

JAERI-Review

JP0150814

2001-036



放射線利用研究専門部会評価結果報告書
(平成13年度事前評価)

2001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, Ibaraki-ken 319-1195, Japan.

放射線利用研究専門部会評価結果報告書
(平成 13 年度事前評価)

日本原子力研究所
研究評価委員会

(2001 年 9 月 14 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、放射線利用研究専門部会を設置し、高崎研究所の材料開発部、イオンビーム生物応用研究部、放射線高度利用センターが実施する研究開発課題について、平成 14 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、10 名の外部専門家で構成された。

放射線利用研究専門部会は、平成 13 年 5 月から平成 13 年 7 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 13 年 6 月 25 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 7 月 12 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 Radiation Application Research
(In-advance Evaluation in Fiscal Year 2001)

Research Evaluation Committee

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

(Received September 14, 2001)

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 Radiation Application 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 2002 at Department of Material Development, at Department of Ion-Beam-Applied Biology and at Advanced Radiation Technology Center in Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment of JAERI. The Ad Hoc Review Committee consisted of ten specialists from outside of JAERI.

The Ad Hoc Review Committee conducted its activities from May to July 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 June 25, 2001, 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 July 12, 2001.

This report describes the result of the evaluation by the Ad Hoc Review Committee on Radiation Application Research.

Keywords : Evaluation of Research and Development, In-advance Evaluation,
Radiation Application 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、高崎研究所の材料開発部、イオンビーム生物応用研究部、放射線高度利用センターの研究開発課題について、平成14年度からの5年間の計画の事前評価を実施するために、「放射線利用研究専門部会」を平成13年5月22日に設置した。

放射線利用研究専門部会は、10名の外部専門家で構成され（部会長：石榑顯吉・埼玉工業大学教授）、平成13年6月25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7月12日に「放射線利用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7月12日に第7回研究評価委員会を開催し、同専門部会部会長から放射線利用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7月31日付けにて日本原子力研究所理事長に答申した。

平成 13 年度研究評価委員会委員(13 名)

西澤 潤一 (委員長)	岩手県立大学長 (財)半導体研究振興会半導体研究所長 (半導体工学)
秋山 守 (委員長代理)	(財)エネルギー総合工学研究所理事長 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 顯吉	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・教授 (加速器科学、原子核物理学)
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)
岸 輝雄	独立行政法人物質・材料研究機構理事長 (材料工学)
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))
田中 知	東京大学大学院工学系研究科教授 (核融合工学、廃棄物工学、界面科学)
友野 勝也	東京電力㈱顧問 (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)
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)

放射線利用研究専門部会評価結果報告書
(平成 13 年度事前評価)

平成 13 年 7 月

日本原子力研究所
研究評価委員会
放射線利用研究専門部会

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 専門部会の開催.....	2
2.4 評価項目及び評価基準	2
3. 評価対象研究開発課題の概要と評価結果	4
3.1 高崎研究所における研究開発	4
3.1.1 高崎研究所における研究開発の計画の全体概要	4
3.1.2 所見	6
3.2 材料開発部の研究開発	9
3.2.1 研究開発計画の概要	9
3.2.2 評価結果	13
3.3 イオンビーム生物応用研究部の研究開発	22
3.3.1 研究開発計画の概要	22
3.3.2 評価結果	25
3.4 放射線高度利用センターの研究開発	32
3.4.1 研究開発計画の概要	32
3.4.2 評価結果	34
参考資料 高崎研究所の研究開発課題（説明用OHP資料）	42

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	2
2.4 Items and Criteria for the Evaluation	2
3. Outline of the R&D Subjects for In-advance Evaluation and Results of the Evaluation	4
3.1 R&D Plans at Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment ...	4
3.1.1 Outline of the R&D Plans at Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment	4
3.1.2 Comments	6
3.2 R&D Plans at Department of Material Development	9
3.2.1 Outline of the R&D Plans	9
3.2.2 Results of the Evaluation	13
3.3 R&D Plans at Department of Ion-Beam-Applied Biology	22
3.3.1 Outline of the R&D Plans	22
3.3.2 Results of the Evaluation	25
3.4 R&D Plans at Advanced Radiation Technology Center	32
3.4.1 Outline of the R&D Plans	32
3.4.2 Results of the Evaluation	34
Appendix : R&D Subjects at Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment for In-advance Evaluation	42

はじめに

研究評価委員会放射線利用研究専門部会は、高崎研究所の材料開発部、イオンビーム生物応用研究部及び放射線高度利用センターにおける平成14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の下に設置され、同委員会の定めた基本的要領に則って平成13年5月から平成13年7月にかけてこの研究評価活動を実施した。

これまでに高崎研究所は放射線利用における我が国の放射線利用研究開発の拠点として、基盤技術開発とその実用化を着実に進め、多方面において多くの実績をあげてきた。今回、平成14年度からの3部門の放射線利用研究開発の全体計画を編成するに当たり、原研の2本柱の一つである総合原子力科学研究の一翼を担う分野として、研究体制を改編し、環境、機能材料及びバイオ技術・医療の3分野への貢献を企図し、従来の成果を発展させたプロジェクト研究とともに、新たな開拓プロジェクトテーマが多数提案された。

高崎研究所の放射線利用研究開発については、研究評価委員会は平成10年の中間評価において、当分野での実績と新たな展望について検討し、民間の活動が著しく進展している情勢に鑑み、国の研究機関としての新たな放射線利用の途を拓くという役割を明確にするために、基礎研究の強化と独創的放射線利用技術の開発に向けた提言等を行った。今日、新しい原子力長期計画が策定された情勢の中で、その理念に沿って放射線利用研究開発の具体的課題の設定が問われていると理解している。

当専門部会の審議においては、まず原研から各研究開発課題評価資料の提出を受け、それをレビューし、記載内容についての質問等を含む1次評価を行い、これを被評価側に提示した。この1次評価により、追加の説明資料を含めて、原研側の部会会合への準備が的確に行われた。6月25日に開催された部会会合では、各研究分野の責任者から説明を受け、質疑討論を行った。これらに基づいて、各委員が2次評価を行い、その結果を事務局に提出した。各委員の評価結果は事務局が取りまとめ、部会長が報告書の原案を作成した。報告書の作成に当たっては、各委員からの率直なコメント等を踏まえて全体の総意を明らかにするとともに、貴重な少数意見も記載した。その各論での評価所見を要約し、冒頭の総合所見を部会長が取りまとめた。この部会長原案を全員がレビューし、内容の確認、修正を経て最終報告書とした。

終わりに、限られた期間ではあったが、委員全員の集中的な審議を踏まえた評価の結果、本報告書をまとめることができたことに対し、委員各位のご協力に深甚なる謝意を表する。また、本評価結果が今後の原研の研究開発運営の一助となれば幸いである。

平成13年7月11日
放射線利用研究専門部会
部会長 石榑 顯吉

総合所見

原研高崎研究所は、我が国における放射線利用研究開発を実施し、特に放射線の工業利用分野においては、民間への積極的な技術移転を通じて、国民生活の向上に多くの貢献を果たしてきた。現在、新たな科学技術基本計画や原子力長期計画での提言等への対応を強く意図し、今後も基礎研究と独創的放射線利用技術の開発に基づき、新たな放射線利用の途を拓くという国の中核的研究機関としての役割を担うことを表明している。

その上で、平成14年度からの5カ年の研究開発計画の目標を、環境、機能材料、バイオ技術と医療の3分野への貢献に焦点を当て、材料開発部、イオンビーム生物応用研究部及び放射線高度利用センターの3部門による連携・統合的研究運営を継続するとしている。

特に、新たな放射線利用の途を拓くことを目指して、イオンビームを利用した材料・バイオ技術分野における先端的研究開発を重点的に推進するとともに、長期的観点から国家的・社会的ニーズが高い環境分野において、材料・バイオ技術の両面から環境保全・環境浄化を目指した放射線利用研究を進める。また、目標を達成するために必要な基礎研究と基盤技術の高度化及び新技術開発等を進めることとしている。

上記のように、高崎研究所の研究開発には、開始後10年を迎えるとしているイオンビーム(TIARA)を中心とした先端的基盤研究と、更に長い歴史をもつ電子線などによる放射線利用技術開発に係る部分がある。このような研究所は世界的にもユニークな存在であり、この研究開発の二つの部分を、いかにバランスし、また、これまでの蓄積をいかに有效地に活用しながら、今後の発展を図っていくかが重要なポイントと考えた。

1. 高崎研究所の放射線利用研究開発全般について

高崎研究所の全体としての環境、機能材料、バイオ技術・医療の3分野において個別的に、また重層的な課題を設定し、放射線利用に係わる先導的研究開発と技術支援業務を目標としている。これまでに高崎研究所は放射線利用における基盤技術開発とその実用化を着実に進め、多方面において多くの実績をあげてきた。平成14年度からの全体計画としては、これまでの成果を反映して堅実に進めるプロジェクト研究とともに、新たな開拓プロジェクトテーマが多数提案されており、これを材料開発部、イオンビーム生物応用研究部、放射線高度利用センターの3部の連携の下に進めようとしている。この研究開発の全体としての方向性、課題の設定は、新たな時代の要請に応えるものであり、適切と考える。

特にバイオ技術は比較的歴史が浅いが、着実に高崎研究所の重要な研究分野として育っているとの印象を受ける。機能材料分野では、従来研究の発展を志向し、最近の流行のキーワードであるナノ電子デバイス、マイクロマシン、自己組織化などが並んでいるが、特徴を生かした戦略的な展開をもう少し明確にした方が良いと思われる。従来から、高崎研究所の存在は大きなものがあるが、TIARAをはじめとして、 γ 線や電子線照射施設等は引き続き、共同利用施設として有効利用を図り、放射線利用における国の中核機関として発展することを望みたい。加えて、高崎研究所しかできない研究を優先させることへの配慮

も望みたい。

さらには、今後の研究実施に当たって、下記の事柄への対応を要望する。

- 1) 放射線利用における高崎研究所の内外における役割分担を明確にしておく必要がある。
先端的基盤研究部分とは別に、“国民生活に貢献する放射線利用”（「農業、工業、環境保全利用」）の部分をどのように担っていくのか、どのように展開をはかるかを、より明確にし、外部に発信していくことが重要である。後者においては既に実用化、社会への貢献という面で大きな成果が出ているが、社会的に十分認知されているとは言いがたい。国民に対する啓蒙、広報をもっと積極的に行う必要がある。
- 2) 研究開発の目標として、TIARA を利用した先端的な基盤研究と、より短期的な実用化を目指した応用的研究のバランスで見ると、現在の計画は適切と判断するが、今後、研究の進展を見ながら、見直していく必要がある。
- 3) “生活に密着した技術”と関連しているテーマでは、民間への技術移転と合わせて厳しい経済性の評価を行なっていくことが重要である。その場合、各産業界、国公立機関、個々の民間企業への積極的な情報提供と連携が必要である。
- 4) 基礎的研究においては大学との研究交流は今後いっそう必要と思われる。開かれた研究所として、研究協力の一層の推進を図るため、これまでの組織の枠を超えた新しい連携と外部資金の導入を望みたい。

2. 材料開発部における研究開発について

材料開発部の研究開発の基本方針は、

- 1) 広い範囲への均一照射から極めて限られた狭い範囲への照射やエネルギーの調節による深さ方向の制御が可能なイオンビームや電子線などの放射線の特長を活かした材料の微細構造制御、反応の解明・制御、高度計測技術などに関する基礎・基盤研究を行う。
- 2) 得られた成果を基に、環境、情報通信、エネルギーなど、社会的ニーズに的確に対応する材料創製や放射線場で使用する材料の信頼性評価及び反応プロセスなどの実用技術の研究開発を進める。

であり、具体的には次の5つの主要課題領域の研究開発、1) 有機機能材料創製の研究、2) 無機機能材料創製の研究、3) 極限環境材料への放射線照射効果の研究、4) 環境機能材料の研究、5) 微量環境汚染物質除去プロセスの研究、を行うとしている。

以上の基本方針と具体的な研究課題は、今後の発展が期待されているナノテクノロジーの基本となる材料開発、反応プロセスの解明などを全体目標としており、妥当である。環境関連材料開発目標（汚染物質光分解、排水廃液からの有害物捕集、生分解性材料開発）、環境保全プロセス開発目標（ダイオキシン、環境ホルモン）とも適切である。

但し、有機、無機という分け方は、今後有機・無機ハイブリッド材料の重要性が増すと考えられることから、境界領域への展開に充分留意する必要がある。また、全体的に計算機シミュレーションなどソフトの研究が弱いとの印象を受ける。ソフト・ハードのバランスが重要である。

個々の課題について述べれば、マイクロマシンは、具体的目標をどこにするのか、もう

少し絞り込みが必要である。微量環境物質除去プロセスでは、排煙脱硫脱硝などの実績をふまえ、ダイオキシンの除去およびイオン核生成を利用する新しい方法の提案があり、反応メカニズムの解明など、学問的にも重要である。また、実用化の可能性を示すことも重要であり、経済性の評価を行いつつ進めていただきたい。

総合推進方策としては、「基礎・基盤研究とその応用としての研究開発の実用化の可能性実証」までの方策や、外部資金導入、博士研究員制度などのR&Dコストを意識した方策など、妥当である。開発にあたり所内他部門との協力連携が有効である（特にバイオ・医療関連課題）。さらに、今後、ニーズをより良く研究に反映するためには、燃料電池、集積回路、環境装置など、具体的開発を行っている企業との情報交換や共同研究がいっそう必要になる。特に、半導体材料に関しても情報交換を積極的に行い、企業のニーズを的確に判断しつつ進めることが重要である。

3. イオンビーム生物応用研究部における研究開発について

イオンビーム生物応用研究部の研究開発の基本方針は、

- 1) 放射線の生物・化学作用と解析プローブとしての有用性を活かし、イオンビームを主として用いた先導的な技術開発を進め、地球環境の保全や食糧資源の確保に貢献とともに、先端技術を基盤とした新産業の育成を目指す。

であり、具体的には次の4つの主要課題領域の研究開発、1) イオンビームを用いた植物資源創成の研究、2) イオンビームによる生物機能解析の研究、3) バイオ技術への放射線利用の研究、4) 生体機能模倣システムの研究、を行うとしている。

以上の基本方針と各研究課題の全体目標は特に問題なく、遺伝資源創生↔生物機能解析↔細胞加工↔生体機能模倣という連携をめざした全体目標は優れている。また、生物分野を超えて医学分野への応用、新プロジェクト「生態模倣システム」の立ち上げ等、積極的な展開を評価する。機能解析と遺伝資源創生、機能模倣との連携プロジェクトの具体化例などが増えていくことで、開発は加速されるものと期待される。

この分野の研究にはイオンビームなどが極めて有効であり、他の放射線にないイオンビームの特長をうまく活かせる分野である。その意味で、イオンビームでなくてはできない特徴を、計画としてより明確に示しておくべきである。これまで、研究は順調に進展しているが、テーマ相互に関連性が薄いとの印象を受けるところもあった。今後、テーマ相互間の組織的連携、協力等をさらに強めていくことが重要である。また、蓄積データ、情報の総合的有効利用の方法を具体化して、情報処理システムなどの構築を推進していくことを期待する。

4. 放射線高度利用センターにおける研究開発について

放射線高度利用センターの研究開発の基本方針は、

- 1) イオンビーム、電子線及びガンマ線による放射線利用研究のための拠点となる各種放射線照射施設の管理・運営及び放射線利用研究に係わるビーム先端技術の研究開発を行う。放射線照射施設の管理・運営については、イオン照射研究施設(TIARA)を中心

として、所外に対して開かれた施設利用の機能を充分に発揮できるように、安定かつ効率的な運転管理に努める。ビーム先端技術の研究開発については、先端研究のニーズを捉えたイオンビーム技術の研究開発を行うことにより、施設機能の高度化及び先端研究の効果的な推進を図る。

であり、具体的には次の2つの主要課題領域の研究開発、1) 放射線照射施設の管理・運営、2) ビーム先端技術の研究開発、を行うとしている。

以上の基本方針と具体的な研究計画は、物理、化学、生物系研究を併せ持つ最先端の総合的放射線利用拠点であることを踏まえた、構成、方策となっており、実施課題を重点化し、原研内外との研究協力・連携も保たれていて、計画は妥当なものと評価できる。

高崎研究所の放射線照射施設は、強度による利用範囲の狭さ、適用作物種の限定、試料調整の困難さを有していることなどから、GeV級イオン加速器やベビーサイクロトロンの導入が強く望まれているが、今一度、TIARAを充分使いこなしているかどうか、自己点検することも重要である。その一方で、現有加速器での限界を示し、新しい加速器の設計理念と研究を進めることが重要である。

放射線照射施設の管理・運営については、各加速器の利用状況の推移データを分析し、利用傾向の変化の意味を解析して、今後の利用ニーズを把握することが重要である。また、安全面から運転時間が限られる点の制約はやむを得ないが、研究の能率向上の観点から運転時間を柔軟にすることが可能かどうか検討する必要があろう。放射線照射施設は、他部門分野への貢献も大きく、ビーム先端技術は、材料、バイオ等の分野に有効に生かされ、世界的なユニークな研究拠点として、その成果は大いに期待できる。

ビーム先端技術の研究開発では、GeV級重イオン加速器の設置とその有効利用が、放射線利用によるサイエンス・テクノロジー開発とその産業化で、日本が世界をリードし、成長を続ける鍵となるものであるが、その特性については十分検討が必要で、高崎研究所関連の研究上のニーズを明確化し、国内施設との関係等を考慮しながら進める必要がある。さらに、マイクロビーム化などビーム品質の向上によってどのような新たな利用が拓けるのか、ニーズとの対応をより明確にすることが重要である。

5. その他

高崎研究所だけの問題ではないと思うが、所員の年齢構成のアンバランス（高齢化）が特に著しいところが一部に見られる。問題解決の困難さを理解したうえで、今後の研究の健全な展開を図るためにも、このアンバランスの是正の努力をお願いしたい。当面、流動的研究員制度のより積極的活用による対応も一策であろう。

最後に、今回の書面による一次評価など、事務局の工夫があり、その努力とご苦労は評価するが、結果として、評価委員の方々には、広い分野にまたがる数多くの課題を、極めて短期間に評価していただくこととなった。評価がより適切で、より有効となるよう、もう少し時間的余裕を与えていただくことを希望したい。

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、研究評価委員会の放射線利用研究専門部会において、高崎研究所の材料開発部、環境・資源利用研究部（イオンビーム生物応用研究部に改組予定）、放射線高度利用センターの研究開発課題について、平成14年度からの5カ年の計画の事前評価を行う。

2. 評価方法

2.1 専門部会の構成

部会長	石榑 顯吉	埼玉工業大学先端科学研究所教授
専門委員	岡村 正愛 勝村 康介	キリンビール(株)植物開発研究所主任研究員 東京大学大学院工学系研究科附属原子力工学研究施設 ビーム物質相関部門教授
	工藤 博	筑波大学物理工学系教授
	曾我 文宣	放射線医学総合研究所加速器物理工学部長
	中西 友子	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	濱 義昌	早稲田大学理工学総合研究センター教授
	平田 雅規	(株)半導体理工学研究センター研究推進部上級研究員
	平山 英夫	高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター教授
	水野 彰	豊橋技術科学大学エコロジー工学教授

2.2 事前評価対象研究開発課題

- (1) 材料開発部
 - 1) 有機機能材料創製の研究
 - 2) 無機機能材料創製の研究
 - 3) 極限環境材料への放射線照射効果の研究
 - 4) 環境機能材料の研究
 - 5) 微量環境汚染物質除去プロセスの研究
- (2) イオンビーム生物応用研究部
 - 1) イオンビームを用いた植物資源創成の研究
 - 2) イオンビームによる生物機能解析の研究
 - 3) バイオ技術への放射線利用の研究
 - 4) 生体機能模倣システムの研究
- (3) 放射線高度利用センター
 - 1) 放射線照射施設の管理・運営
 - 2) ビーム先端技術の研究開発

2.3 専門部会の開催

日時 平成13年6月25日（月） 9:30～17:30

場所 日本原子力研究所 高崎研究所 ベンチャーハウス 大会議室
議事

- 1) 専門部会の審議について
 - (1) 部会長挨拶
 - (2) 審議の進め方
- 2) 原研における放射線利用研究開発の全体概要
(説明者：渡辺高崎研究所長)
- 3) 材料開発部の研究開発課題
(説明者：橋本材料開発部長)
- 4) イオンビーム生物応用研究部の研究開発課題
(説明者：棚瀬環境・資源利用研究部長)
- 5) 放射線高度利用センターの研究開発課題
(説明者：西堂放射線高度利用センター長)
- 6) 専門部会総括討議
 - (1) 評価結果について
 - (2) 今後の取りまとめについて

2.4 評価項目及び評価基準

事前に提出される評価用資料及び専門部会における説明に基づき、下記の評価項目、評価の視点、評価の基準に沿った項目別評価を行い、また必要に応じて、その他の所見を示し、これらを踏まえて総合所見を取りまとめる。

(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、総合的推進方策の妥当性」）
 - (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) 研究の進め方（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

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

(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. 評価対象研究開発課題の概要と評価結果

3.1 高崎研究所における研究開発

3.1.1 高崎研究所における研究開発の計画の全体概要

1. 放射線利用研究の意義と目標

1) 我が国における放射線利用研究の意義

本年3月に改訂された科学技術基本計画において、我が国は基礎研究の推進とともに、国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点化のために、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料の4分野を重点的に推進することとしている。従って、これらの分野への放射線利用の貢献が求められている。

一方、原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画においては、放射線利用研究が「科学技術の発展や国民生活の向上に役立っている」ことを評価した上で、今後は「食料の安定供給や環境保全に役立つ植物の放射線育種、先端的な新素材及び資源確保に役立つ新材料の創製、排煙・排水中の有害物質を除去する環境保全技術の開発等を進めることが重要」であり、産学官が連携して、「国民生活の質の向上、環境と調和する循環型社会の実現、活力ある産業の維持・発展等、21世紀の社会的な要請に応える」とその意義を述べている。

2) 高崎研究所の役割

原研は、我が国における放射線利用研究の中核的研究機関として昭和38年に高崎研究所を設立して以来、国民の負託に応えることを使命として研究開発を実施し、特に放射線の工業利用分野においては、民間への積極的な技術移転を通じて、国民生活の向上に多くの貢献を果たしてきた。今後も基礎研究と独創的放射線利用技術の開発に基づき、新たな放射線利用の途を拓くという役割は変わるものではない。

3) 研究開発の目標

高崎研究所における研究開発の目標は、国家的・社会的ニーズを踏まえて、加速器等(特にイオンビーム)を利用した先端的な研究開発を進め、幅広い分野への応用を通じて国民生活・福祉の向上に貢献する新たな放射線利用の途を拓くことにある。

