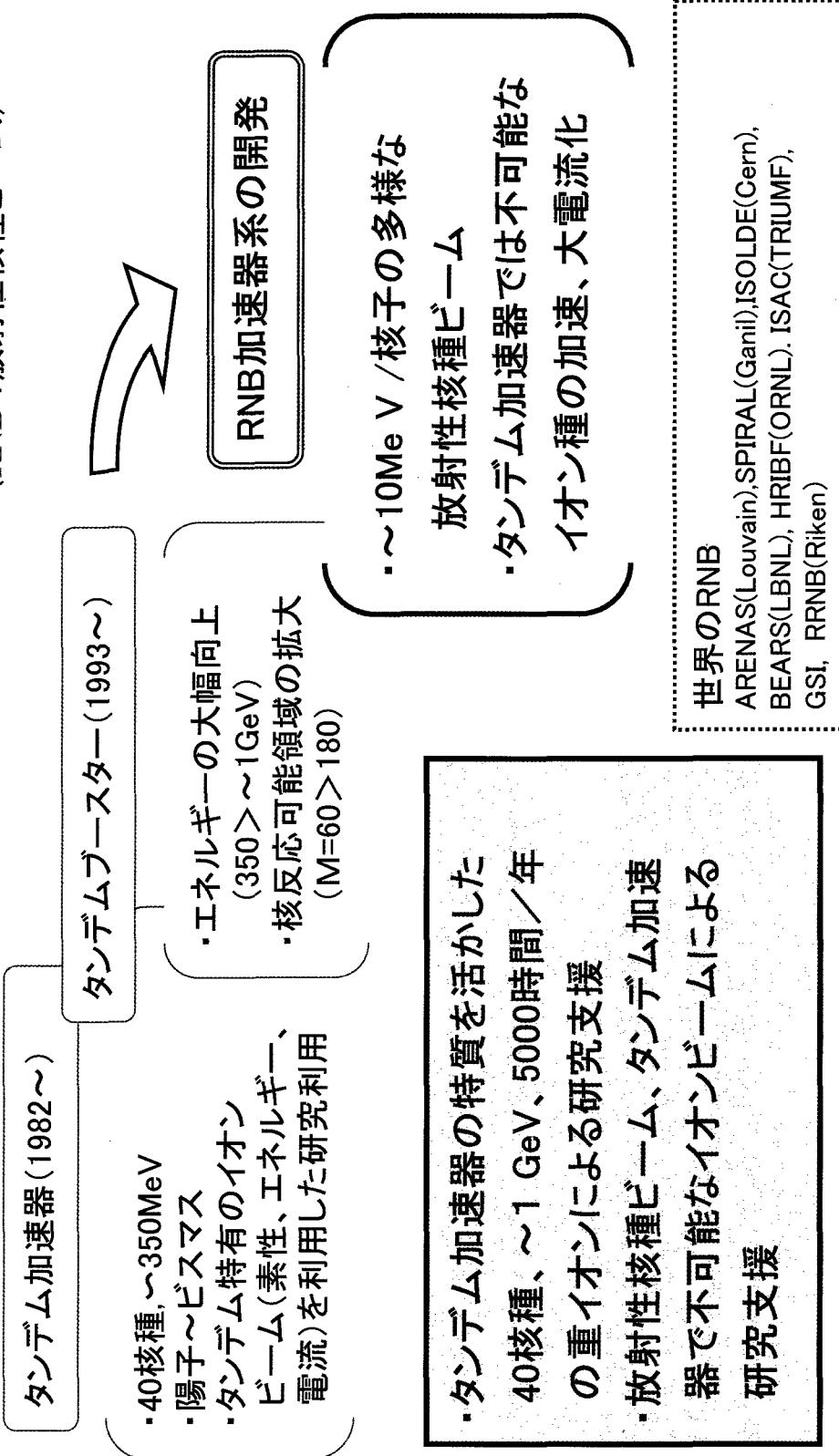
重イオン科学、物質科学研究の新たな進展
優れた研究環境による国際的研究交流の推進

目的・意義

主要課題IV-1 タンデム加速器系の運転・管理及びRNB 加速器系の開発

主要課題IV-1：タンデム加速器系の運転・管理及びRNB 加速器系の開発

(RNB：放射性核種ビーム)



達成目標

タンデム加速器系の
運転・管理

15年度 16年度 17年度 18年度 19年度

年間5000時間以上の研究支援
ECRイオン源の性能向上化(金属イオンの加速)