上記科学技術基本計画における重点項目(ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料)ならびに原子力長期計画での提言等に示されている国家的・社会的ニーズに対して、原研におけるこれまでの研究開発の実績と技術開発の蓄積を活かすにあたり、環境、材料、ライフサイエンス(特に食糧や環境に係わるバイオ技術と医療へのRI利用)の3分野に重点をおいて、研究開発を推進する。特に、新たな放射線利用の途を拓くことを目指して、イオンビームを利用した材料・バイオ技術分野における先端的研究開発を重点的に推進するとともに、長期的観点から国家的・社会的ニーズが高い環境分野において、材料・バイオ技術の両面から環境保全・環境浄化を目指した放射線利用研究を進める。また、目標を達成するために必要な基礎研究と基盤技術の高度化及び新技術開発等を進めることによって、国内外の中核的研究機関としての役割を果たす。

2. 研究開発の主な成果

1) 放射線利用技術の実用化

これまで工業利用を中心に多くの実用的成果を挙げてきた。工業利用分野では、ボタン型電池用隔膜などが独自の技術開発によって実用化されたのを始め、ラジアルタイヤ、耐熱性電線などの実用化にあたっては、間接的な貢献を果たしてきた。近年では、電子線を利用した半導体クリーンルーム用フィルター、超耐熱性セラミック繊維などの実用化が進展しており、イオンビーム関連では、高感度飛跡検出器が実用化されている。一方、原子炉用電線の耐放射線性評価技術の規格化、人工衛星太陽電池の寿命評価など、放射線環境下で使用される材料の評価技術の開発にも貢献してきた。農業利用分野では、北海道の馬鈴薯照射施設や沖縄県や鹿児島県のウリミバエ不妊化施設に貢献した。また、平成11年に原研ベンチャー支援制度が発足したのに伴い、放射線利用の分野で3つの原研支援ベンチャーが誕生し、放射線加工技術の実用化を図っている。

2) 先導的技術開発

これまで多くの電子線、 γ 線の先導的な放射線利用技術を開発してきた。さらに平成5年にTIARAが完成して以来、第2世代の技術としてイオンビームの利用を行ってきた。材料研究においては、高分子材料に対するイオンビーム穿孔技術と穿孔膜機能化技術、無機材料に対するイオン注入技術やイオンビーム分析・計測技術、宇宙用半導体や高分子材料のイオンビーム耐性評価技術などが開発されてきており、また、電子線を用いたグラフト重合による高分子機能化技術、放射線架橋による天然高分子からのハイドロゲル生成技術、セラミック複合材料製造技術などが開発されてきている。バイオ技術研究では、イオンビーム誘発突然変異を利用した植物育種技術が世界で始めて開発され、ポジトロン放出核種を用いたイメージング技術、マイクロイオンビームによる細胞加工技術など新技術が開発されてきている。イオンビーム技術の開発では、サイクロトロンでのカクテルビーム加速、マイクロビームを用いた元素分析技術やシングルイオンヒット技術など、多くのビーム技術が開発されてきている。

3. 研究開発の今後の展開

1) 研究開発の方向と推進方策

イオンビームや電子線などの放射線が示す物理・化学・生物作用の特徴や解析プローブとしての有用性ならびに照射技術に係わる制御性などの特徴を活かして、新素材・新機能材料の創製研究、材料の耐放射線性評価研究ならびに生物応用研究等の材料・バイオ技術に係わる基礎研究及び先導的技術開発を進めるとともに、そこから得られた成果の実用的利用を目指す。特に、イオンビームを用いた材料・バイオ技術の高度利用に重点をおいた研究開発を進めるため、イオン照射研究施設(TIARA)の機能のより一層の高度化を図るとともに、GeV級イオン加速器の整備についての検討を進める。また、研究開発にあたっては、独創性を重視し、萌芽的基礎研究を育てるとともに、そこから生まれる独創的な技術の開発を目指す。研究の効率的推進を図るために、大学その他の研究機関とのより一層の協

力を促進する。実用化にあたっては、研究開発の進展の度合いに合わせて、民間企業との共同研究を進め、短期間に効率良く技術移転を図る。技術移転は、科学技術振興事業団を活用するとともに、民間企業への直接移転、原研ベンチャー企業への移転なども含めて積極的に進める。

2) 主要な研究開発項目

原研高崎研究所では、材料開発、生物応用研究、ビーム先端技術開発の分野における先導的技術開発とその応用に関する研究開発を推進する。

3.1.2 所見

1. 放射線利用研究開発の大目標と位置づけについて

高崎研究所の全体としての環境、機能材料、バイオ技術・医療の3分野において個別的に、また重層的な課題の解決を設定し、放射線利用に係わる先導的研究開発と技術支援業務を目標としている。これまでに高崎研究所は放射線利用における基盤技術開発とその実用化を着実に進め、多方面において多くの実績をあげてきた。平成14年度からの全体計画としては、これまでの成果を反映して堅実に進めるプロジェクト研究とともに、新たな開拓プロジェクトテーマが多数提案されており、これを材料開発部、イオンビーム生物応用研究部、放射線高度利用センターの3研究組織の連携の下に進めようとしている。

この研究開発の全体としての方向性、課題の設定は、新たな時代の要請に応えるものであり、適切と考える。特にバイオ技術は比較的歴史が浅いが、着実に高崎研究所の重要な研究分野として育っているとの印象を受ける。人工光合成の研究開発は、物理化学生物の英知を結集できるはずの高崎研究所の課題としてふさわしい。環境の世紀の目標として、世界に先駆けて成功させてほしい。一方、機能材料分野では、従来研究の発展を志向し、最近の流行のキーワードであるナノ電子デバイス、マイクロマシン、自己組織化などが並んでいるが、特徴を生かした戦略的な展開をもう少し明確にした方が良いと思われる。

従来、国内外での放射線科学技術の研究は必ずしも強い勢いを維持できておらず、この中での高崎研究所の存在は大きなものがある。同時に、今後とも、TIARAをはじめとして、 γ 線や電子線照射施設等は引き続き、共同利用施設として有効利用を図り、放射線利用における国の中核機関として発展することを望みたい。

これに関連して、周知のように、近年、原子力分野の研究開発においては、産官学の役割分担を明確にすることが強く求められている。また原研内にも他の加速器利用が出てきていることもあり、所内連携の見直し、強化が求められる。こうした情勢の中で 放射線利用における高崎研究所の内外における役割分担を明確にしておく必要がある。平成12年原子力委員会「原子力長期計画」中の“国民生活に貢献する放射線利用”（「農業、工業、環境保全利用」）に沿って、どのように担っていくのか、どのように展開をはかるかを、より明確にし、これを外部に発信していくと良い。

以上の総論的所見に続いて、放射線利用研究分野の今後の進め方に関わる、特に重要と考えられる特定事項についての所見を記す。

2. 特定事項について

1) 放射線利用の普及と啓蒙

放射線利用による実用化、社会への貢献で大きな成果が出ているが、社会的に十分認知されているとは言いがたい。国民に対する啓蒙、広報をもっと積極的に行う必要がある。関係研究分野等では、紹介され宣伝されていても、社会の放射線に対する受け止め方の影響もあり、社会一般では放射線利用が正当に認識されていないのが実態である。原研として、高崎研究所として、最も強くその活動を宣伝できる有利な研究部門である訳で、自主的な社会理解促進活動に継続的に、積極的に取り組まれたい。なお、この件は別途に研究所運営全般に関する視点で評価されるべき事柄である。

2) 基礎基盤研究として

研究開発の目標レベルで見ると、TIARA を利用した先端的な基盤研究と、より短期的な実用化を目指した応用的研究に分れている。前者の有機材料のイオン照射効果においては、放射線化学的反応過程が複雑である。この過程を解明することが新機能性材料創製の道に繋がると考えられる。そのためには独創的な分析技術の開発を進めることも重要であろう。また、既存の評価法でのデータの蓄積を行っていくことも重要であるが、それらを如何に有効に活用できるかが鍵であろう。

3) 応用研究として

応用研究としては、“生活に密着した技術”と関連しているテーマが多く、民間への技術移転と合わせて厳しい経済性の評価を行なっていくことが重要である。

その場合、開発済み、開発中の有望な基盤技術について、各産業界、国公立機関、個々民間企業への積極的な情報提供、また応用のヒントの募集、共同研究の推進をしやすい環境（ベンチャー支援制度はその例）を整備することにより、さらなる社会貢献が期待できる。

4) バイオ技術研究

現在急速に進展している、DNA 産業における原研基盤技術応用・展開を、各分野とも検討できると思われる（DNA チップの再現性・定量性向上、DNA 利用機能材料開発、情報分子としての DNA の改良）。

予防医療の進展、各人の DNA にあったオーダーメイド医療の進展→放射線医療の改良（ナノ照射、RNA 転写対応医療）に寄与していくものと期待できる。

世界のトップを走るイオンビーム利用植物育種技術での基礎研究を継続的に行う体制をとられたい。その際、植物育種技術において対象植物をもっと絞り込めないか、1、2 年で整理し集中的研究を行うことが重要と考える。

5) 加速器技術開発

新たな放射線利用の道を拓く加速器の開発、活用を進められたい。特に、「イオンビーム利用植物育種技術」を進展させる、高エネルギーイオンビーム照射装置の開発は重要である。

6) 外部との協力

全般的に社会への貢献度の高い研究テーマが提案されている。これらの研究はアピール度が高い反面、地味な基礎的研究の積み重ねが必要なはずで、大学との研究交流は今後いつそう必要と思われる。開かれた研究所として、研究協力の一層の推進のため、これまでの組織の枠を超えた新しい連携と外部資金の導入を望みたい。

個々の研究において、大学その他の機関との共同研究あるいは研究交流に何を求めるかあるいは期待するか（研究基盤的な情報、ノウハウ、人材等）を研究の進展に応じて提示していくことにより、外部の研究者の対応もしやすくなる。

7) その他

放射線利用の研究を展開していく上で、原研として研究成果をあげるだけでなく、日本全体の研究水準を向上させるような役割を持っている事を自覚して、外部の研究機関や研究者との関係を考えていく必要があるのではないか。人材育成の必要性にも対応できる。

重要な研究成果は予測できない試行などから得られる可能性も高く、研究テーマの評価に縛られすぎると大きな成果が得られない危険性があるので、研究者の自由度を常に保つようにしていただきたい。

原子力発電や再処理施設の更なる安全対策技術としても、吸着材料や電子ビーム照射環境保全技術が大いに役立つものと思われる。技術の波及効果も大きいので、より積極的に考えられても良いのではないか。

3.2 材料開発部の研究開発

3.2.1 研究開発計画の概要

1) 研究開発の基本方針

広い範囲への均一照射から極めて限られた狭い範囲への照射やエネルギーの調節による深さ方向の制御が可能なイオンビームや電子線などの放射線の特長を活かした材料の微細構造制御、反応の解明・制御、高度計測技術などに関する基礎・基盤研究を行う。また、得られた成果を基に、環境、情報通信、エネルギーなど、社会的ニーズに的確に対応する材料創製や放射線場で使用する材料の信頼性評価及び反応プロセスなどの実用技術の研究開発を進める。具体的には以下に述べる5つの主要課題領域の研究開発を行う。

2) 研究開発課題の計画

(1) 主要課題領域1：有機機能材料創製の研究

a) 目的

高度に制御されたイオンビームや電子ビームを用いて、先端有機機能材料創製技術を開発する。

b) 研究内容と達成目標

ナノ電子デバイス創製の研究 ポリイミドやポリベンゾオキサゾールなどの高分子膜へのイオンビーム照射効果を調べ、イオンビーム穿孔によるナノスケールの微細孔の制御技術を開発するとともに、これらの微細孔への半導体などの導入によるナノスケール発光素子の作製を行う。

高導電性イオン交換膜用材料の研究 放射線橋かけ技術を利用して作成したテフロン膜への導電性基導入技術を確立し、得られた膜について、耐酸化性など、燃料電池への利用のための特性評価を行う。

c) 意義

本研究はイオンビームによって有機薄膜を微細加工し、発光素子や生物細胞機能膜などを開発するものである。将来的には、有機薄膜を分子レベルで微細加工し、超高速・超高密度3次元メモリーや量子プロセッサーの構成素子や生体模倣システムの開発などに役立つ技術の基礎となる。また、熱や薬品に強い放射線橋かけテフロン膜にイオン交換基を導入することにより、化学的、機械的、電気的性能に優れる燃料電池用隔膜への応用が可能となる。

(2) 主要課題領域2：無機機能材料創製の研究

a) 目的

高度に制御されたイオンビームや電子ビームを用いて、先端無機機能材料創製技術を開発する。

b) 研究内容と達成目標

高効率光触媒材料の研究 TiO₂へのイオン注入による微細構造制御を研究するとともに、本技術を応用して、太陽光スペクトルを用いた換算値で、現在の純粋TiO₂結晶での光触媒性能に対して数倍～10倍の機能向上を目指す。

マイクロマシン用デバイス作成技術の研究 材料の微細成型の研究を行い、得られる技術を基に、種々の環境下で使用可能なマイクロマシン用デバイスの製造技術を開発する。本研究では数μm～100μmのSiC系マイクロ部品を製作するとともに、精密機械やマイクロマシンへの組込みを行い、性能・耐久性を明らかにする。

炭素集合体機能材料の研究 新規に見出されたイオン照射によるカーボンオニオン生成について、その安定生成条件を確立するとともに、その構造、特性を明らかにし、新たな機能発現材料としての可能性を探索する。

c) 意義

本研究は、可視光を有効に利用できる光触媒材料の開発に関するもので、太陽光の有効利用が図れるとともに、この触媒により有害な有機物などを分解することにより環境保全にも役立つ。また、マイクロマシン用デバイスは、これまでの材料開発で得られた技術を基に、高放射線、高温、強酸・強アルカリ環境下でも使用可能なマイクロマシン用デバイスの製造技術を開発するもので、医療、宇宙、核融合、精密機械工業など、様々な分野で使用可能なマイクロマシンの開発に役立てられる。

(3) 主要課題領域3：極限環境材料への放射線照射効果の研究

a) 目的

極限環境下で使用される材料の放射線劣化挙動を解明し、劣化の推定法を開発する。

b) 研究内容と達成目標

高効率太陽電池や高集積回路などの放射線による劣化・誤動作や特性変化を明らかにし、解析モデルを構築する。また、高分子材料及び高分子材料で構成される機器・部品の放射線耐性に関するデータを蓄積し、そのデータベース化を図る。さらに、炭化ケイ素(SiC)半導体の電子線照射によるキャリア寿命制御と高温中性子転換ドーピングによるキャリア濃度制御技術を確立する。

c) 意義

本研究により、放射線環境下で使用される人工衛星、原子力用ロボット、加速器制御機器や、宇宙線で障害を受ける鉄道設備やスーパーコンピュータなどに用いられる中枢電子部品の耐久性や信頼性が予測できる。また、核融合炉、宇宙環境、大強度陽子加速器などの高放射線場で使用されるポリイミドなどの有機高分子材料や機器・部品の寿命評価が可能となり、設備運用計画の策定に役立つ。さらに、半導体素子の電気特性が改善でき、情報通信やエネルギー電気電子関連分野に役立つ。

(4) 主要課題領域4：環境機能材料の研究

a) 目的

放射線を用いて、環境保全に役立つ材料創製技術を開発する。

b) 研究内容と達成目標

金属捕集材料の研究 放射線によって有機高分子に起こるグラフト重合反応を利用して、海水中ウランやその他の有用金属及び排水からの有害金属捕集に役立てるための研究を行う。本研究では金属捕集材料の研究について、Co、Ni、Cd、Asなどの高効率吸着に適した官能基、グラフト液組成、材料の形状等を解明するとともに、吸着物の分別溶離法と精製分離技術を確立する。

高分子ゲル作製技術の研究 天然高分子ハイドロゲルの放射線橋かけ密度と機械的特性、吸水特性、生分解性との関係を明らかにする。

c) 意義

本研究は、ウラン、ニッケル、コバルト、マンガンなど、可採埋蔵量に限界がある有用金属資源の確保や廃液などに含まれる低濃度のカドミウム、ヒ素など、環境汚染の原因となる有害金属の除去に役立てられる。また、天然の高分子材料の改質によって得られる微生物分解性ゲルは砂漠の緑化に適しており、また医療材料として有効である。

(5) 主要課題領域5：微量環境汚染物質除去プロセスの研究

a) 目的

放射線による環境汚染物質の酸化分解、イオン化、微粒子生成や帶電効果の解明と、その効果を利用した環境浄化プロセスを確立する。

b) 研究内容と達成目標

ダイオキシン及び内分泌搅乱物質の分解処理の研究 ゴミ焼却場などで発生する飛灰や排水中のダイオキシンの分解挙動を明らかにするとともに、効率的分解プロセスを確立する。また、その排ガス中のダイオキシン分解技術を含め、民間会社や自治体などに技術移転する。

内分泌搅乱物質の分解の研究 下水処理場や病院などの排水中に含まれる β -エストラジオールなどの内分泌搅乱物質やホルモン剤へのガンマ線、電子線の照射効果を調べ、分解の可能性を明らかにする。

イオンクラスター化による環境浄化の研究 酸化分解が困難な環境汚染物質について、電子線及びイオンビーム照射によるイオン化・励起プロセスの解明を進めるとともに、イオンクラスターの生成やその他の微粒子生成及びその帶電挙動を調べ、電極などによる効率的捕集条件を明らかにする。

c) 意義

本研究は、揮発性有機物、ダイオキシン、内分泌搅乱物質など、極めて低濃度でも生物や生態系に悪影響を及ぼす種々の環境汚染物質の放射線処理技術の開発に関するもので、大気及び水環境の保全に寄与する。

3) 総合的推進方策、研究資源、外部との協力の計画

(1) 総合的推進方策

研究開発遂行の範囲は、基礎・基盤研究とその応用としての研究開発の実用化の可能性の実証までとし、実用化研究により得られた技術的成果は、できるだけ早期に民間会社などに移転を行う。

イオンビーム利用については、ナノ電子デバイスや高効率光触媒性材料及びマイクロマシン用デバイスなど、有機・無機機能材料などの先端材料創製の基礎・基盤研究を行うとともに、その実用化への応用技術の研究開発を進める。半導体や有機高分子材料の耐放射線性評価技術の研究については経常的に進める。ガンマ線・電子線を利用する研究開発については、微量環境汚染物質除去プロセス、金属捕集材料、生分解性高分子ゲルなど、環境分野の研究開発に重点を絞って進める。

(2) 研究資源等の計画

予算と人員の配分に関しては、基礎・基盤研究の進展に伴って、間近な実用化が見込まれる研究には、予算と人員の短期的投入を行う。材料評価など、基盤的に実施する必要がある研究については、安定した予算と人員の配分を行う。予算と人員（業務協力員、博士研究員を含む）の配分を次表に示す。

(単位：百万円)

項目	予算(人員)					
	14	15	16	17	18	合計
主要課題領域 1	63(10)	84(11)	72(14)	92(15)	102(16)	413(66)
主要課題領域 2	69(11)	90(12)	100(12)	100(13)	100(13)	459(61)
主要課題領域 3	83(12)	118(12)	80(11)	80(11)	80(11)	441(57)
主要課題領域 4	95(9)	75(8)	75(8)	75(8)	75(8)	395(41)
主要課題領域 5	79(8)	98(9)	98(9)	66(7)	61(7)	402(40)
合計	389(50)	465(52)	425(54)	413(54)	418(55)	2110(265)

予算の確保に関しては、受託研究、外部機関のテーマ募集による資金の獲得に努める。人材確保のため、業務協力員、博士研究員、特別研究生等の流動的研究員システムを有効活用するとともに、基礎・基盤研究については、主として大学などとの協力により効率的に進める。

(3) 外部との協力

基礎・基盤研究から生まれた実用研究については、主に民間会社などとの共同研究を重視して進める。材料の耐放射線性評価については、原研内外のユーザーと連携を保ちつつ研究開発を実施する。また、天然高分子材料については、研究開発のニーズが高い東南アジア諸国との研究協力により進める。

3.2.2 評価結果

3.2.2.1 項目別評価

(a) 研究開発の基本方針（評価点 4.2）

今後の発展が期待されているナノテクノロジーの基本となる材料開発、反応プロセスの解明など、全体目標は妥当であり、環境関連材料開発目標（汚染物質光分解、排水廃液からの有害物捕集、生分解性材料開発）、環境保全プロセス開発目標（ダイオキシン、環境ホルモン）とも優れている。但し、有機、無機という分け方は、今後有機・無機ハイブリッド材料の重要性が増すと考えられることから、境界領域への展開に充分留意する必要がある。また、全体的に計算機シミュレーションなどソフトの研究が弱いとの印象を受ける。ソフト・ハードのバランスが重要である。

推進方策は、「基礎・基盤研究とその応用としての研究開発の実用化の可能性実証」までの方策や、外部資金導入、博士研究員制度などのR&Dコストを意識した方策など、総合推進方策となっており妥当である。開発にあたり所内他部門との協力連携が有効である（特にバイオ医療関連課題）。さらに、今後、ニーズをより良く研究に反映するためには、燃料電池、集積回路、環境装置など、具体的開発を行っている企業との情報交換や共同研究がいっそう必要になる。特に、半導体材料に関しては情報交換を積極的に行い、企業のニーズを的確に判断しつつ進めることが重要である。予算については、ナノデバイスなどの重点テーマは別枠予算を獲得すべきである（米国は国家戦略として大きな予算をつけている）。

個々の課題としては、マイクロマシンは、具体的にどのようなものを目標とするのか、もう少し絞り込みが必要である。微量環境物質除去プロセスでは、排煙脱硫脱硝などの実績をふまえ、社会的に問題となっているダイオキシンの除去およびイオン核生成を利用する新しい方法の提案があり、反応メカニズムの解明など、学問的にも重要である。また、実用化の可能性を示すことも重要であり、経済性の評価を行いつつ進めていただきたい。

(b) 資源配分（評価点 3.2）

有機機能材料には高崎研究所の過去の蓄積があり、最も力を入れているようにみえる。これは妥当と判断する。さらに、高崎研究所の特徴としてのイオンビーム利用によるナノテクノロジー・材料創製に重点配分していくこと、間近な実用化が見込まれる技術に予算の短期的投入を意識していくことは、原子力の社会貢献の多面性を、人々に知らせるために有効であり、妥当である。

なお、研究員の年齢構成において老齢化が目立つ（51歳以上が50%）。このアンバランスを、困難であることは理解するが、是正していくことが重要である。特に研究開発資金、

人員の配分は研究の進展に応じて流動性を持たせるべきである。

(c) 原研他部門との協力・連携（評価点 3.3）

極限環境材料への放射線照射効果の研究は、他4領域、原研他部門、に共通の信頼性を与える基礎となるもので、「極限」に限らず、信頼性評価研究としての役割をもつ。核融合炉用材料の開発は極めて重要であり、連携は妥当である。原子力発電に関しても、いっそくの安全性向上のため、微量環境汚染物質の除去や回収等、有用な研究テーマを積極的に進めさせていただきたい。

しかし、全体的に、概して原研内の他部門との連携が弱いと感じる。今後、関西研究所、強力中性子源プロジェクトなど周辺部分との関係を明確にしつつ、協力、連携を進めていくことが重要である。また、材料部門をさらに発展させるために、DNA産業、医薬応用、などの面で他部門との連携を実現する方策も必要である。定型的なプログラム開発などは外部に委託し、原研として研究すべき技術領域を明確にし、経済性を考慮して効率的に進めさせていただきたい。

(d) 外部機関との協力・連携（評価点 3.6）

外部の大学、研究機関との連携は図られており、妥当である。ドイツ重イオン研究所(GSI)、アジア諸国に限らず積極的な国際協力を図っていくべきである。また、実用化という観点から、ニーズを反映して、企業との共同研究のいっそうの推進、ならびにベンチャー企業育成を積極的に行っていただき、研究成果の早い実用化をめざしていただきたい。これまで民間共同研究を多数実施していることで、今後も開発から応用へのバランスをうまくとって産業利用成果につなげていただきたい。そのためにも外部機関を引きつけるような新鮮なテーマを提示することが必要である。

なお、省庁再編、独立行政法人化などの新しい要因もあり、産・官・学全体の協力、連携のあり方（例えばプロジェクト共同研究など）を再構築する時期であろう。群馬大学工学部との連携大学院講座の発足は新しい試みとして興味深い。また、バイオ分野との連携強化が、現有基盤技術からの新たなシーズ開発に有効と思われる（原研バイオ部門、大学・民間）。基礎・基盤研究については、大学等との連携を積極的、有機的に行っていくことが重要であるが、大学中心の研究を支援しながら、その中から新たなテーマ開拓を図る方策も考慮すべきである。

(e) 人材養成の施策（評価点 3.0）

30歳以下の所員が1名となっている。若手研究者の養成が重要である。早急に中堅研究員を確保するとあるが、一朝一夕にはいかない。長期的な施策が必要である。原研他部門との交流連携促進は、所内で開始できる活性化として重要と思われる。若手の人材確保のため、連携大学院制度を積極的に活用するのも一法であろう。

人材養成では、学会などへの積極的参加、研究者の交流は極めて重要である。また、日本の大学、研究所のみならず、外国との交流を推進されていることはたいへん結構であり、

積極的養成を行うべきである。

(f-1) 有機機能材料創製の研究

(イ) 目的・意義 (評価点 4.1)

有機機能材料創製の研究は、これまでの成果を活用する課題であり、継続性、展開性の観点から評価できる。生体機能模倣技術の開発に結びつける方向性が優れている。生体機能模倣技術の開発に関する研究内容を、他部門と連携して充実されると良い。また、微細スケール孔制御は将来性のある技術の一つであるので、イオンビームによる有機薄膜の基礎研究は大いに進めるべきである。但し、イオンビームによる穿孔でナノメーター構造の制御および高導電性イオン交換膜の1年での実用化はなかなか困難と感じる。応用対象により、加工材料や要求精度が異なる。より具体的に目的を設定されるとより判りやすい。

ナノ発光素子は、競争のはげしい分野であり、原研独自の特徴を出すよう、情報をよく収集しつつ進めていただきたい。ナノテクノロジーは米国も国家戦略として取り上げている重要分野であり成果を期待する。

(ロ) 研究展望及び達成目標 (評価点 4.0)

達成目標は妥当である。穿孔膜の半導体、ナノ材料等への新しい利用展開に期待したい。要素技術が固まった時点で、より具体的な目標設定をすることが必要である。

(ハ) 研究の進め方 (評価点 3.9)

進め方の計画は妥当であるが、生体機能模倣システムについては具体性が乏しい。人工光合成を、分野をこえた共通的中心課題としてかかげることは魅力的であるが、現在の研究の延長として、繋がりがもう少し見えないと唐突な感じをまぬがれない。ハイブリッド素材開発では、DNA の情報記録機能と増殖機能を活かす方向の探索が必要である。ニーズを前提とした研究の推進、メーカー連携による開発、事業化のスピードアップを期待する。

(ニ) 予想される成果の波及効果 (評価点 4.2)

材料の選択と新しい材料の開発がキーポイントであると思うが、ナノテクノロジーは幅広い波及効果が期待できる。ハイブリッド素子では、DNA の情報保持、伝達機能を活かした、画期的シーズの開発を期待している。なお、レジスト材料の開発はパターニング技術だけでなく密着性、耐熱性、耐溶剤性などの総合的な機能、性能が必要である。

(f-2) 無機機能材料創製の研究

(イ) 目的・意義 (評価点 3.7)

高効率光触媒材料の研究では、炭酸ガス資源化、有害物質分解、太陽電池応用とも重要な課題であり、光触媒系開発の意義は大きい。炭酸ガス資源化、生分解物質の強度向上研究を産業利用にまで進展させることを期待する。TiO₂のイオン注入の利用展開はこれまでの成果の延長線上であり、今後を期待したい。しかし、一方では、可視光を利用できる光

触媒は重要であるが、たいへん競争の激しい分野であり、イオン注入方法も多種類あるので、原研独自の特徴をだせる光触媒が実用化できるかどうかが問題である。二酸化チタン以外にもイオン注入法が触媒機能改善に有効な可能性があれば試してみる価値があるようと思うが、電子ビーム照射による触媒活性化など原研独自の方法をもう少し検討されると良い。

マイクロマシン用デバイス作製技術の研究では、マイクロマシン用デバイスの製造と、その組み立てとの両者があいまって有用なマイクロマシンが製造可能となるが、前者に主眼点が置かれているように見受けられる。微細エレメントの組み立て方法も同時に開発する必要がある。しかしながら、いわゆる微細ロボットは、まだ具体的な応用が難しく、これとは違う観点からの研究を行う必要がある。例えば遺伝子の高速解析のための微細化学反応装置など、原研の行っている微細加工や微量物質計測などの技術を結合することで実現できる分野のマイクロマシンを検討されたらいかがか。

なお、現在ナノ材料については既に他機関で種々の展開がはかられていることを考えると全体的にナノ材料への展開には特徴が乏しく、体制が弱いとの印象を受ける。

(口) 研究展望及び達成目標（評価点 3.7）

達成目標としては、5年間では目標以上の成果を期待しても良いのではないか。そのためにも光触媒材料を利用した有機物質合成を実用化するまでの課題を重点研究されたい。なお、マイクロマシン技術やナノ材料などのキーワードが並んでいるが具体性に乏しい。イオンビームを使った特徴を出しながら、より戦略的な展開を図ることが重要である。

(ハ) 研究の進め方（評価点 3.4）

研究の進め方は概ね妥当であるが、真の材料開発のためには、イオンビーム技術の高度化について材料研究者から提案が出されるべきである。実用化に向けた課題を重点的に検討されたい。 TiO_2 はこれまでに他で相当研究が行なわれており、これから参入する高崎研究所としての特徴及び今後の成算が必ずしも明らかでない。可視部応答の拡大を先ずということであろうが、もう少し用途を絞って目標を明確化したアプローチが必要である。

(ニ) 予想される成果の波及効果（評価点 3.9）

成功度が高ければ各方面への波及効果は大きい。カーボンオニオンは興味深い構造である。応用としての可能性だけでなく具体的なデータを示せれば幅広い利用が期待できる。新規材料開発成功（に目途がつく）ごとに、その情報発信と産業界ニーズの収集を行い、産業化のスピードアップにつなげられたい。

(f-3) 極限環境材料への放射線照射効果の研究

(イ) 目的・意義（評価点 4.1）

これから益々微細化していく LSI などのエレクトロニクス・デバイスなどへの放射線の影響評価は重要かつ妥当な研究である。特に、宇宙用部品の放射線照射効果は具体的なニ

ーズに基づく重要なテーマであり精力的に推進して頂きたい。これまで太陽電池の劣化評価などに役立っており、今後の解析モデル化と計算機シミュレーションに期待する。耐放射線性解析モデルの構築や照射効果のデータ蓄積とデータベース化は、極限環境材料の開発の総コストを抑えるのに役立つ重要な課題である。

放射線照射効果の研究は原研の特徴を出した研究であり、耐放射線材料の探索、とりわけ核融合炉用材の探索、劣化評価など、重要な課題は原研全体として進めるべきことでもあり、検討をお願いしたい。原子力・放射線応用研究とその産業化における信頼性を、さらに向上させる確実さ、効率化を期待している。

(口) 研究展望及び達成目標（評価点 3.9）

達成目標は妥当である。データベース化に必要な要素は既に相当量存在しているので、これをデータベース化するだけでも大きな意義がある。データベースの公開閲覧とその効果把握もお願いしたい。

(八) 研究の進め方（評価点 3.6）

進め方は概ね妥当であるが、半導体材料、デバイスには多機種のものがあり、研究はこれらへの応用展開も含めた形で（1面のみを見ないで）行ってほしい。SiC は宇宙部品として魅力的であり、継続的にデータを蓄積することを期待する。

高崎研究所のこの分野の成果の蓄積は相当大きくなっている。系統的な知識基盤の整理と体系化が必要であり、重要な課題である。これまでそれなりの成果を出してきたが、今後の進め方においては解析手法の工夫が必要である。使い物になるデータベース化を期待する。

(二) 予想される成果の波及効果（評価点 3.9）

極限環境材料への放射線照射効果の研究は、原子力研究全般に共通の信頼性を与える基礎となるもので、「極限」に限らず、信頼性評価研究としての役割をもつ。

日本はデータベース分野は特に弱いので（欧米では NIST、NPL などがある）、宇宙用部品の選定などに使える、実用的に活用可能なデータベース化を是非行ってほしい。使用、実験条件を明確にした高分子材料データベースは上手に Web 上等に編集すれば、国内外の関係者には非常に便利で貴重なものになるはずである。

なお、耐放射線性材料は地上の技術として原子力発電プラントの長寿命化に関連したケーブルの寿命評価、原子炉解体ロボット用材料などのニーズがあり、高崎研究所にも波及効果についての認識はあるが、成果が余り活用されていないのではないか。更に情報の発信を進めていくことが重要で、期待度は高い。系統的な成果が得られれば、その波及効果は大きい。

(f-4) 環境機能材料の研究

(1) 目的・意義 (評価点 4.3)

金属捕集材料の開発は重要な放射線応用技術テーマで、環境保全にも役立つ研究である。海水などからの貴金属回収は経済性を考慮しつつも、将来に備えて進めておくべき技術開発テーマである。実施に際しては、有用金属捕集材の経済評価が極めて重要であり、客観的評価と問題点の抽出が必要である。今後とも技術と経済性の向上を目指し、民間との連携を強めながら進めて欲しい。モール状捕集材の開発とコストダウン成功を期待する。

高分子ゲル作製技術は住環境の脱臭などへの応用も期待出来る技術であり、放射線利用研究として優れている。

(2) 研究展望及び達成目標 (評価点 4.0)

研究の展望及び達成目標は妥当である。グラフト重合制御技術を利用した金属材料の研究は、環境保全に役立つ可能性が高い研究であり、実用化に向けて積極的に進めるべきである。

(3) 研究の進め方 (評価点 3.6)

年度毎のスケジュールが明確であり、進め方の計画は概ね妥当であるが、環境関連の研究は、原研内外の協力により、多角的なアプローチに基づいて進めるのが好ましい。ウランの分離は、微生物利用あるいはイオンクラスター分離など他の研究テーマの応用もあるので、連携を取りつつ進めていただきたい。他技術とのベンチマークも必要である。

利用可能な産業分野を大きくとらえ、経済性を考慮して研究を進め、社会貢献度向上を増大させていくことを期待する。

(2) 予想される成果の波及効果 (評価点 4.1)

環境機能材料の研究は、資源の有効利用、資源枯渇に備えた技術として有用である。また、環境保全技術としても微量汚染物質の吸着除去などに有効である。IT産業、バイオ産業などへの直接的、間接的貢献を具体的に意識した資源確保、有害物質除去の実用化を期待する。生分解性材料との組み合わせが実現できれば、廃棄物量を大きく低減できる。

海水ウランの捕集技術は経済性での目途が立てば、原子力産業に与えるインパクトが極めて大きい。今後とも経済性の向上等、開発を進めて欲しい。

生物分解性材料での放射線橋かけ反応制御が、乳酸重合によるポリ乳酸プラスチック、天然纖維の強化にも応用可能であると、環境負荷を減らす素材改良への波及効果が高まる。また、ハイドロゲルのコスト、成育特性が良好であれば波及効果は大きいと期待される。ただ、緑化用ゲルは現在多くの商品が開発されているがそれらとの競合が気になる。

(f-5) 微量環境汚染物質除去プロセスの研究

(1) 目的・意義 (評価点 4.3)

汚染物質分解、除去プロセスは、実用的で、環境保全に寄与する研究であり、社会的に

も重要で、最近の反原子力という風潮に対して原子力の社会貢献をPRできる研究である。また、電子ビームプラズマによる反応プロセスに新しい知見をもたらすものと期待でき、学術的にも重要である。内分泌搅乱物質の分解研究は特に意義深い。この分野の取り組みを評価する。

但し、ダイオキシン除去技術はその見通しが得られた時点で、経済性を含めた他の競合手法との比較検討を行なって進めることが重要である。多様な汚染物質に対処するためには、種々の方法の組み合わせ、最適化が必要で、電子ビームプロセスに固執せず、他の方法との組み合わせや、表面反応との組み合わせなども検討し、経済性の面で他の技術と競争できる技術の開発を目指していただきたい。

(D) 研究展望及び達成目標（評価点 3.9）

この分野の研究開発は“生活に密着した技術”として一般の関心も高く、ダイオキシンなどの分解処理は喫緊の課題であり、達成目標は妥当な目標となっている。実用化を期待する。情報の発信を積極的に進めるとともに、より広く社会的なニーズを把握しながら技術の展開を図って欲しい。

放射線照射による微量物質の分解は、環境対策として重要であるとともに、その反応プロセスは汚染ガス除去反応のみならず、各種化学反応の効率化などへの知見も与えるものと期待できる。排煙脱硫脱硝技術の実用化に至る過程で電子ビーム照射プラズマ中の気相反応プロセスの解明がかなりされているが、イオン反応あるいはクラスター形成など、まだ解明すべき反応過程が残されている。これらの解明は学術的にも重要であり、今後の技術の発展に大きく貢献すると期待出来る。また、超微粒子の荷電は拡散荷電が支配的となり、このためにはエネルギーの大きい電子ビームプラズマが有効である。微粒子の荷電とその電界による除去にも電子ビームの果たす役割は大きい。また、超微粒子の荷電を十分に行うこと、半導体などの成膜プロセスへの応用も期待でき、新しい技術となり得る。イオンクラスター化の研究の中でこのような観点からも進めていただきたい。また、数10から100 KeV程度のエネルギーの電子ビームは、より多くの分野での利用が可能であると期待でき、このような分散型の小型装置を用いたプロセスの実用化も視野に入れていただきたい。

なお、電子ビームに固執せず、放電プラズマなど他の技術との組み合わせなども含めて、よりフレキシブルに研究を進めていただきたい。

イオンクラスター化による環境浄化は、新しい観点からの微量汚染物質除去技術であり、進展が期待される。十分成果が期待できる展望である。

(E) 研究の進め方（評価点 3.5）

研究の進め方は概ね妥当である。積極的に情報発信しながら進めて頂きたい。しかし、ダイオキシン類は分析精度の問題があり、どのように分解が進むのか、どこまでの変換が分解したことになるのかなどを十分検討のうえ進めていただきたい。民間とも技術交流しながら早期の技術移転を期待する。

なお、本取り組みの得意な分野と他の化学的手法、生物的手法の得意な分野を明確にし、高崎研究所の特長を活かした進め方ができると良い。

(二) 予想される成果の波及効果（評価点 4.3）

環境問題は社会的に関心が高く、放射線の“有用性”をアピールできるテーマとして重要であり、地球環境保全への波及効果が大きい。情報の発信を充分に進めて欲しい。放射線利用環境修復の得意部門での実用化成功により、応用面が広がっていくことを期待する。

ダイオキシン類や内分泌攪乱物質の分解などは、他の方法との比較を行いつつ、また、他の方法との組み合わせなどによる性能および経済性の向上を目指し、実用化していただきたい。また、研究の過程で得られる反応プロセスの解明は学術的にも価値があり、多くの分野への波及効果が期待できるので、目的志向を強めすぎることは問題である。重要な基礎過程の解明はぜひ心がけていただきたい。

イオンクラスター化はクリプトンなどの不活性ガス分子の除去など原子力利用の安全性向上にも応用できる。この他微量物質の除去あるいは見方を変えると選別にも役立つと期待できる。多くの分野に波及効果の大きい技術となるものと期待する。

3.2.2.2 その他の所見

上記以外の所感、問題点、提言等、各委員の所見を以下に列記する。

○高崎研究所の研究開発における最も重要な柱と考える。

○物理、化学分野の英知と生物、生化学分野の英知が同居し、同じ研究会（TIARA 発表会など）で、また日常、議論できる利点を、より利用することで、他機関にない独創的視点、研究、応用が生まれやすいと思われる。

○高崎研究所の重要な柱の一つとして、成果、目標ともに優れている。研究開発をさらに効率化し、波及効果を高めるためにも、原研他部門との連携強化が効果的と思われる。

○環境に関連した研究は複合的側面が強いので、可能な限り他機関との協力により総合的研究を進めるようにして欲しい。

○主要課題領域1～5のいずれも、重要で今後の研究に期待したい。

高崎研究所は共同利用をしているので、高崎研究所の装置を如何に旨く使うか、使ってもらうかに、観点が集中している。他の委員の意見をみても殆どその観点からの意見のようである。一つ欠けているのは、高崎研究所の研究を発展させるのに、他の研究施設を利用し、知識の発展を図り、研究者の視野を広げることが重要であるテーマがかなり散見された。特に原研の研究者に注文しておきたいし指導的立場の方々も今後留意して欲しい。原研の研究者が他の施設の利用者であってよい。

○各研究において焦点を絞りきれるかがポイントではないか。

○環境保全技術は社会的に注目される技術であり、最終的に技術移転、実用化を視野に入れて、推進して頂きたい。また、成果について積極的に広報活動を行うべきである。特許については費用対効果を考慮して戦略的に取り組むべきで、質の高い（＝稼げる）特許を計画的に出願する体制整備が必要である。単に数量増加を目的とすれば無駄な経費が増加するだけである。

○原子力発電や核融合炉開発に関連しても、材料ならびに環境保全、安全、リサイクルなど、今後さらに進めるべき課題が多くあると思う。今回の5年計画は、このような分野への成果の波及も期待でき評価できるが、さらにいっそうの努力をお願いしたい。

3.3 イオンビーム生物応用研究部の研究開発

3.3.1 研究開発計画の概要

1) 研究開発の基本方針

放射線の生物・化学作用と解析プローブとしての有用性を活かし、イオンビームを中心とした先導的な技術開発を進め、地球環境の保全や食糧資源の確保に貢献するとともに、先端技術を基盤とした新産業の育成を目指す。

2) 開発課題の計画

(1) 主要課題領域1：イオンビームを用いた植物資源創成の研究

a) 目的

環境耐性・環境浄化等にかかる突然変異体を創成し、有用性を明らかにする。また、マイクロビームによる植物細胞・組織への照射効果を調べ、非対称細胞融合等の新規細胞育種技術の開発を目指す。さらに、イオン照射による突然変異の特異性を解明し、その特徴を活かして紫外線耐性や形態形成について、遺伝子の単離を含む、遺伝子レベルでの機能解明を行う。

b) 研究内容と達成目標

イオンビーム育種技術の開発 紫外線耐性イネ・ムギや環境浄化樹木など、環境耐性・浄化等にかかる新規突然変異体を誘発し、有用性を明らかにする。また、マイクロビーム照射による植物細胞・組織への照射効果を明らかにし、非対称細胞融合や変異の方向性制御による新規細胞育種の基礎技術を開発する。

植物有用遺伝子の機能解析 イオンビーム誘発突然変異の特徴を分子レベルで明らかにする。そのため、イオンビーム誘発突然変異体から迅速に原因遺伝子を単離する技術を確立する。また、紫外線耐性機構や植物の形態形成機構を分子レベルで解明する。

c) 意義

イオンビームにより紫外線耐性イネや環境浄化樹木などの実用的な突然変異体を作出することによって、地球環境の保全や浄化に貢献する。このイオンビーム育種技術の開発には、その利用範囲を拡大するため超伝導サイクロトロンの導入が望まれる。また、イオンビーム誘発突然変異体から直接原因遺伝子を単離する技術は、従来法では数年を要する遺伝子単離が数ヶ月で単離できるようになり、植物のゲノムサイエンスを飛躍的に進展させる。一方、マイクロビーム照射によって非対称細胞融合技術の開発や変異の方向を制御する技術の開発など、世界をリードする新規細胞育種技術の確立が期待できる。

(2) 主要課題領域2：イオンビームによる生物機能解析の研究

a) 目的

植物による環境汚染物の吸収・移行過程や劣化ストレス環境に対する植物の代謝機能

変化を調べ、植物の環境浄化作用の可能性を見出す。この研究に必要なアミノ酸、ダイオキシンなどのポジトロン放出核種標識化合物を開発する。さらに、イオンビームの医学応用では、冠動脈治療で再狭窄を予防する RI 注入ステントを開発する。

b) 研究内容と達成目標

植物の環境応答研究 植物の環境応答研究の展開に必要なアミノ酸、環境汚染物質等のポジトロン標識化合物を開発する。この化合物を利用し、高濃度二酸化炭素環境でのイネ科・マメ科植物の代謝変化を解明する。また、植物への環境汚染物の吸収・移行の観測により、その無害化の可能性を明らかにする。

イオンビームの医学応用 密封性に優れた Xe-133 イオン注入ステントを開発し、実用化に向けて臨床試験を行う。また、微小線源として、RI 内包フラーレンの医学応用の可能性を明らかにする。

c) 意義

植物の環境応答研究による個体レベルと遺伝子レベルでの研究をもとに、高濃度二酸化炭素環境など劣化環境における食糧生産性の高い植物作出の指針が得られる。ハロゲン元素ポジトロン核種で標識した PCB、ダイオキシン類を利用することにより、植物の環境汚染物の吸収の有無が明確になる。イオンビームの医学応用では、Xe-133 放射性ステントが医療機器として実用化され、冠動脈狭窄症患者の再狭窄が予防できる。RI 内包フラーレンはがん治療への応用の可能性がある。