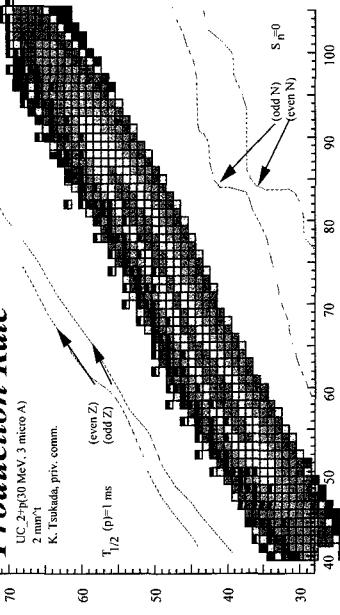
KEK加速器移設

RNB加速器系の開発

RNBイオン源の開発

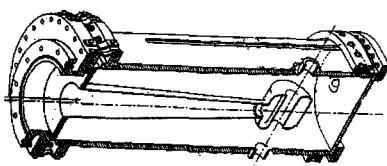
超伝導空洞開発

Production Rate



前段加速器系の製作

実験装置整備



研究
利用

実績と手法の妥当性

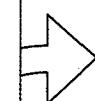
主要課題IV-1 タンデム加速器系の運転・管理及び RNB加速器系の開発

- ・タンデム加速器導入
- ・ブースター開発

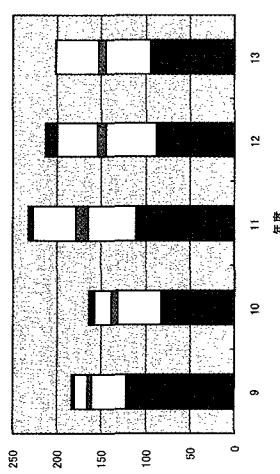
総合技術の集積、連続運転に耐える加速器系の構築

- イオン発生技術の開発
- 超伝導加速空洞の開発
- 制御系、制御装置開発
- ECRイオン源の開発
- ビームハンドリング機器開発

- RNB加速器系の開発
- ・低β加速空洞の開発
- ・イオン源、取扱施設開発
- (FEBIAD, ECR, S-Ion.)



過去5年間の利用実績



加器
核化
材料
核物

※日本における重イオン科学研究中心

(原研-大学-国研-企業との連携)

※海外の研究者との研究協力による
重イオン科学研究の推進

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
光强度	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	ジュール	J	N·m
工率、放熱束	ワット	W	J/s
電気量、電荷	クーロン	C	A·s
電位、電圧、起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラード	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光束度	ルーメン	lm	cd·sr
照度	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	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	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、ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは、JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- 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 ⁵ dyn)	kgf	lbf
1	0.101972	0.224809	
9.80665	1	2.20462	
4.44822	0.453592	1	

粘度 1 Pa·s(N·s/m²)=10 P(ポアズ)(g/(cm·s))

動粘度 1 m²/s=10⁴St(ストークス)(cm²/s)

圧力	MPa(=10 bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg(Torr)	lbf/in ² (psi)
力	1	10.1972	9.86923	7.50062 × 10 ³	145.038
0.0980665	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
0.101325	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
1.33322 × 10 ⁻⁴	1.33322 × 10 ⁻⁴	1.35951 × 10 ⁻³	1.31579 × 10 ⁻³	1	1.93368 × 10 ⁻²
6.89476 × 10 ⁻³	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 = 4.18605 J(計量法)	
								= 4.184 J(熱化学)	
1	0.101972	2.77778 × 10 ⁻⁷	0.238889	9.47813 × 10 ⁻⁴	0.737562	6.24150 × 10 ¹⁸		= 4.1855 J(15 °C)	
9.80665	1	2.72407 × 10 ⁻⁶	2.34270	9.29487 × 10 ⁻³	7.23301	6.12082 × 10 ¹⁹		= 4.1868 J(国際蒸気表)	
3.6 × 10 ⁶	3.67098 × 10 ⁵	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶	2.24694 × 10 ²⁵		= 4.186 J(PS(仏馬力))	
4.18605	0.426858	1.16279 × 10 ⁻⁶	1	3.96759 × 10 ⁻³	3.08747	2.61272 × 10 ¹⁹		= 75 kgf·m/s	
1055.06	107.586	2.93072 × 10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 ²¹		= 735.499 W	
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			

放射能	Bq	Ci	吸収線量	Gy	rad	照射線量	C/kg	R	線量当量	Sv	rem
1	2.70270 × 10 ⁻¹¹	1	100	1	1	3876			100		
3.7 × 10 ¹⁰	1	0.01	1	2.58 × 10 ⁻⁴	1	1			1	0.01	

物質科学研究専門部会評価結果報告書（平成14年度事前評価）



古紙配合率100%
白色度70%の再生紙を使用しています