(3) 主要課題領域 3：バイオ技術への放射線利用の研究

a) 目的

重イオンマイクロビームを用いたマイクロサージャリ技術や生物機能解析技術を確立して、新しい有用物質生産系を開発する。また、放射線による DNA 損傷の生成とその修復機構を分子レベルで解明するとともに、食品照射の普及に関する技術を開発する。

b) 研究内容と達成目標

有用物質生産系の開発 重イオンの生物影響を解明するため、重イオンマイクロビーム照射技術及び発生・分化過程の解析技術を確立し、胚・細胞のマイクロビーム微細加工による有用物質生産系を開発する。

DNA 修復系の解明 放射線抵抗性細菌の DNA 修復機構の全容を分子レベルで解明するとともに放射線損傷からの回復促進系を開発する。

照射食品検知法の開発 食品照射の普及に必要な検知法を開発する。

c) 意義

マイクロサージャリ技術を用いた胚・細胞の微細加工によって、ホルモンなどの高価な医薬品や機能性蛋白質を大量生産させる、昆虫バイオ工場に発展する可能性があり、

イオンビームを利用した新しいバイオ産業の創出が期待される。また、DNA修復系の解明では、高等生物に放射線抵抗性細菌の極めて高いDNA修復系を導入することによって、放射線障害からの回復が促進できる。さらに、照射食品の検知法の開発は、ジャガイモに続く照射食品の拡大が期待できる。

(4) 主要課題領域4：生体機能模倣システムの研究

a) 目的

僅かな環境変化にも応答する植物や微生物細胞の機能を模倣した材料を開発し、特性評価を行う。また、イオンビームによる微細加工技術を利用してイオンチャンネルを模擬した人工生体膜を合成する。

b) 研究内容と達成目標

多様な生体機能の発現に携わっている多糖類、タンパク質などを有機材料や無機材料とハイブリッド化し、有用物質の高効率生産系構築のための生体模倣機能材料を開発する。この材料をイオンビームで作製した微細孔内に固定した、イオンチャンネルを模擬した人工生体膜を開発する。

c) 意義

イオンチャンネルを模擬した人工生体膜の開発は、イオン輸送プロセス、人工光合成プロセスを明らかにすることにより、新しいクリーンエネルギー変換システムへの応用が期待できる。また、生体細胞を融合したハイブリッドセルによる物質生産・情報伝達メカニズムを解析することにより、臓器機能を模擬したインテリジェント人工臓器の開発が期待される。

3) 総合的推進方策、研究資源、外部との協力の計画

(1) 総合的推進方策

4つの主要課題領域はそれぞれ独自の課題をもっているが、共通部分も多く、互いに密接な関係を保ちつつ研究開発を進める。特に、主要課題領域1と3は非対称細胞融合技術の確立のため、主要課題領域2と4は機能の解析において協力する。

植物資源創成の研究では、イオンビームの有用性が明らかになった現在、外部との協力研究なども急激に増大しており、前回の研究評価の際もコメントを受けた基礎的な立場からのアプローチを考慮した研究の進展や応用範囲の更なる拡大を目指し、この分野で世界をリードしていく。また、ポジトロン核種を利用した生物機能解析については、研究を発展させるために植物PET研究設備の整備を図る。バイオ技術への放射線利用の研究では、有用物質生産系の開発に重点を置く。さらに、生体模倣システムの研究では、新たな施策であり、スムーズな立ち上げを目指す。

(2) 研究資源等の計画

研究開発を進めるに当たって、実用的な技術の開発では民間などの外部機関との協力を重視し、社会的ニーズに対応した明確な目標設定の下に基盤技術を確立する。また、植物や微生物の機能解明などの基礎研究は、独創性を重視し、大学などとの密接な協力の下に効率的に推進する。さらに、必要な人材確保のため、業務協力員、博士研究員、特別研究生などの受入れ制度を活用する。前回、指摘を受けた生物系研究者の少なさは徐々に改善しているが、充分ではなく今後も人員の確保に努める。予算についても、受託研究、外部機関のテーマ募集への応募による資金の獲得を図る。予算と人員（業務協力員、博士研究員を含む）の配分を次表に示す。

(単位：百万円)

年 度 項 目	予算(人員)					
	14	15	16	17	18	合 計
主要課題領域 1	34(5)	63(7)	111(9)	111(9)	102(9)	421(39)
主要課題領域 2	88(7)	95(9)	610(10)	621(10)	221(11)	1635(47)
主要課題領域 3	93(8)	93(8)	87(8)	87(9)	87(9)	447(42)
主要課題領域 4			24(4)	24(4)	24(4)	72(12)
合 計	215(20)	251(24)	832(31)	843(32)	434(33)	2575(140)

(3) 外部との協力

植物資源創成の研究における実用的な新品種の作出については、外部試験研究機関の研究開発に協力・支援し、さらに将来、海外機関との研究協力も進める。植物の環境応答研究については、原研・大学プロジェクトにより組織的に進める。イオンビームの医学応用については、群馬大学医学部と協力する。また、イオン照射の生物影響に関する基礎的研究及びDNA損傷及び修復の分子機構の解明研究においては、ドイツ重イオン研究所との研究協力や原子力基盤クロスオーバー研究により効率化を図る。

3.3.2 評価結果

3.3.2.1 項目別評価

(a) 研究開発の基本方針（評価点 4.3）

全体目標は特に問題なく、遺伝資源創生↔生物機能解析↔細胞加工↔生体機能模倣という連携をめざした全体目標は優れている。また、生物分野を超えて医学分野への応用、新プロジェクト「生態模倣システム」の立ち上げ等、積極的な展開を評価する。機能解析と遺伝資源創生、機能模倣との連携プロジェクトの具体化例などが増えていくことで、開発は加速されると考えられる。これまでの研究成果を実用化するとともに、マイクロサージェリーの育種、医薬分野での展開、実用化を期待する。さらに、RIステント開発を端緒に、がん治療、マイクロ照射医療技術への発展を期待する。バイオ関係は今後大きな成果が期待できる分野でありコアコンピタンスとなるよう推進願いたい。

イオンビームなどはこの分野の研究に極めて有効であり、いっそその社会貢献が期待で

きる。他の放射線にないイオンビームの特長をうまく活かせる分野で、実際に特長を活かした成果を比較的短い研究期間にもかかわらずあげてきており、すばらしい。その意味で、研究計画では、イオンビームでなくてはできない特徴を明確に示すべきである。この分野の研究は順調に進展しているが、テーマ相互に関連性が薄くバラバラとの印象を受けるところもある。テーマ相互間の組織的連携、協力等を強めていくことが今後限られた資源を有効に利用していく上で重要である。また、蓄積データ、情報の総合的有効利用の方法を考えるべきで、情報処理システムの構築を推進してほしい。

(b) 資源配分（評価点 3.4）

若手研究者が極めて少なく、その養成が重要な課題である。新規着手テーマは、目標を明確化した上で資源投入を行うべきである。つまり、ゼロからの立ち上げを行うのではなく、経験を有する他の機関に得意なところを持ち寄る共同研究の方が、はるかに効率が良い。

植物資源創成の実用化では、外部資源活用が増大している。基盤技術データ充実での高崎研究所の貢献継続を期待する。世界をリードしていくのに必要である。

生体機能模倣は、21世紀に発展する産業となると期待される。産業利用が具体化していくに従い、要員増、或いは所内外連携強化による、少要員補足が必要となる。人工光合成につながっていく分野では、研究展開に即応した資源配分を考慮して行くべきである。

(c) 原研他部門との協力・連携（評価点 3.6）

原研他部門との協力は概ね妥当であり、今後、量子生命科学研究部や特に関西研究所との連携を強めていくことが重要である。

生体機能模倣分野、人工光合成などの課題では、バイオ分野の人材が高崎研究所全体の研究展開をリードして行く必要がある。バイオ部内での遺伝資源創生 \leftrightarrow 生物機能解析 \leftrightarrow 細胞加工 \leftrightarrow 生体機能模倣の連携成功例はその先鞭としても重要で、連携がうまくいくほど、世界に先駆けた画期的成果につながる。

DNAチップ事業、人口生体膜への基盤技術開発では、これまで以上に生物応用各領域、材料開発部、高度利用センターなどとの連携が重要となる。各部門がもつ産業界とのつながりを活用し、課題把握、解決法開発を加速してほしい。

(d) 外部機関との協力・連携（評価点 4.0）

外部との連携は良く保たれており、妥当である。植物資源創成、生物機能解析、バイオ加工技術とも活発に外部協力連携を進めている。今後も積極的に推進し、医学応用での新展開（がん治療、マイクロ照射医療技術）を期待する。

なお、基礎・基盤研究については、大学との協力の下に進めるとなっているが、むしろ大学中心の研究を支援しながら、その中から新たなテーマ開拓を図る方が良いのではないか。

(e) 人材養成の施策（評価点 3.3）

この分野の若手研究者は不足しているので、積極的な研究者の養成が重要な課題である。ポスドクとして、生物と技術の両面に意欲を持つ（できれば知識も持っている）研究者を育てつつ、研究を進めていただきたい。目標に合致し、かつターゲットを絞った育成が望まれる。

今後、材料開発分野、放射線総合利用分野ともに、バイオ分野に関連する研究課題が増大すると予想される。研究領域、量の拡大に応じた人材養成を継続して担っていくべきである。

(f-1) イオンビームを用いた植物資源創成の研究

(1) 目的・意義（評価点 4.3）

研究の目的は妥当である。遺伝子レベルでの変異部位の同定は、遺伝子工学において重要である。TIARA イオンビーム利用により、これまでに無かった突然変異体の獲得と、その利用による遺伝子同定・単離が可能であることが実証されており、有用植物創成に確実に寄与していくものと期待できる。これまでの蓄積を整理統括して、体系化すること、基盤技術開発への原研、大学の寄与と実用品種育成への農業試験場、民間の寄与のバランスを維持させていくことが必要である。

ただ、変異植物の創成に関しては社会的に受け入れられない恐れもある。安全性をどのように確保し、社会的に受け入れられるものとするかを常に検討する必要がある。

(口) 研究展望及び達成目標（評価点 4.1）

達成目標は妥当であるが、「細胞内各器官へのマイクロ照射による変異の方向性制御」開発とともに、「遺伝子発現を制御した状態の細胞へのイオン照射による変異の方向性制御」開発についても検討され、基礎技術の研究開発を進められたい。イオンを活かした、変異遺伝子把握の効率化、および有用遺伝子単離の効率化を期待している。

なお、環境耐性、環境浄化植物の創成は、一方で環境汚染の原因になりうる危険性がある。子孫を作らせないものなど、工夫が必要である。実用には社会的なコンセンサスを得ることが必要であるが、相当困難が予想される。一方で多種の遺伝子資源を持つことは、将来的にも重要であり、そのための研究と位置付け、実用化を目差す必要は無いように感じる。研究の過程で進展する遺伝子発現の同定などの技術が、遺伝子診断などに大きな役割を果たすものと期待される。

(ハ) 研究の進め方（評価点 3.5）

研究の進め方の計画は概ね妥当である。イオンビームによる生物機能解析と遺伝資源創生（特に、変異の制御）との連携を進めることで、開発は加速されると考えられる（部内に限らず、所外連携も）。DNA アレイ法応用を成功させ、「イオン \leftrightarrow 遺伝子単離 \leftrightarrow 変異制御」の連携開発を加速化させてほしい。「環境浄化植物資源創成 \leftrightarrow ポジトロンイメージングでの解析 \leftrightarrow 生物機能模倣材料での環境浄化」といった、連携をリードし、実現する成果を期

待している。

(ニ) 予想される成果の波及効果（評価点 4.1）

新たな突然変異体獲得、遺伝子同定・単離とその利用により、環境負荷低減植物の創成が期待できる。また、イオンビーム突然変異体からの遺伝子単離技術開発は環境負荷低減植物の創成の加速化に大きく貢献する。さらに、有用遺伝子の機能解析を進めていくことで、材料部門との連携、画期的バイオ材料開発の機会が増すと期待される。

(f-2) イオンビームによる生物機能解析の研究

(イ) 目的・意義（評価点 4.3）

世界初の植物研究 PET 利用により物質代謝を可視化できた意義は大きい。環境汚染物の吸収過程など、ポジトロンイメージングを用いることにより新しい知見が得られるものと期待出来るテーマであり、妥当である。環境汚染物質無害化系の実用化にまで到達することを期待している。近い将来、植物機能解析を環境保全に展開できること、RI ステントの臨床試験成功を期待している。

ただ、植物の環境応答とイオンビームの医学応用の組み合せは関係がうすく、唐突な印象を受ける。

(ロ) 研究展望及び達成目標（評価点 3.7）

達成目標は妥当である。ポジトロン核種の開発が重要である。

(ハ) 研究の進め方（評価点 3.7）

研究の進め方は妥当であり、ベビーサイクロtronを備えた植物 PET 研究設備は、この分野の研究を進めていく上で有力な施設となる。ベビーサイクロtronは他でも相当利用されており、これを新たに高崎研究所に入れる意義を明確にしておくことが重要である。運用に当たっては広く外部の研究者を含めた利用形態を検討する必要がある。また、植物研究専用 PET については、引き続き視野の拡大に取り組みが望まれる。さらに、遺伝子組換え植物体のイメージングが可能となることで、研究進展が期待できる。原研として、組換え体を利用しやすい環境つくりが求められる。

(ニ) 予想される成果の波及効果（評価点 4.2）

個体レベルと遺伝子レベルとを視覚的につなげてくれる PET は、DNA を細胞、個体レベルで解析する上で有力な武器となる。他領域との連携強化でバイオ技術全般に具体的に寄与していくことが期待できる。さらに、医療分野への効果が期待できる。

植物資源創成と機能解析が相乗効果を産む時代がはやく来る 것을期待する。生態系と調和した循環型システムの開発を加速させ、バイオ部門の社会貢献（地球貢献）を増大させていくことができる。

(f-3) バイオ技術への放射線利用の研究

(1) 目的・意義 (評価点 4.1)

細胞応答研究は、マイクロビーム照射と代謝系変異との関係を明らかにし、物質生産系の早期開発が期待でき、目的は妥当である。また、DNA 修復系の解明や照射食品検知法は遺伝子レベルで調べることで新しい有用な知見が得られると期待でき、目的は妥当である。低線量放射線の生物影響の分子・細胞レベルの研究に、放医研との連携を視野に入れながら、是非展開して欲しい。なお、食品照射の研究がここに入っているのも唐突な印象を与える。本方法の特徴及び他の手法との対比を明確にした上で、進めて欲しい。

(2) 研究展望及び達成目標 (評価点 4.1)

達成目標は妥当であるが、食品照射に関しては、現在わが国において動きが出ている時期であり、広報活動が重要と考える。照射技術（検知方法）の基礎研究と合わせて最新の海外技術（情勢）など情報発信をお願いしたい。研究の過程で進展する遺伝子発現の同定などの技術が、遺伝子診断などに大きな役割を果たすものと期待している。

(3) 研究の進め方 (評価点 3.5)

研究の進め方は概ね妥当である。細胞応答研究では、カイコである利点を踏まえた展望と、カイコである短所を踏まえた新展開の探索による、独創的物質生産系につなげることを期待する。

食品照射研究では、食品照射に関するデータベースを構築し、外部からアクセスできる、開かれたものとして整備拡大していくことが重要である。食品照射の社会的状況が大きく変化した場合は、高崎研究所としての対応が求められる。

(4) 予想される成果の波及効果 (評価点 3.8)

遺伝子研究を、細胞レベル、個体発生・分化レベルの知見へとつなぐ分野としても細胞応答研究は波及効果が大きく、材料の選択、解析目標など、広い生物種から、産業利用につながるものを探索し、情報発信し、応用の拡大を目指して欲しい。

食品照射では、香辛料の照射がわが国で開始されれば、その意義は極めて大きい。ただ、日本では周知の如く大変遅れている。「データベースを作り一般に公開」とあるが、それで良しとする研究所にありがちな消極的態度で大変不満である。国民への啓蒙、教育を原研でどのように進めるのか具体的提案が欲しい。

(f-4) 生体機能模倣システムの研究

(1) 目的・意義 (評価点 4.0)

生体機能模倣はイオンビームの特徴を生かした非常に面白い研究対象であり、21世紀に発展する産業となると期待される。人工生体膜は、人工光合成につながる分野で、チャレンジングなテーマである。生体そのものでない利点を生かせる面も大きいと予想され、進め方を工夫することで、生体の改良よりも早く実用化例が多くてくるかもしれない。発

展を期待する。

ただ、バイオミメティックスは今後重要と考えるが、テーマの具体性に欠ける面もある。

(ロ) 研究展望及び達成目標 (評価点 3.3)

目標は概ね妥当であるが、材料開発部と生物応用部で平行して進める期間においても、情報交換を密にし、成功につながるキーポイントに集中した達成目標を定めて、最初の3年間を大切にして欲しい。

微細孔を作った後、どのようにイオンチャンネルを模擬するか、光合成プロセスをどのように構築するかはたいへん困難な課題であるが、現時点では具体的目標が必ずしも明確でなく、漠然としすぎているように感ずる。穿孔制御技術は既にある程度高崎研究所で確立されている。問題はその後であり、その進め方が明確でない。

(ハ) 研究の進め方 (評価点 3.3)

材料開発部とのテーマと重複する点もある。進め方では、有機的、効率的連携を期待したい。生物応用部門となることで、開発が加速されることを期待している。成功の芽がでたら、成長させるには人が必要。人が少ないので、その分所内、所外連携が必要である（他類似部門との関係整備）。

(ニ) 予想される成果の波及効果 (評価点 4.0)

医療、医工学分野への波及効果は大きい。また、親水性の制御以外に、各種化学物質を表面にパターン化して担持することなどで、細胞などへの選択性を制御できるため、本研究テーマはバイオマイクロテクノロジーなどといわれる分野への波及効果も大きいものと期待できる。

クリーンな方法での物質生産・転換による、健康、食料、環境、エネルギーへの貢献が期待できる、重要な分野である。人工生体膜開発から、DNA、蛋白質など生体高分子（情報伝達分子、複製分子、機能分子）利用と機能模倣への展開を期待する。

3.3.2.2 その他の所見

上記以外の所感、問題点、提言等、各委員の所見を以下に列記する。

○ややバラバラで、テーマ間の関連性が薄いとの印象を受ける。今後よりシステムティックな展開が必要ではないか。

○環境耐性、環境浄化機能を有する新植物資源創成研究は、現在最も求められているもののひとつであり、期待している。

①選択的RI注入・発生分化過程解析は、②生物の発生、細胞の機能分化における代謝機能の変化、また③遺伝子発現を解析する手段となり、④マイクロビームテクノロジーを応用した変異制御技術開発および⑤遺伝子発現に合わせたビーム照射による変異制御技術開発

に重要な基礎知見を与えるものであるからして、①～⑤の連携が、開発速度の向上につながると考える。

高崎研究所は、①～⑤をすべて持っている。連携させることが可能である。

医療面においても、①～③をもとに、患者のDNA、病気進行度に応じた、オーダーメイド・ナノ照射による、安全、効果的な放射線医療につながる可能性がある。(病巣のみに、進行度に応じた量の照射を行う：ナノ照射原の血液運搬による方法、収束性・深度制御性を高める方法)

○「サイエンス」を「テクノロジー」に高め、「インダストリー」につなげる拠点として、高崎研究所は有利な条件をもつ。生物応用部は、生態系と調和した循環型システムの開発に関する分野で、官学協力により「サイエンス」「テクノロジー」を研究開発し、民間、ベンチャーなどを活用し、「インダストリー」を起こすリーダーになれる。

他部門との協力も積極的に進められたい。

○イオンビームの高度制御に基づく、特徴あるバイオ研究が行われていることは特筆べきであり、高く評価できる。

○多様な解析方法の導入が必要と思う。

○変異植物の実用化に際しては社会的コンセンサスを得ることが重要であり、そのための努力も相当なものになると予想される。広報活動などを通じて情報公開をいっそう進める努力が必要と思う。

ナノ発光遺伝子マーカなども、微細加工技術と相まって今後の遺伝子解析技術の重要要素技術となると思う。一般に、従来の生物研究では技術的側面が少し弱かったように思う。イオンビームの特徴を生かした研究テーマを進めることで、遺伝子計測の重要な要素技術の確立が期待できると思う。

生体模倣膜などのイオン透過測定などはNMRなどの他の計測手段との併用によりさらに有効となると思われる所以、他部門との共同研究を積極的に進めていただきたい。

3.4 放射線高度利用センターの研究開発

3.4.1 研究開発計画の概要

1) 研究開発の基本方針

イオンビーム、電子線及びガンマ線による放射線利用研究のための拠点となる各種放射線照射施設の管理・運営及び放射線利用研究に係わるビーム先端技術の研究開発を行う。放射線照射施設の管理・運営については、イオン照射研究施設(TIARA)を中心として、所外に対して開かれた施設利用の機能を充分に発揮できるように、安定かつ効率的な運転管理に努める。ビーム先端技術の研究開発については、先端研究のニーズを捉えたイオンビーム技術の研究開発を行うことにより、施設機能の高度化及び先端研究の効果的な推進を図る。

2) 研究開発課題の計画

(1) 主要課題領域1：放射線照射施設の管理・運営

a) 目的

4基のイオン加速器から成るTIARAの運営及びイオン加速器の安定かつ効率的な運転管理、並びに電子線・ガンマ線照射施設の円滑かつ効率的な運転管理を行うとともに、拠点施設の機能を統括する放射線利用研究推進の業務を行う。

b) 研究内容と達成目標

イオン照射研究施設の管理・運営 TIARA施設利用の課題の審査、採択、実施及び評価を行うとともに、開かれた拠点施設としての安全かつ円滑・効率的な利用運営を図る。

イオン加速器群の運転管理 安定・効率的でかつ安全な運転を確保するとともに、老朽化により能力不足となった機器・装置を適宜改造・更新する。さらに、研究利用の高度化に対応した加速器の性能向上を図る。

電子線・ガンマ線照射施設の運転管理 安定・効率的でかつ安全な運転を確保するとともに、コバルト線源の定期的な補充や使用済み線源の廃棄処理を計画的に実施する。また、電子線照射施設については、老朽化対策を講じながら運転を継続するとともに、今後の利用状況を踏えて老朽化した2号加速器の更新を図る。

放射線利用研究推進業務 放射線利用研究に関わる拠点施設運営の総合的な推進機能を果たすとともに、放射線利用研究の将来の展開を目指した計画立案を行う。

c) 意義

高崎研究所は、イオンビーム、電子線、ガンマ線の各種放射線照射施設を有し、かつ放射線利用研究推進のための統括機能を併せ持つ研究機関としては、世界的にも類のないものである。従って、当該施設の効果的な活用をとおして、科学技術基本計画で挙げられた重点化された研究開発について必要最小限の資源配分で確実に成果を挙げていくことが期待できる。

(2) 主要課題領域 2:ビーム先端技術の研究開発

a) 目的

イオンビーム利用研究のニーズを捉えたマイクロビーム技術開発、イオン源・加速器や粒子線線量評価等の技術開発を行い、施設機能の高度化を図ることによって、先端的なバイオ・材料分野におけるイオンビーム利用の促進を図る。特に、施設機能高度化の一環としてGeV級重イオン加速器整備を視野に入れた設計研究及び要素技術開発を実施する。

b) 研究内容と達成目標

マイクロビーム技術 現有サイクロトロンビームの精密制御技術を確立するとともに、ビーム径 $1\text{ }\mu\text{m}$ への集束技術、精度 $\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ 以内の照射位置照準技術及び毎秒 100 ヒット以上のシングルイオン高速ヒット技術を開発する。さらに、この技術を GeV 級重イオンに応用し、100 MeV/n の重イオンに対してビーム径 $1\text{ }\mu\text{m}$ 達成のための技術開発を行う。

イオン源・加速器技術 サイクロトロンビームのマイクロビーム化に必要なビームエネルギー幅最小化(フラットトップ) 加速システムを開発する。GeV 級重イオンの先端利用調査、GeV 級重イオン加速器の概念検討及び整備計画の策定を行う。GeV 級重イオンの生成に有利な超多価イオン源などを開発する。

粒子線線量評価技術 コバルトガンマ線で達成した線量基準に関わる成果を発展させて、MeV 級電子線に係わる国内の線量トレーサビリティ制度の基盤を築く。

c) 意義

静電加速器で実現したマイクロビーム技術やシングルイオンヒット技術を数 100 MeV の重イオンまで拡張してバイオ科学へ適用することにより、特定遺伝子機能だけの不活性化が実現でき、細胞間の情報伝達機構の解明、DNA 修復機構の解明、生体防御機構や脳機能の解明が可能となるとともに、細胞の微細加工などによる新遺伝子資源の開発に寄与することができる。

3) 総合的推進方策、研究資源、外部との協力の計画

(1) 総合的推進方策

TIARA を中核とする当該センターの照射施設を放射線利用研究の拠点施設として位置付け、地球環境の保全、ナノテクノロジー・材料、ライフサイエンスの分野における材料の開発や生物資源の利用研究などの先端的な研究開発の円滑な推進を図る。

TIARA の利用は、所内外からの実験課題の公募に基づいて実施し、課題実施後の成果公開を基本とする施設運営を行う。また、「共同利用」による有料の施設利用の受入れも併せて行う。先端的研究のニーズを捉え、先導的役割を果たすための基盤技術を高めるために、他部門のイオンビーム利用研究グループと協力してマイクロビーム、イオン源、加速器、粒子線線量評価等に係る技術開発を行う。

現在の TIARA の機能を高め、バイオ科学、材料科学の新たな展開を目指して GeV 級重イオンの先端利用調査、及び GeV 級重イオン加速器の設計研究・要素技術開発を行う。これらの利用調査及び GeV 級重イオン加速器の技術的検討結果を踏まえて、整備計画の策定を行う。

(2) 研究資源等の計画

電子線・ガンマ線照射施設は利用運転開始から 20~30 年以上、また TIARA も既に 10 年を経過している。経年劣化や能力不足となった機器・装置の更新や機器の放射化低減対策に資源を適切に配分して、施設機能の維持に努める。さらに、バイオ科学・材料科学の進展に対応した施設機能の強化を図るため、新たな GeV 級重イオン加速器の建設・整備計画に関する活動に資源を配分する。予算と職員の配分を次表に示す。

(単位：百万円)

年 度 項 目	予算(人員)					
	14	15	16	17	18	合 計
主要課題領域 1	1,159(30)	1,274(31)	1,267(31)	1,097(32)	901(32)	5,698(156)
主要課題領域 2	48(9)	184(8)	106(8)	85(8)	292(8)	715(41)
合 計	1,207(39)	1,458(39)	1,373(39)	1,182(40)	1,193(40)	6,413(197)

(3) 外部との協力

イオンビーム利用研究においては、研究テーマの中で、積極的に所内及び外部研究機関とイオンビーム応用技術に関わる共同研究や協力研究を進め、先導的研究開発の推進や先端研究の開拓に貢献していく。

電子線及びガンマ線利用においては、原研ベンチャー企業への協力をはじめ、放射線照射製品の品質保証に必要な線量トレーサビリティシステムの国内導入に関して、関連する技術基盤の構築を含め、その実現に向けて関連機関との協力を進める。

3.4.2 評価結果

3.4.2.1 項目別評価

(a) 研究開発の基本方針 (評価点 4.6)

物理、化学、生物系研究を併せ持つ最先端の総合的放射線利用拠点であることを踏まえた、構成、方策となっており、実施課題を重点化したことは妥当である。現有施設で成果をあげつつある植物資源創成分野では、遠からず実用化例が多数でてくることが予想されるが、200 から 300MeV 級加速器では、利用範囲が狭く、適用作物種に限界がある。また、試料調整にも多大の労力を要し、利用者の幅も狭めている。GeV 級加速器の開発を強く望む。全国的に照射施設の老朽化を迎え、高崎研究所の重要性はこれまで以上に重要なとなるであろう。日本の放射線サイエンスの拠点であることを視点として持ち続けて、所外に対して開かれた施設利用の推進を継続されたい。さらに積極的に開発課題、成果をわかり易く広報することを進めていただきたい。ビーム先端技術の益々の展開を期待したい。

他方、TIARA が稼動して既に 10 年になろうとしている。GeV 級イオン加速器やベビーサイクロトロンの導入を考えることも良いが、TIARA を充分使いこなしているかどうか、自己点検することも重要である。利用者ニーズを受け入れた技術開発を進めることは当然必要であるが、その一方、現有加速器での限界を示し、新しい加速器の設計理念と研究を進めることも重要と考える。新加速器の導入に関しては利用者のニーズを十分に反映して進めて頂きたい。また、萌芽的な研究への対処も検討していただきたい。

(b) 資源配分（評価点 3.9）

人員の年齢構成は他と比して最も妥当である。各加速器（電子線を含む）及び Co 施設の改修、更新のための費用には比較的恵まれているようにみえるが、今後この面で厳しい状況を生ずる場合もあり、今から備えをしておく必要がある。また、増大し、かつ老朽化も進む施設の運営、管理、メンテナンスを、安全に、確実に、そして効率よく実施してゆける体制つくり、維持が重要である。

(c) 原研他部門との協力・連携（評価点 3.8）

原研他部門との協力・連携は妥当である。高強度中性源プロジェクト、及び関西研究所等との交流、連携は重要である。先端的研究に必要な技術開発の継続、加速をお願いしたい。

(d) 外部機関との協力・連携（評価点 4.0）

フロンティア研究委員会等を通して外部機関（特に利用者）との連携は良く保たれ、開かれた運営がなされていると評価する。広いニーズの把握のため、外部機関との積極的な協力、連携は促進されるべきで、共同研究などを推進することが望まれる。また今後とも、放射線の総合的先端研究の拠点施設として、産業界、消費者にたいする分かりやすい情報提供、産業界、消費者からの情報収集、交流を積極的に行うことを探る。

(e) 人材養成の施策（評価点 3.5）

人材養成の考え方は妥当である。照射施設の高度化計画を有していることは、人材養成、担当者の士気確保の点からも好ましいと判断する。高度な技術、知識を有した技術者の養成は言うまでもないが、技術者の棲み分けが重要なこともある。ともすると特定の人材に依拠することになりがちな部署があるので、計画的な人材育成を行う必要がある。

なお、研究部門との業務分担については、安全、確実、かつ効率的の方法を継続検討され、お互いの負担軽減とモチベイションアップが図れるようにすべきである。

(f-1) 放射線照射施設の管理・運営

(1) 目的・意義（評価点 4.3）

施設の管理・運営としての目的は妥当である。特に TIARA は、管理・運営については実績があり高く評価できる。

運営面では、各加速器の利用状況の推移（例えば研究分野別）データを分析し、利用傾向の変化の意味を解析して、今後の利用ニーズを把握することが重要である。TIARAは、外部の研究グループを積極的に巻き込んだ研究を行ってきており、その機能を引き続き維持する必要がある。大学と原研の間で行われてきた、プロジェクト共同研究の制度が変わる場合も、同じ機能が継続するような制度が作られることが望まれる。萌芽的研究にも対応できるような運営をお願いしたい。安全面から運転時間が限られる点の制約はやむを得ないが、研究の能率向上の観点から運転時間を柔軟にすることは効果がある。そのような管理が可能かどうか検討する必要があろう。

維持管理面では、装置類によっては老朽化が進んでいるが、これまでの優秀な実績を維持向上させるとともに、トラブルの頻度を減らし、安定した管理・運営に努力してもらいたい。また、 γ 線照射装置は、大線量の照射が可能な施設が少なくなって来ている状況から、適切な対策を行い、機能を維持することが望まれる。

(ロ) 研究展望及び達成目標（評価点 4.0）

課題審査方法の改定は、全体として、意図した効果（公平化、重点化、産業利用の方向性）があり、結果として、達成目標は妥当なものとなっている。開かれた拠点施設としての運営を継続してお願いしたい。

施設の経年劣化対策は、安全上、また新規開発を推進する上でも重要である。是非2号加速器更新を実現させて欲しい。

(ハ) 研究の進め方（評価点 4.0）

研究の進め方は妥当である。ビーム等の供給業務と開発研究のためのビーム使用は、相反する場合があるが、全体の運転時間の増加も視野に入れあまり無理すること無く両方のことが可能となるようにする必要がある。なお、老朽化対策として早めに処置を執るよう要望する。

また、TIARA 研究情報の効果的・効率的発信は非常に大切である。実用化でのプレス発表効果は大きい。

(二) 予想される成果の波及効果（評価点 4.0）

放射線照射施設は、放射線利用センターの中核として機能しており、他部門分野への貢献は大きいと判断する。ビーム先端技術は材料、バイオ等の分野に有効に生かされ、世界的なユニークな研究拠点として、その成果は大いに期待でき、産業界に幅広い波及効果が期待できる。また、研究室とセンターとの連携だけでなく、所内各部、領域間連携においても、外部からのネット情報の整理・提供などを通し、センターが活躍できると思われる。

(f-2) ビーム先端技術の研究開発

(イ) 目的・意義（評価点 4.4）

粒子線量評価技術は、重要なことであるが、照射施設で使用されることを目的とすると

考えられるので、測定している量(照射線量、素子の吸収線量等)と、評価すべき量(照射対象物の吸収線量)との関係を明確にして進める必要がある。

GeV 級重イオン加速器の設置とその有効利用は、放射線利用によるサイエンス・テクノロジー開発とその産業化で、日本が世界をリードし、成長を続ける鍵となる。バイオ、環境、材料分野各々で重要であり、GeV 級重イオン加速器の導入により新たな展開が期待できる。しかし、その特性については十分検討が必要で、高崎研究所関連の研究上のニーズを明確化し、国内施設との関係等を考慮しながら進める必要がある。また、導入できない場合の計画も充実させておくことが重要である。

(D) 研究展望及び達成目標 (評価点 3.8)

目標は妥当である。しかし、トレーサビリティ制度(放射線プロセス用)の構築に原研の果たした役割が必ずしも明確でない。研究成果につながらないかもしれないが、構築に向けて支援を願いたい。技術的困難度は理解するが、さらなる努力に期待する。

(E) 研究の進め方 (評価点 4.0)

進め方は妥当であり、源資と人員にも制限されると思うが、外部との協力等も含めて有効な開発を推進してほしい。マイクロビーム化などビーム品質の向上によってどのような新たな利用が拓けるのか、ニーズとの対応をより明確にすることが重要である。さらに、マイクロビーム技術、GeV 級加速器の有効性について、原研内外へ、分かりやすい情報発信をし、GeV 級加速器計画の実施に関しては中間評価を受けて、進める必要がある。また、粒子線量評価技術に関しては、東海研の保健物理部等との共同研究を進めることも考慮する必要がある。

(F) 予想される成果の波及効果 (評価点 4.1)

ビーム先端技術開発力は優れている。今後、多価イオン、クラスター・ビーム等に基づく技術の開発につながることが期待される。また、応用面での技術整備により、新技術開発・実用化に大きな波及効果が期待できる。

3.4.2.2 その他の所見

上記以外の所感、問題点、提言等、各委員の所見を以下に列記する。

○TIARA の利用においては、これまで極力広く、薄くとの方針でマシンタイムを供して来たように感じるが、ある程度結果が出て来た現状で、既存のテーマについては成果をみながら、その重点化、絞込みを図り、他方新たなユーザーの発掘を進めることが重要。

本部門は研究、開発支援的要素が強く、他部門と同じベースで評価するのは難しい。

○貢献は1兆円規模を超えており、あるが、農業分野でも、花卉種苗のみで数兆円の規模があり、1%の貢献で数百億円貢献となる。220MeV カーボンイオン並の LET をもち、10

mm以上の到達深度をもつイオン照射が可能となると、穀物類、まめ類、バレイショなど花卉種苗の数10倍規模となるクロップへのイオンビーム利用を行いやすくなるため、その経済効果は莫大なものとなると予想される。

参考：種苗、生花、青果市場規模概算（単位：円）

花卉関係

- ・ガーデニング：英國 4000 億、仏 5300 億、独 7300 億、米 2.4 兆、日 6270 億の合計 4.7 兆円

（うち種苗→5000 億円）

- ・切花：（キク、カーネーション、バラなど）種苗：800 億以上、生花 8000 億以上

- ・この他に鉢花が大きな市場をもつ。

- ：日のみで鉢花、切花、ガーデニング市場で 1 兆円規模（生花含む）。

バレイショ：日本のみで、300 億（種苗）3000 億（青果）、3 兆（加工）

- ・世界の生産量は日の 100 倍規模（金額は 30 倍程度か）

○限られた要員のなかでの運営お疲れ様です。安全に、確実に、そして効率良く、運営管理、舵取りを希望する。

情報発信、施設公開、産業化進展により、「暮らしに役立つ原子力」「みんなに身近な原子力」を人々のなかに浸透させる施策を継続充実されたい。

○放射線科学研究のツールを担当している。地味ではあるが研究活動の基盤として必須です。しっかり進めて欲しい。

○センターの方々は本当に的確に種々の問題に対して対処されている、と感じる。また日本の加速器を利用した放射線利用研究の中心として立派にその任務を果たしていると思う。望むらくは、今後このような努力とその成果に対し、堂々と国民の間に、自信をもって説明をする工夫と意欲を期待したい。今のところ質実すぎて、研究者としての枠を突き抜けた人が出てくることが、必要なのではないか、—— 原研全体の運営の問題と思う。

○放射線高度利用センターについては装置開発の部分、高エネルギー化やマイクロビーム化など大いに行われるべきだと思う。ただ、それを用いた応用面を現時点で議論することはかなり困難だと思う。例えばビームの高エネルギー化にしても、今はより低エネルギー化で細かく表面を見る方向が大となりつつある。また重イオンの利用もマスとしてまた核反応を利用するにしても応用は限られてくると思う。

また費用がかかる設備については世界レベルでの研究の住み分けが重要だと思う。そこで高崎研究所でしかできない技術の特化を図るべきだと思う。

○GeV 級重イオン加速器の整備計画においては使用目的を明確にし、特徴ある加速器とするための十分な検討が重要であろう。

○巨額の投資が必要となる設備は国際的な連携・協力を視野に入れて進めるべきであると、思う。

○共同利用を積極的に進め、たいへん結構と判断する。さらに利用を促進すべく、利用方法、利用状況、研究成果などに関する情報公開をいっそう進めていただければと思う。

別表

放射線利用研究専門部会評価結果（評点）一覧

材料開発部の研究開発課題

(a) 研究開発の基本方針		4.2
(b) 資源配分		3.2
(c) 原研他部門との協力・連携		3.3
(d) 外部機関との協力・連携		3.6
(e) 人材養成の施策		3.0
(f-1) 有機機能材料創製の研究	(イ) 目的・意義	4.1
	(ロ) 展望及び達成目標	4.0
	(ハ) 研究の進め方	3.9
	(ニ) 予想される成果の波及効果	4.2
(f-2) 無機機能材料創製の研究	(イ) 目的・意義	3.7
	(ロ) 展望及び達成目標	3.7
	(ハ) 研究の進め方	3.4
	(ニ) 予想される成果の波及効果	3.9
(f-3) 極限環境材料への放射線照射効果の研究	(イ) 目的・意義	4.1
	(ロ) 展望及び達成目標	3.9
	(ハ) 研究の進め方	3.6
	(ニ) 予想される成果の波及効果	3.9
(f-4) 環境機能材料の研究	(イ) 目的・意義	4.3
	(ロ) 展望及び達成目標	4.0
	(ハ) 研究の進め方	3.6
	(ニ) 予想される成果の波及効果	4.1
(f-5) 微量環境汚染物質除去プロセスの研究	(イ) 目的・意義	4.3
	(ロ) 展望及び達成目標	3.9
	(ハ) 研究の進め方	3.5
	(ニ) 予想される成果の波及効果	4.3

イオンビーム生物応用研究部の研究開発課題

(a) 研究開発の基本方針		4.3
(b) 資源配分		3.4
(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		4.0
(e) 人材養成の施策		3.3
(f-1) イオンビームを用いた植物資源創成の研究	(イ) 目的・意義	4.3
	(ロ) 展望及び達成目標	4.1
	(ハ) 研究の進め方	3.5
	(ニ) 予想される成果の波及効果	4.1
(f-2) イオンビームによる生物機能解析の研究	(イ) 目的・意義	4.3
	(ロ) 展望及び達成目標	3.7
	(ハ) 研究の進め方	3.7
	(ニ) 予想される成果の波及効果	4.2
(f-3) バイオ技術への放射線利用の研究	(イ) 目的・意義	4.1
	(ロ) 展望及び達成目標	4.1
	(ハ) 研究の進め方	3.5
	(ニ) 予想される成果の波及効果	3.8
(f-4) 生体機能模倣システムの研究	(イ) 目的・意義	4.0
	(ロ) 展望及び達成目標	3.3
	(ハ) 研究の進め方	3.3
	(ニ) 予想される成果の波及効果	4.0

放射線高度利用センターの研究開発課題

(a) 研究開発の基本方針		4.6
(b) 資源配分		3.9
(c) 原研他部門との協力・連携		3.8
(d) 外部機関との協力・連携		4.0
(e) 人材養成の施策		3.5
(f-1) 放射線照射施設の管理・運営	(イ) 目的・意義	4.3
	(ロ) 展望及び達成目標	4.0
	(ハ) 研究の進め方	4.0
	(ニ) 予想される成果の波及効果	4.0
(f-2) ビーム先端技術の研究開発	(イ) 目的・意義	4.4
	(ロ) 展望及び達成目標	3.8
	(ハ) 研究の進め方	4.0
	(ニ) 予想される成果の波及効果	4.1

参考資料

高崎研究所の研究開発課題（事前評価） (説明用 OHP 資料からの抜粋) 構成

高崎研究所

- 高崎研究所における研究開発の目標
- 放射線利用における研究開発と実用化例
- 高崎研究所における先導的技術開発
- 先導的技術開発と今後の展開
- 原研内外との協力・連携

材料開発部

- 材料開発部の研究開発課題
- 材料研究開発の進め方
- 有機機能材料創製の研究
- 無機機能材料創製の研究
- 極限環境材料への放射線照射効果の研究
- 環境機能材料の研究
- 微量環境汚染物質除去プロセスの研究

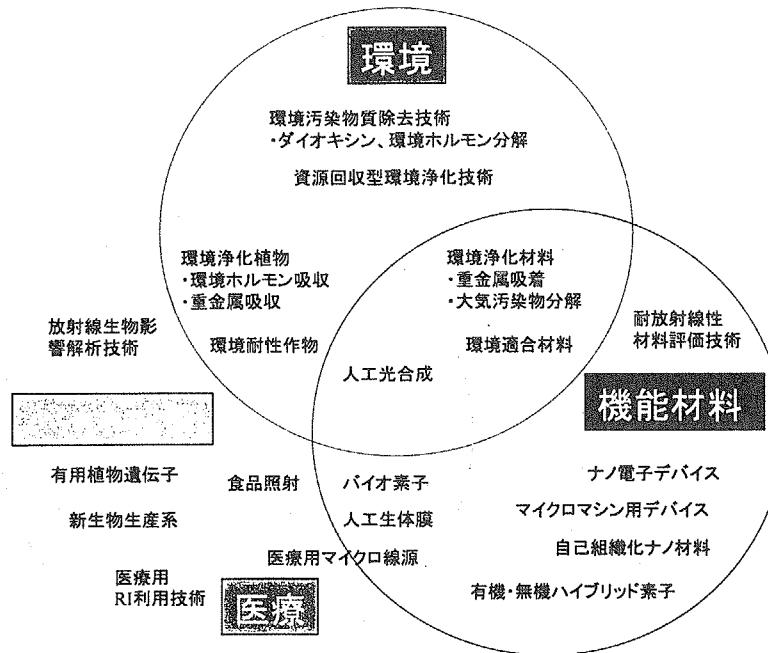
イオンビーム生物応用研究部

- イオンビーム
- イオンビームによる生物応用研究
- イオンビームを用いた植物資源創製の研究
- 遺伝子資源創製と新規細胞育種技術開発の進め方
- イオンビームによる生物機能解析の研究
- 植物の環境応答研究の展開の進め方
- イオンビームの医学応用の勧め方
- バイオ技術への放射線利用の研究
- 細胞応答研究の進め方
- 放射線耐性機構解明研究の進め方
- イオンビームを利用した生体機能模倣システム研究
- 生体機能模倣システム研究の進め方

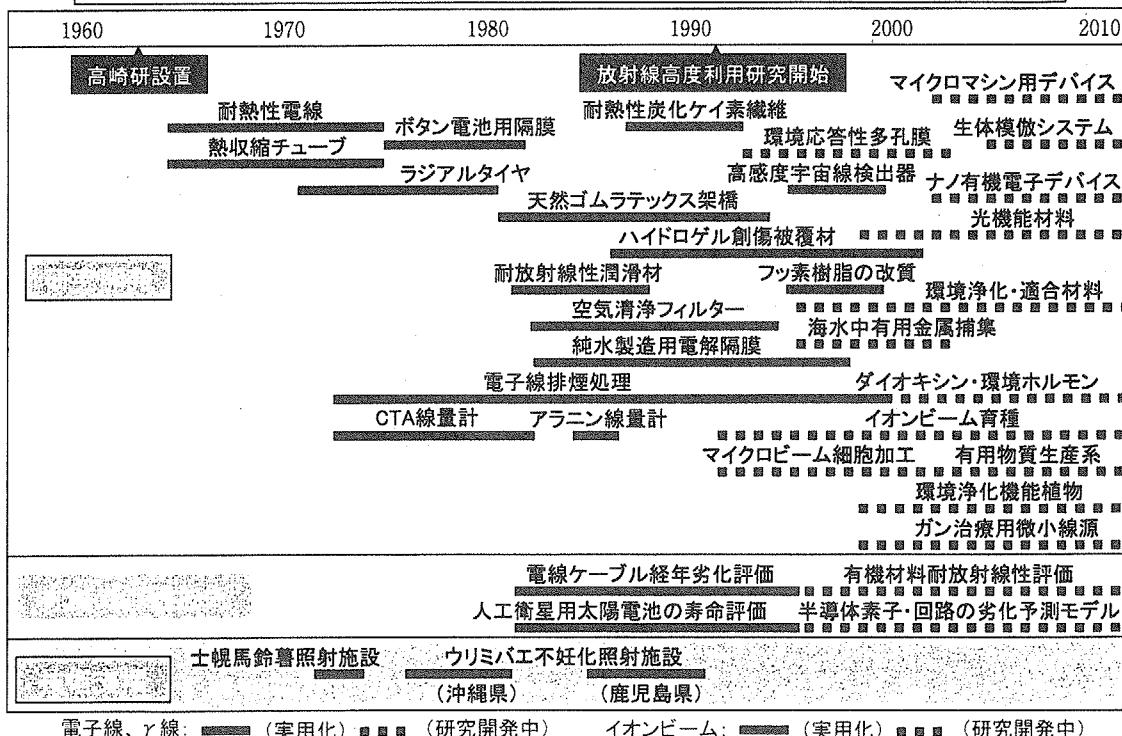
放射線高度利用センター

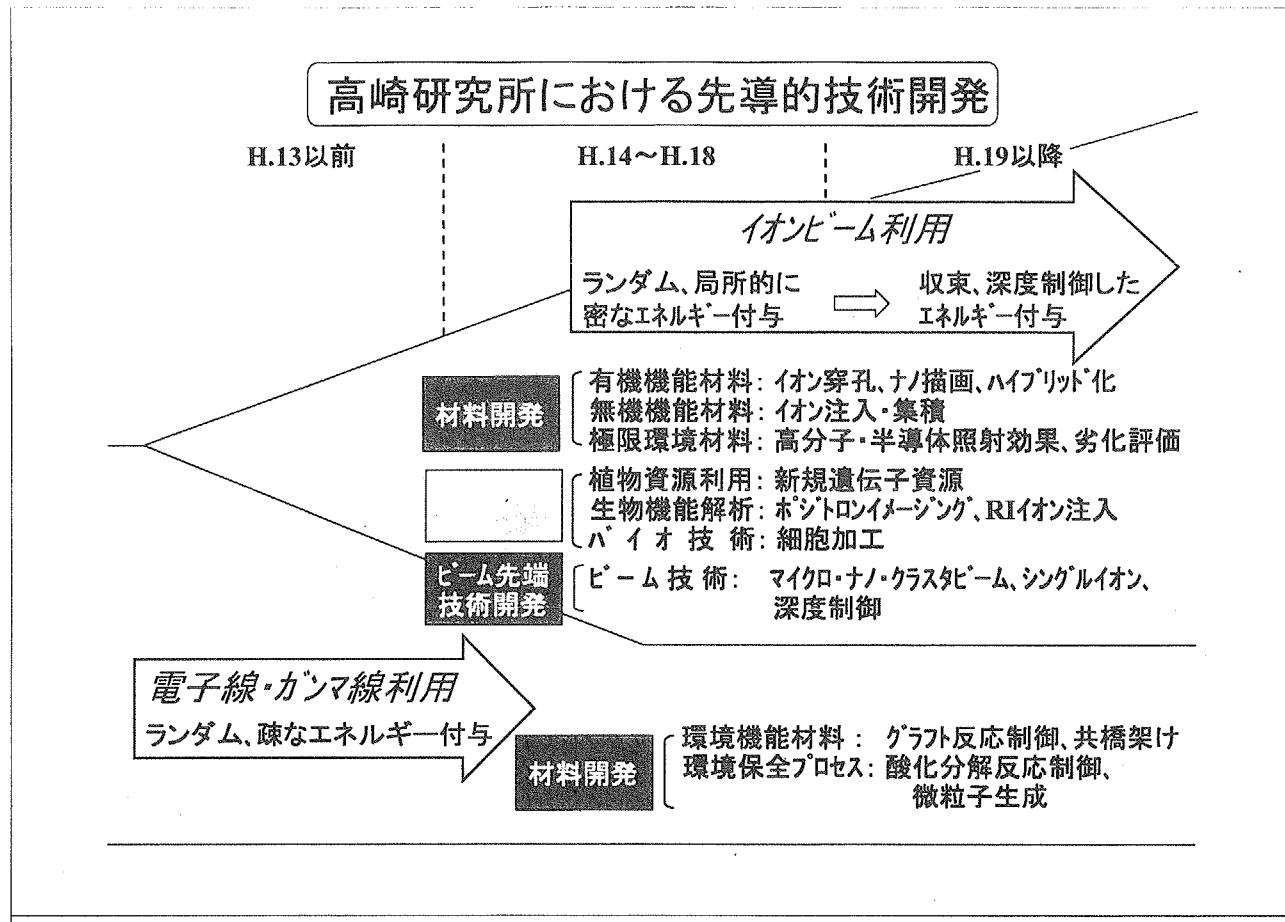
- 放射線高度利用センターの研究開発活動の目標と特徴
- TIARA 10 年の成果
- イオン照射研究施設 (TIARA) の特徴
- イオン照射研究施設 (TIARA) の利用実績
- イオン照射研究施設 (TIARA) の利用状況の推移
- イオン照射研究施設 (TIARA) における技術開発
- 加速器・イオン源技術の開発と今後の展望
- マイクロビーム技術の開発と今後の計画
- GeV 級重イオンビームの先端利用と波及効果

高崎研究所における研究開発の目標

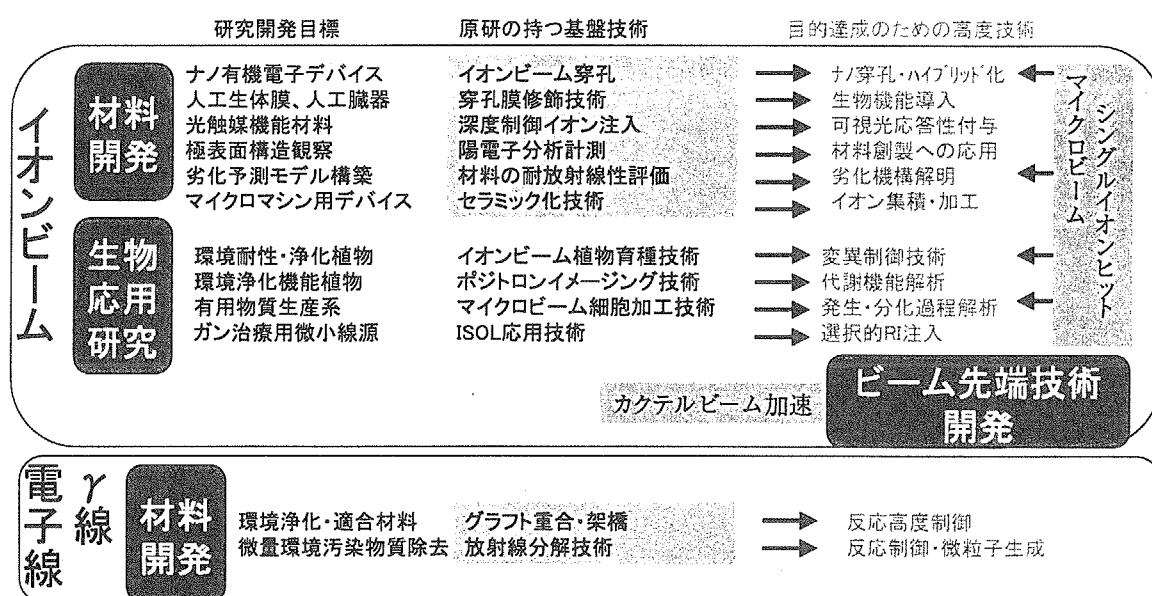


放射線利用における研究開発と実用化例

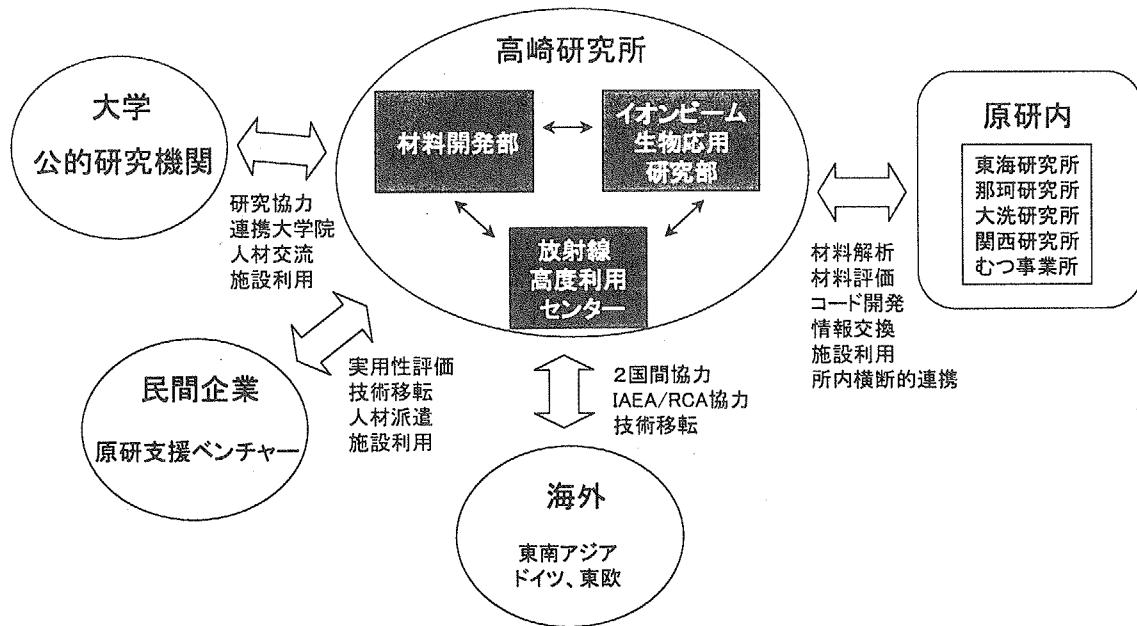


**先導的技術開発と今後の展開**

- イオンビーム微細加工、構造・機能制御などによるナノテクノロジー・材料創製
- 複雑生命現象の計測・解析、遺伝子機能制御、微小RI線源によるライフサイエンスへの貢献
- 新規材料・プロセス及び生物資源などの利用による環境保全への貢献

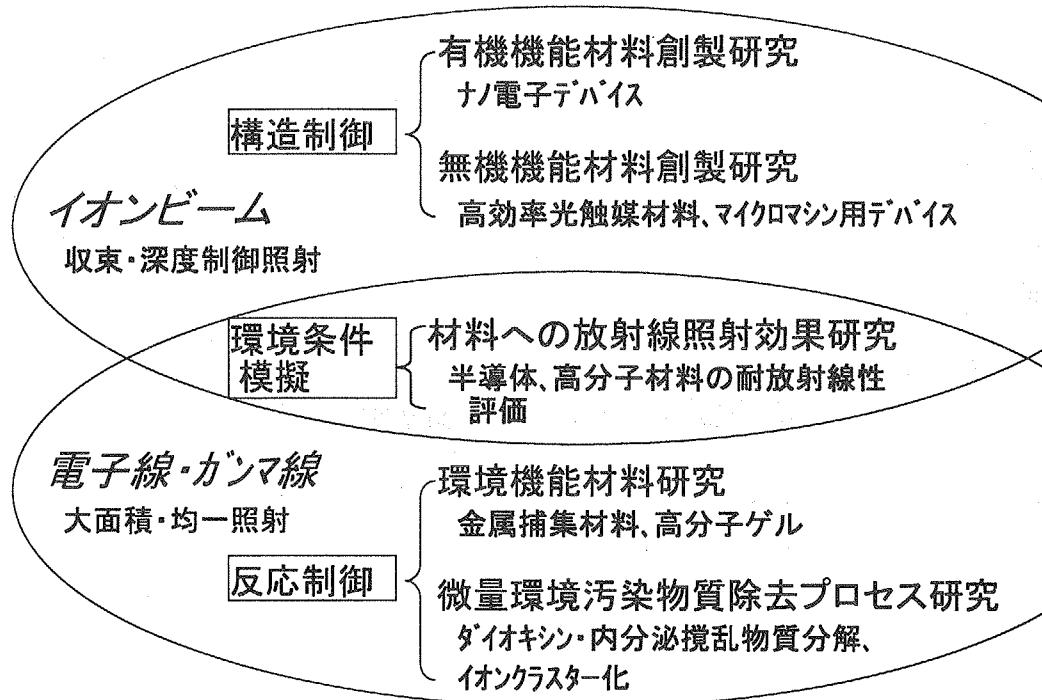


原研内外との協力・連携

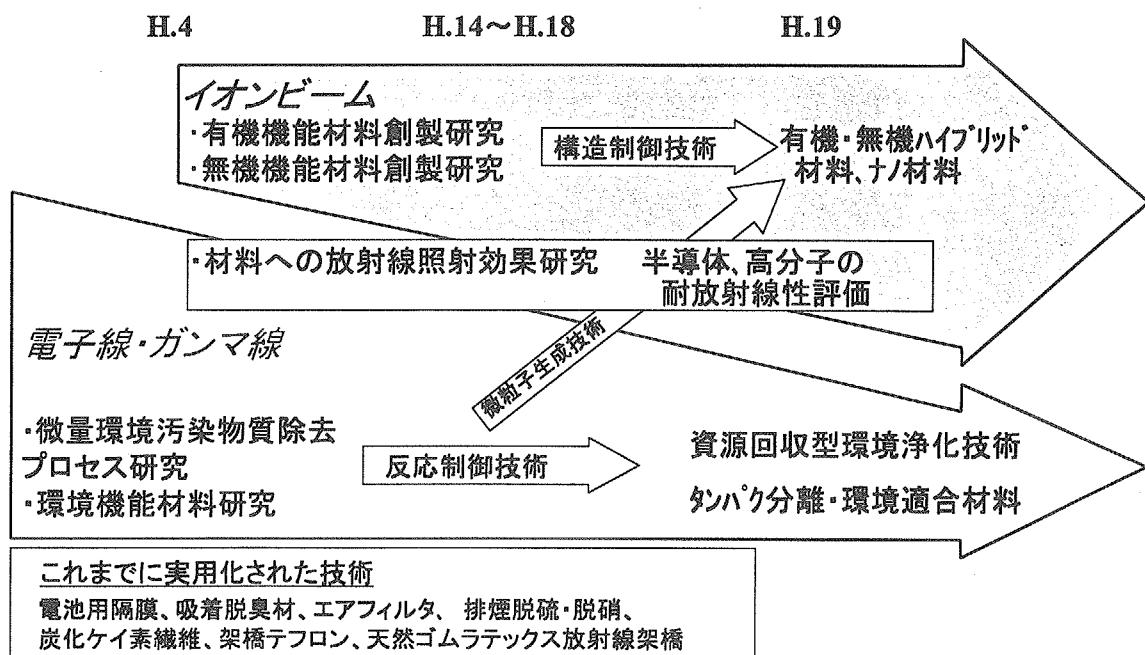


社会ニーズ対応の材料創製・評価とプロセス開発

材料開発部の研究開発課題

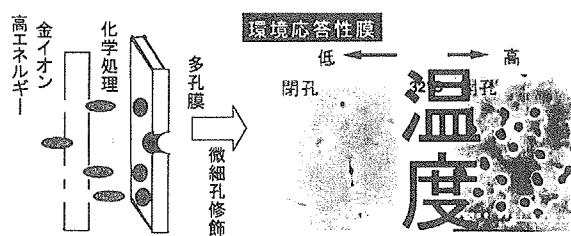


材料研究開発の進め方 —これまでの成果と将来の方向—

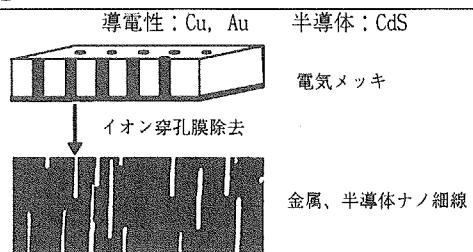


1) 有機機能材料創製の研究 —これまでの関連成果—

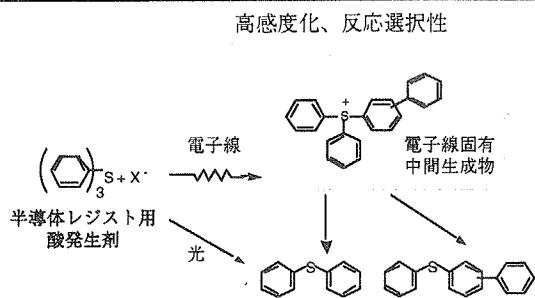
① イオンビームによる微細孔作製と機能化



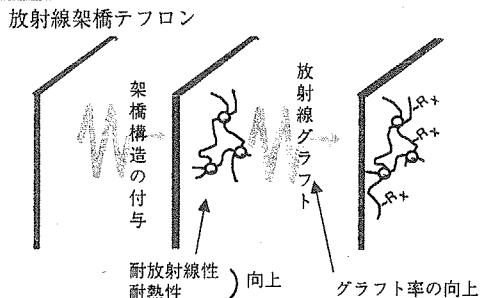
② 金属、半導体ナノ細線の形成技術



③ 電子ビーム誘起反応の設計、制御技術



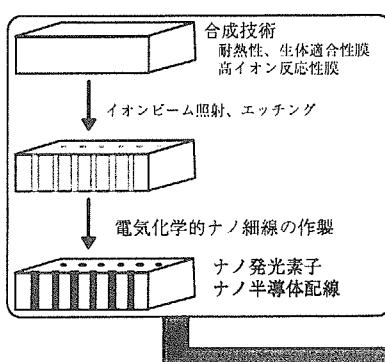
④ 放射線によるテフロンの橋架け技術



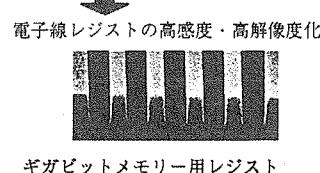
1) 有機機能材料創製の研究

・高度に制御されたイオンビーム、電子ビームによる先端有機機能材料の創製

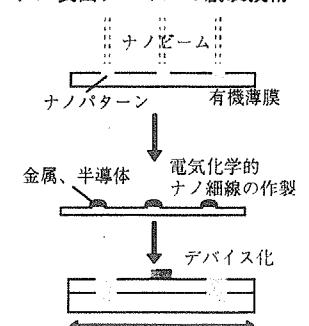
a) ナノ電子デバイス創製 これまでに開発したイオンビーム穿孔と金属や半導体導入、電子ビーム誘起反応設計・制御の各種技術を利用し、ナノ電子デバイスを開発する。



電子ビーム誘起反応の設計、制御



ナノ表面デバイスの創製技術



波及効果

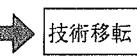
- ・次世代ディスプレー用エミッター素子
- ・超高速、超高密度デバイスとなる3次元メモリー、量子プロセッサー

b) 高導電性イオン交換膜 放射線橋架けフッ素樹脂への導電性基導入技術の確立。

放射線架橋: 高耐酸化性テフロン膜の作製
放射線グラフト: 高導電性テフロン膜の作製



燃料電池用隔膜の開発
(高耐酸化性、高イオン交換容量)



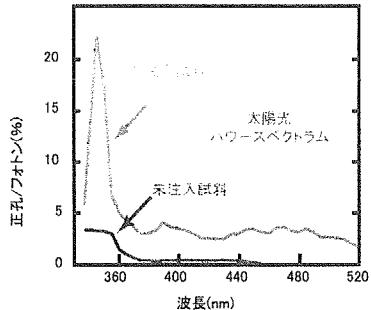
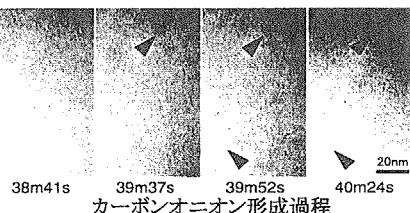
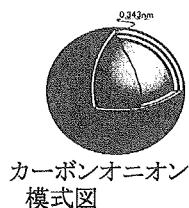
技術移転

2) 無機機能材料創製の研究 —これまでの関連成果—

① 光触媒材料TiO₂へのCrイオン注入(イオンビーム加工)により、紫外光に加え可視光に対する応答性付与に成功

② 放射線分解性フッ素高分子への融点付近 放射線照射で高耐熱性、耐放射線性付与に成功

③ 電子線不融化技術により超耐熱性炭化ケイ素繊維開発に成功

Crイオン注入したTiO₂の可視光応答性

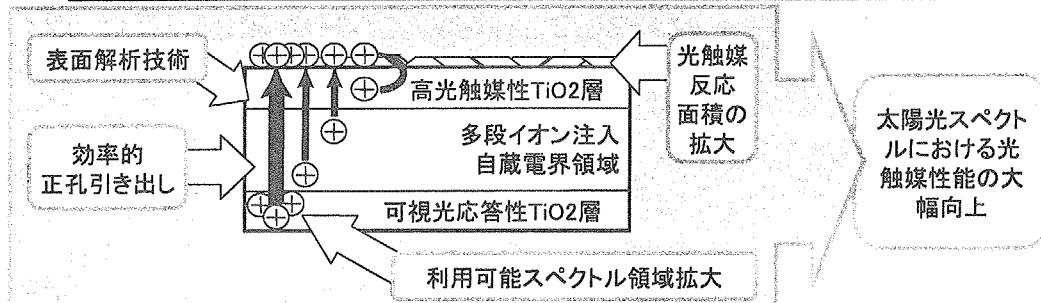
④ Cu基板へのCイオン注入による玉葱状炭素層形成過程のその場観察に成功

2) 無機機能材料創製の研究

・高度に制御されたイオンビーム、電子ビームによる先端無機機能材料の創製

a) 高効率光触媒材料 これまでに開発したイオン注入、表面解析技術を利用し、太陽光の有効利用、有害物質分解のための可視光応答性光触媒材料(TiO₂)を開発する。

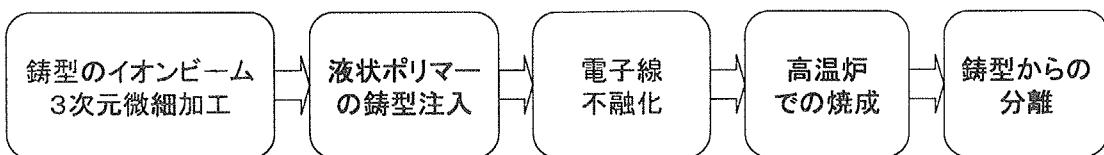
- ① 薄膜形成時の可視光応答性付与による利用可能スペクトル領域拡大
- ② 表面構造複雑化による光触媒反応面積の拡大
- ③ 多段イオン注入自蔵電界形成による効率的正孔引出し
- ④ 反射高速陽電子線回折(RHEPD)、陽電子消滅測定(PAS)技術による解析



波及効果

- ・太陽光を利用した炭酸ガス資源化、有害物質分解
- ・水素製造、太陽電池への応用

b) マイクロマシン用デバイス作製技術 これまでに開発したイオンビーム加工技術や電子線不融化技術を用い、マイクロマシン用セラミック部品製造技術を開発する。

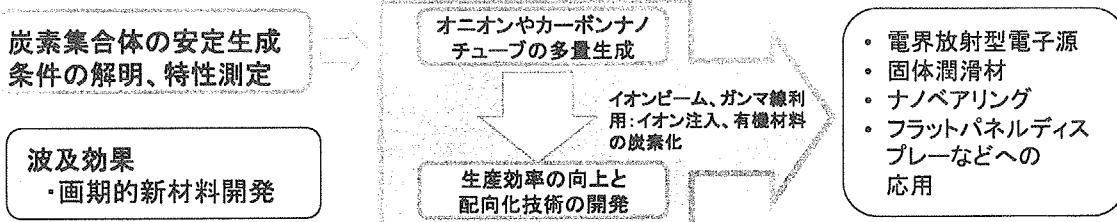


波及効果

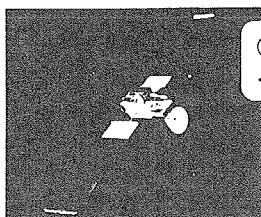
- ・マイクロマシン用部品の3次元製作、大量生産化、低コスト化
- ・マイクロマシン技術の広範な分野(医療、情報通信、点検・補修など)への応用

c) 炭素集合体機能材料 これまでに見出したイオン注入カーボンオニオンの安定生成条件を

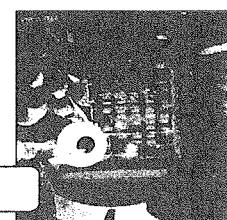
解明、その大量生産化と固体潤滑材、ナノペアリングなど各種の応用可能性を探査する。



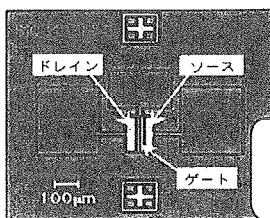
3) 極限環境材料への放射線照射効果の研究 —これまでの関連成果—



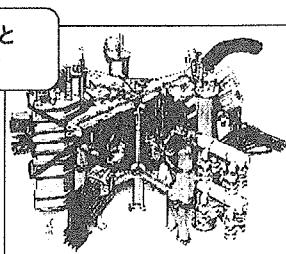
① 宇宙用半導体素子の耐放射線性評価技術を開発し、人工衛星の搭載素子選定や運用策定に貢献



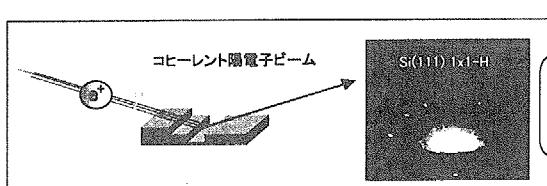
② 原子炉用電線の経年劣化試験法を開発



③ 核融合炉の超伝導磁石用耐放射線性絶縁材料と建屋構造材用アラミド繊維強化樹脂複合材を開発



④ 炭化ケイ素(SiC) 半導体の結晶成長、イオン注入、酸化膜形成技術を開発して、耐放射線性に優れたトランジスタを作製

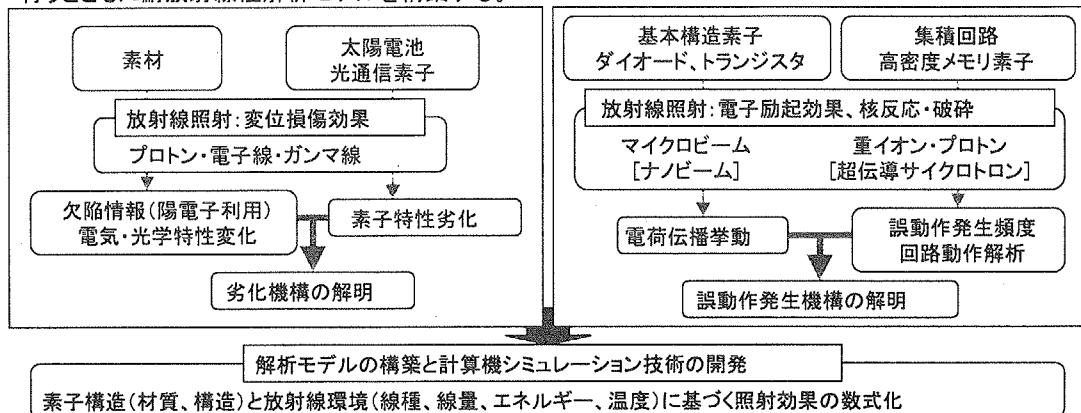


⑤ 世界に先駆けて反射高速陽電子回折(RHEPD)技術を開発し、半導体や金属の最表面原子構造や電子状態の解析に応用

3) 極限環境材料への放射線照射効果の研究

・極限環境下で使用される材料の放射線劣化の評価と推定法の確立

太陽電池及び集積回路の劣化評価 これまでに開発した半導体の放射線劣化評価技術の高度化を行うとともに耐放射線性解析モデルを構築する。

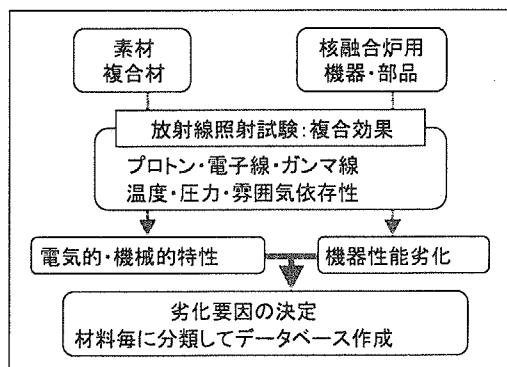


波及効果

- ・人工衛星、原子力用ロボット、大出力加速器制御機器搭載部品の耐久性・信頼性評価技術の確立と選定基準の策定
- ・宇宙、原子力、放射線医療用の耐放射線性半導体素子の開発
- ・地上用半導体部品のX線診断、宇宙線耐性診断技術の開発

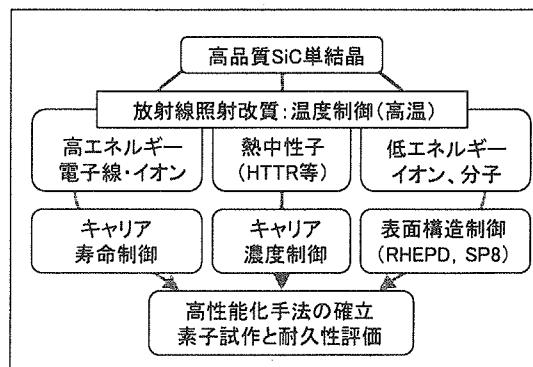
高分子材料の劣化評価

高分子材料の放射線劣化データを今後の具体的ニーズにあわせ、さらに蓄積するとともに、耐放射線性データベースを構築する。



炭化ケイ素半導体の電気特性制御

これまでに開発した炭化ケイ素(SiC)半導体の電気特性制御技術を確立し、放射線下での耐久性を検証する。



波及効果

- ・宇宙・原子力用構造材料・絶縁材料の寿命評価・選定基準策定
- ・核融合炉用設備・機器の開発
- ・耐放射線性新有機材料の開発

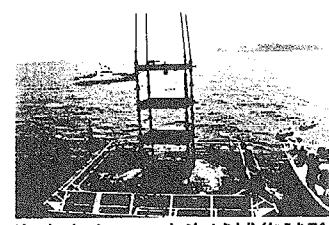
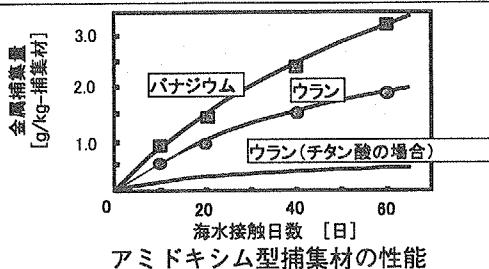
波及効果

- ・宇宙・原子力・加速器制御用高耐久性・高信頼性部品の実現
- ・大規模通信・電力変換素子への応用による情報通信・パワーエレクトロニクス分野の発展

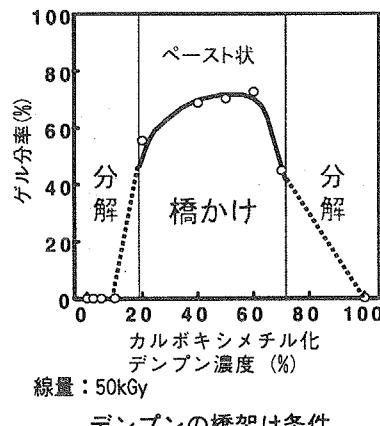
4) 環境機能材料の研究 —これまでの関連成果—

- ① 高性能アミドキシム型捕集材を開発
- ② 含浸グラフト重合による大量生産技術を開発
- ③ 海水からのウラン捕集(300g)を実証

- ④ 有害なアルデヒド類やエピクロルヒドリンを使用しないデンプンの橋かけによる高吸水性、生分解性ハイドロゲルの合成に成功



海水中ウラン実海域捕集試験

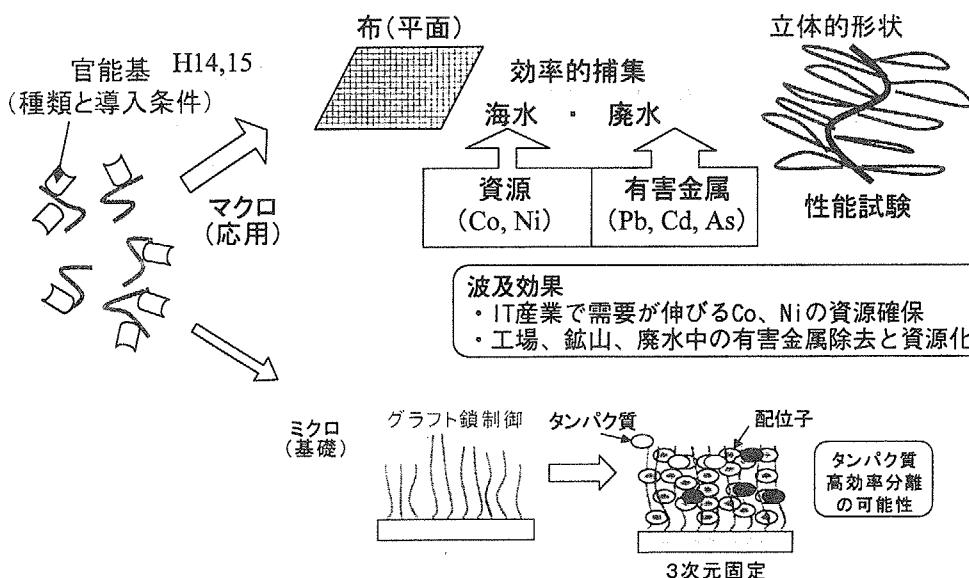


デンプンの橋かけ条件

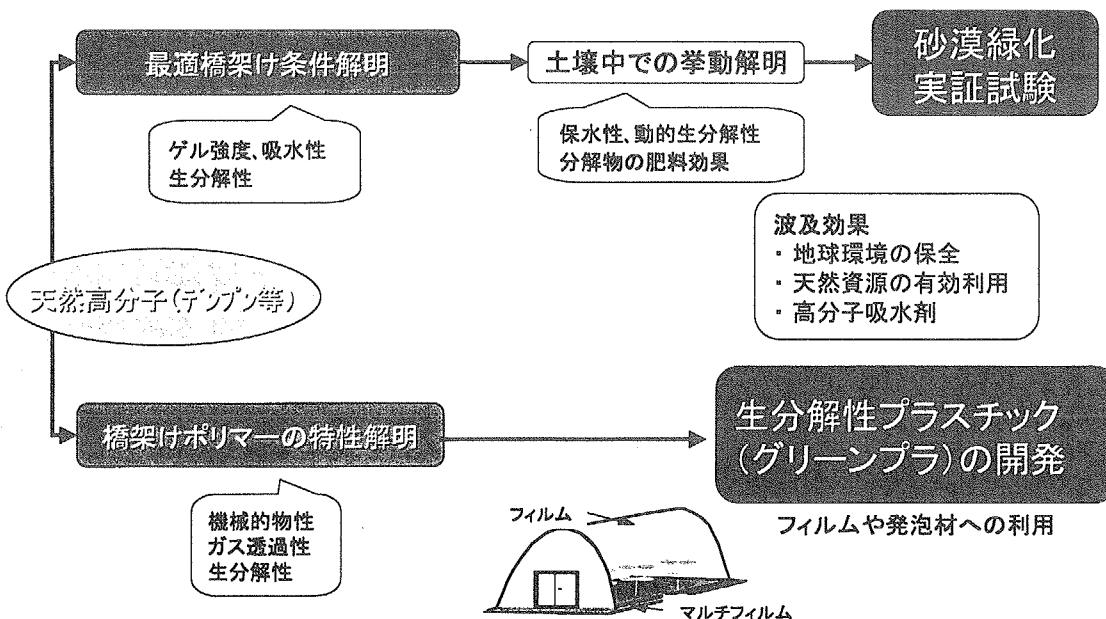
4) 環境機能材料の研究

・放射線による反応制御技術を用いた環境保全に役立つ材料の創製

- a) 金属捕集材料 これまでに開発したグラフト重合制御技術を利用し、廃液や海水中の有害金属や有用金属回収材料を開発する。



a) 高分子ゲル作製技術 これまでに開発した天然高分子の放射線橋かけ技術を利用し、保水性、機械的特性に優れ、且つ、生分解性に優れた環境適合材料を開発する。



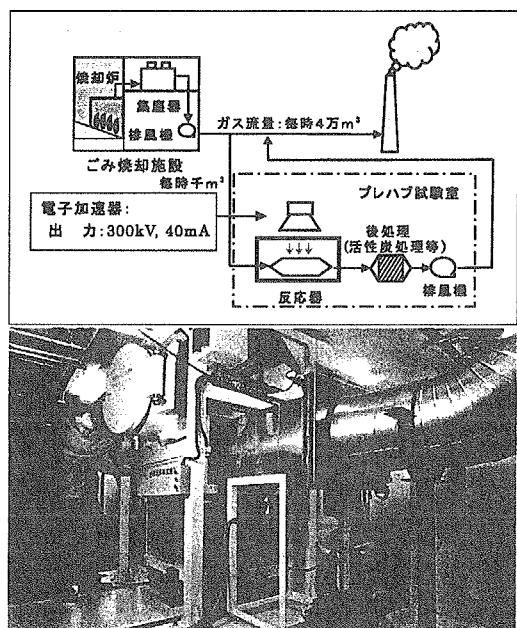
5) 微量環境汚染物質除去プロセスの研究 —これまでの関連成果—

① 火力発電所燃焼排煙の電子線処理技術の確立と技術移転・実用化

場所	処理規模	運転開始
中部電力西名古屋火力発電所	60万m ³ /h	2001年(予定)
成都火力発電所	30万m ³ /h	1997年
ボモジャニ火力発電所	27万m ³ /h	2001年
マリツツアイースト火力発電所	1万m ³ /h	2001年(予定)

② 撥発性有機化合物(VOC)の電子線による酸化分解技術の開発

- ・芳香族系のエアロゾル化(分解量の40-60%)
- ・トリクロロエチレン等の脱塩素連鎖機構解明
- ・水、アルカリ液添加による分解の高効率化
- ・ごみ燃焼排煙中ダイオキシン分解への電子線の有効性を実証



ダイオキシン除去試験(2000年11月開始)

5) 微量環境汚染物質除去プロセスの研究

- 放射線による環境汚染物質の酸化分解、イオン化、微粒子生成や帯電効果の解明と、これらの効果を利用した環境浄化プロセスの開発

a) ダイオキシン・内分泌攪乱物質の分解 これまでの排煙の脱硫・脱硝、VOCやダイオキシンの分解技術を基に、社会問題となっている環境汚染物の酸化分解技術を開発する。

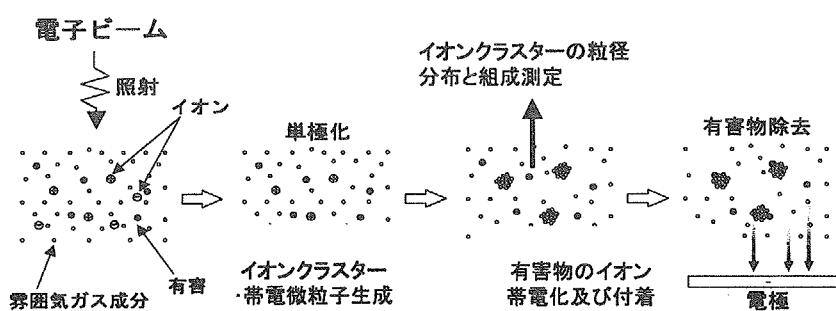
実燃焼ガス試験
実規模試験支援

飛灰・排水中のダイオキシンの
分解に関する基礎研究



排水中内分泌攪乱物質の分
解研究

b) イオンクラスター化による環境浄化 環境汚染物分解の研究で得られ
た成果を基にイオンクラスター化技術を用いる新規環境保全技術を開発する。



波及効果

- ・地球環境の保全
- ・資源回収型新規環境保全技術

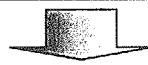
イオンビーム

- ・局所的で高密度な電離・励起作用
- ・粒子飛跡が直線状、飛程のばらつきが小さい
- ・原子核反応を引き起こす



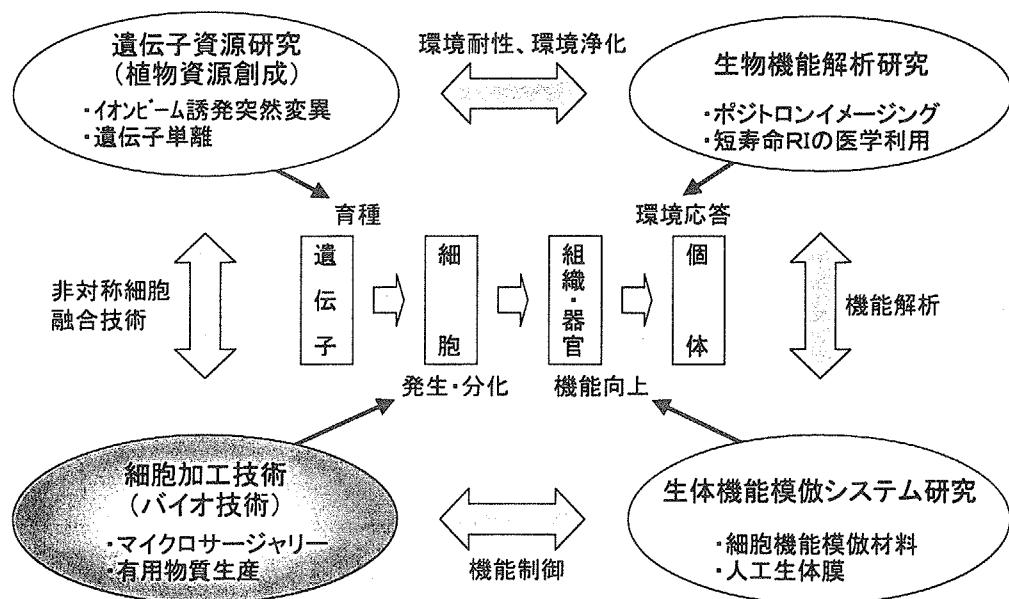
生物への応用

- ・突然変異の誘発
- ・マイクロサージャリーへの応用
- ・ポジトロン放出核種の製造
- ・人工生体膜用微細加工

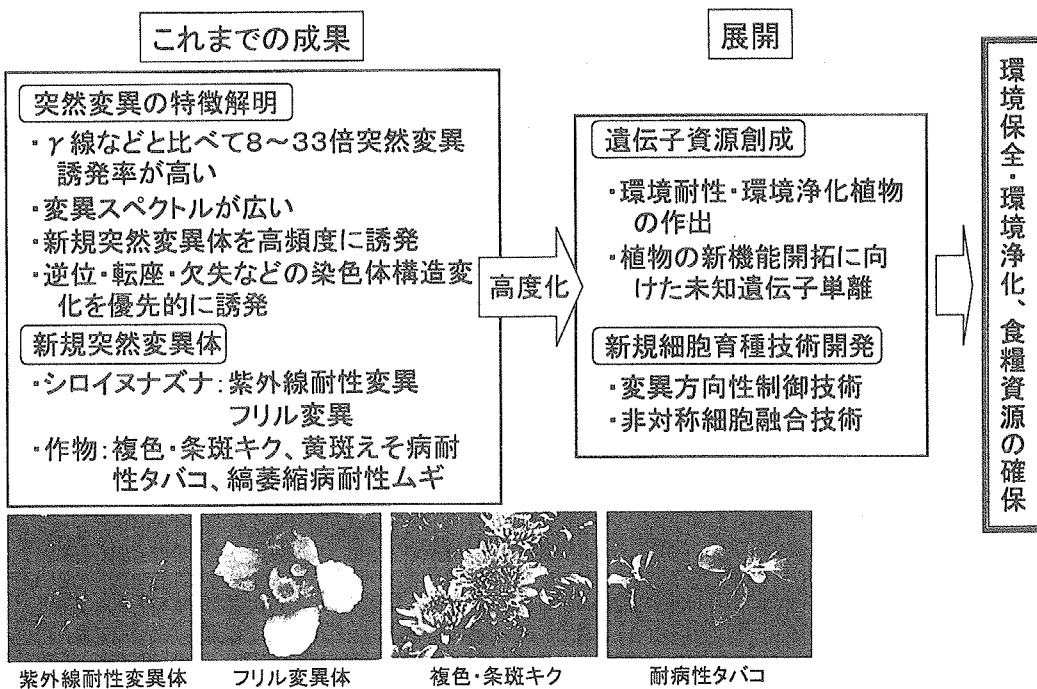


環境・食糧・医療

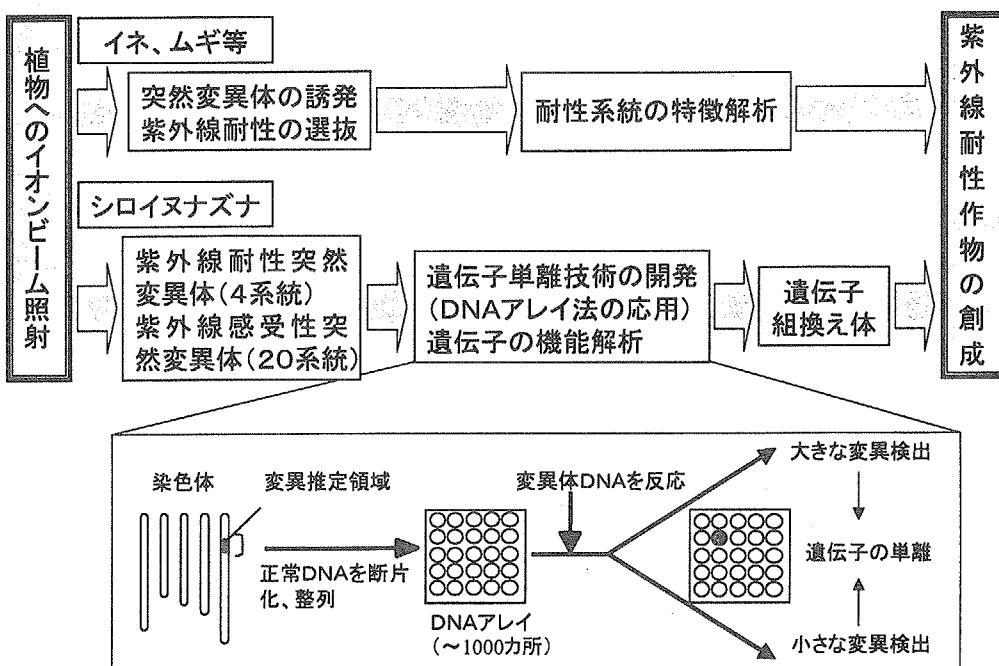
イオンビームによる生物応用研究



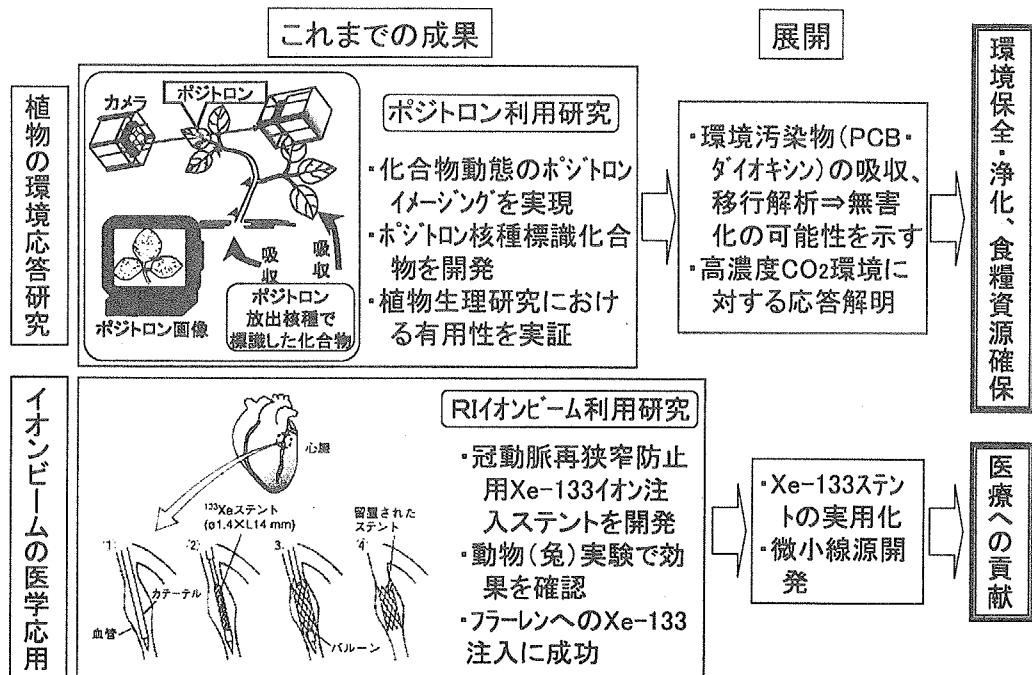
1) イオンビームを用いた植物資源創成の研究 独創技術[イオンビーム育種技術]



遺伝子資源創成と新規細胞育種技術開発の進め方



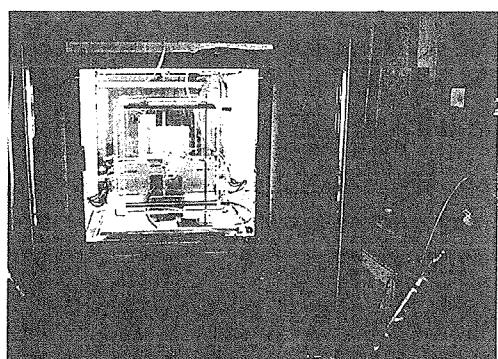
2) イオンビームによる生物機能解析の研究 独創技術【ポジトロンイメージング技術とISOL応用技術】



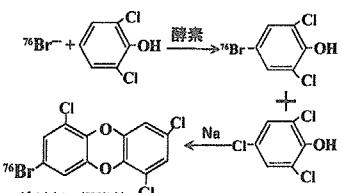
植物の環境応答研究の展開の進め方

ハロゲン元素ポジトロン核種標識化合物製造技術の開発

標識アミノ酸

PCB・ダイオキシン
標識技術の開発高濃度CO₂環境に対する応答解明
(光合成への短期・長期的影響)環境汚染物の吸収・移行研究
(植物による浄化の可能性)

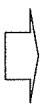
⁷⁶Brによるダイオキシン類標識反応



植物PET研究設備(H16~)
(ベビーサイクロtronによるポジトロン核種標識化合物製造)

イオンビームの医学応用の進め方

放射性ステント密封化技術開発
(ステンレス酸化皮膜の作製)



前臨床試験
(ミニ豚)



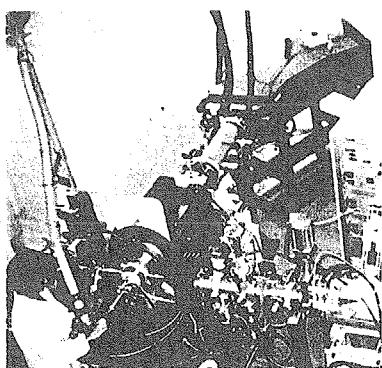
臨床試験



Xe-133注入
ステント実用化

群馬大

群馬大

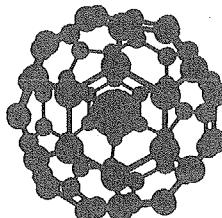


RIイオン注入に用いるTIARA-ISOL
(オンライン同位体分離器)

イオン注入による同位元素内包フラーレン作製技術開発



RI内包フラーレンを用いる医療用微小線源の開発



RIイオン注入による
Xe-133内包フラーレン

3)バイオ技術への放射線利用の研究 独創技術【重イオンマイクロビーム細胞照射技術】

これまでの成果

展開

重イオン局部照射技術開発

- 直径 $5 \mu\text{m}$ までのマイクロビーム絞り込みを達成
- カイコの発生初期卵における発生運命予定地図の作成

放射線耐性機構の解明

- 新規DNA修復遺伝子 *pprA* を発見
- 放射線抵抗性細菌のゲノム物理地図を作成

食品照射研究

- 食品照射に関する研究成果データベースの整備、HPで一般公開

細胞応答研究

- マイクロビームによる胚・細胞微細加工技術の確立
- 発生・分化過程の解析

放射線耐性機構の解明

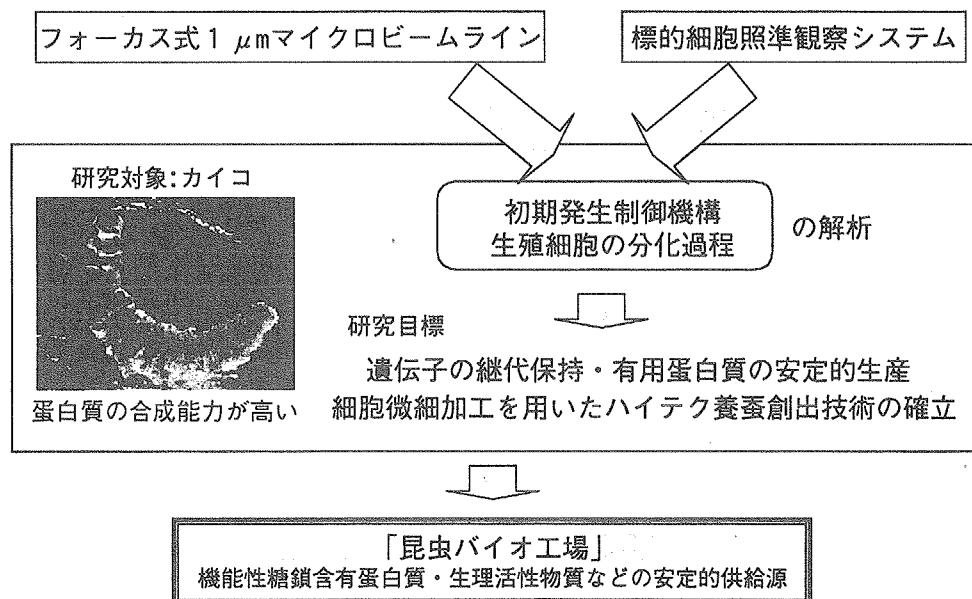
- 放射線抵抗性細菌のDNA修復回復系の全容解明
- 放射線損傷回復促進系の開発

食品照射研究

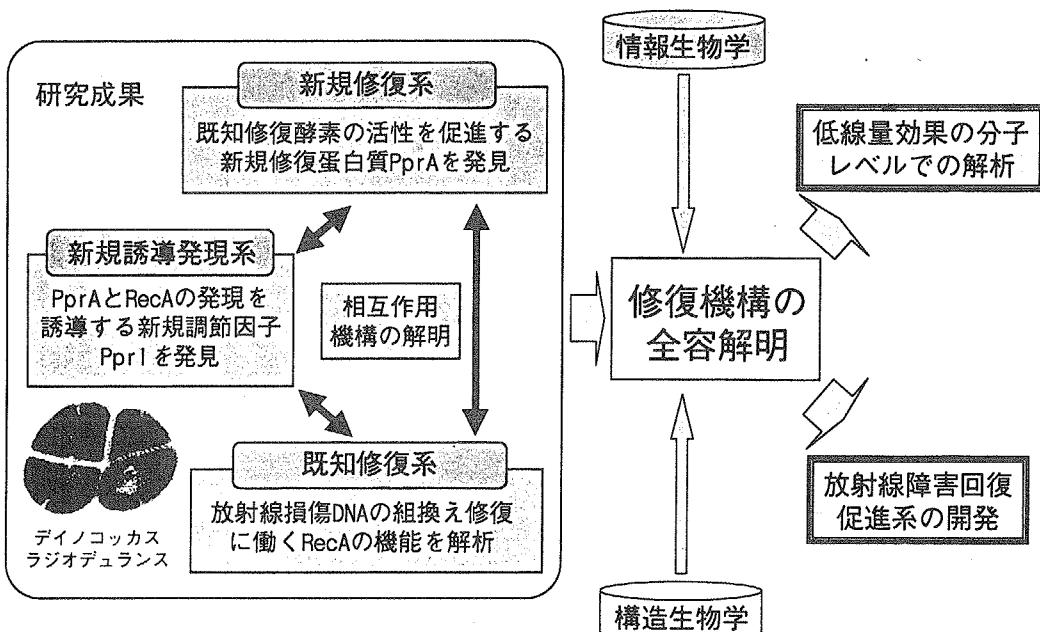
- 照射食品検知法の開発

医療への応用・新産業創出

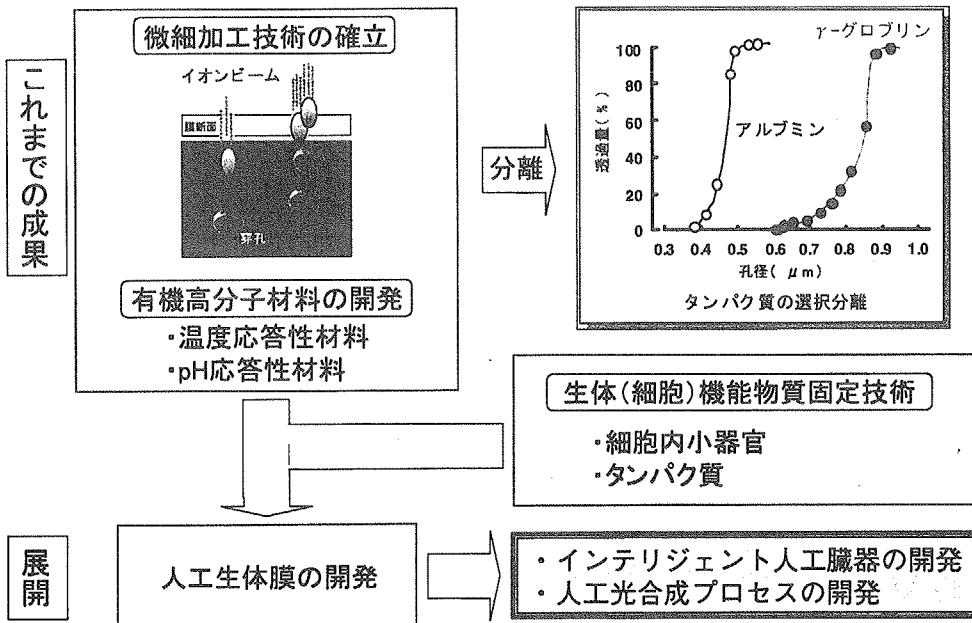
細胞応答研究の進め方



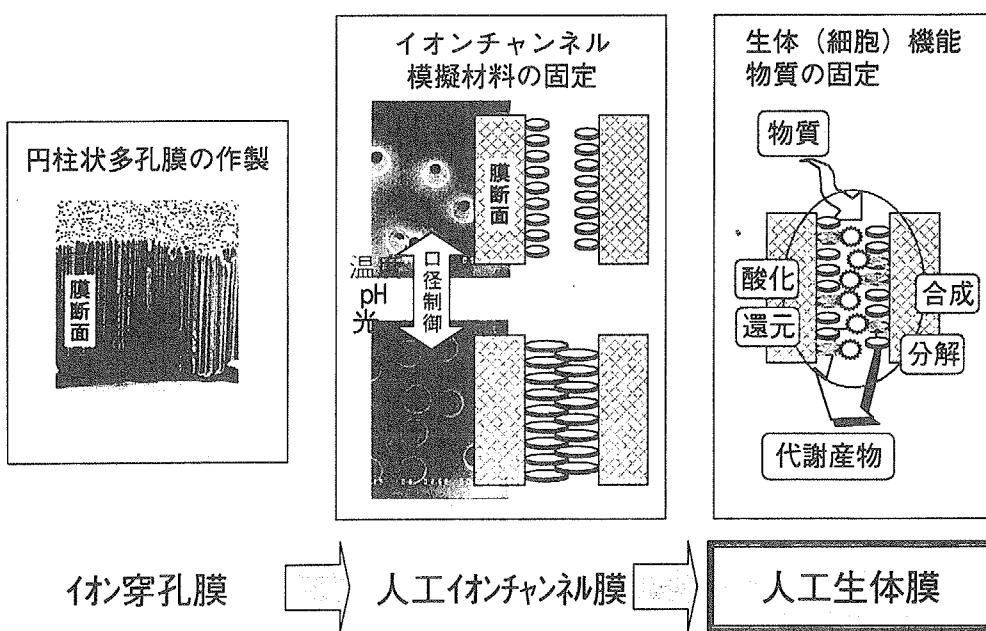
放射線耐性機構解明研究の進め方



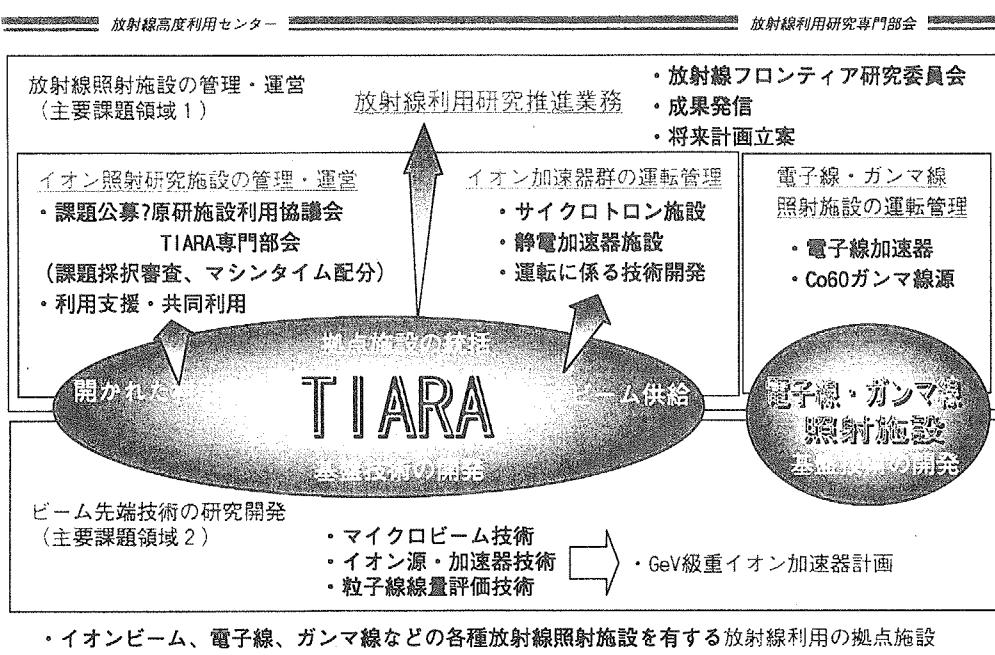
4) イオンビームを利用した生体機能模倣システム研究 独創技術【イオンビーム穿孔制御技術】



生体機能模倣システム研究の進め方

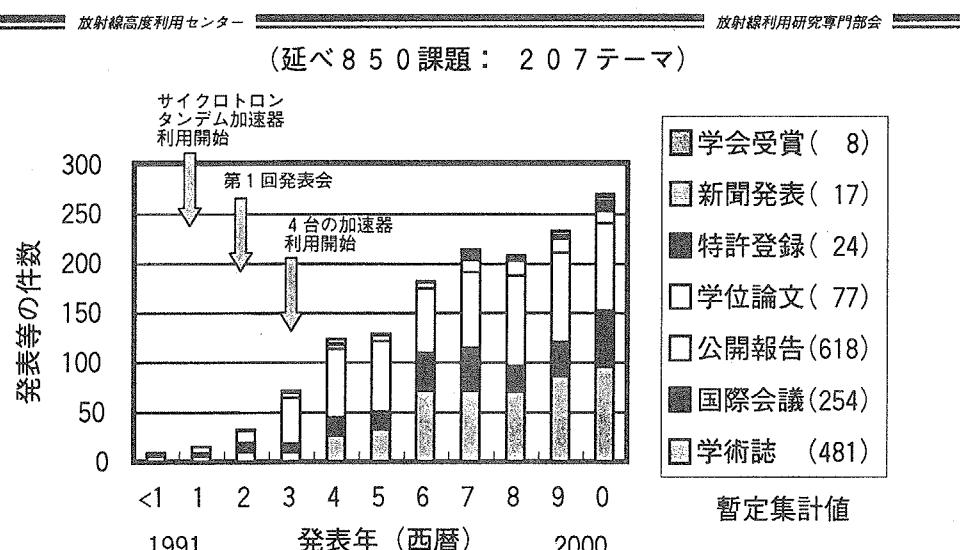


放射線高度利用センターの研究開発活動の目標と特徴



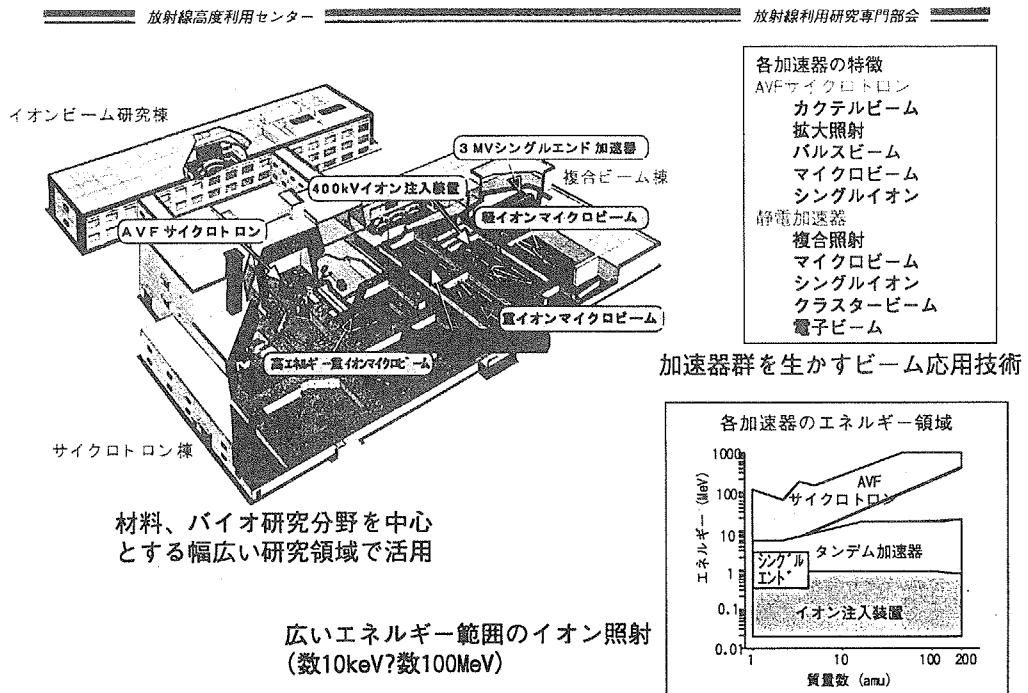
- ・イオンビーム、電子線、ガンマ線などの各種放射線照射施設を有する放射線利用の拠点施設
- ・所外に開かれた放射線利用施設としての安定な運転管理と安全かつ効率的な利用運営
- ・イオンビーム利用研究のニーズを捉えたビーム先端技術の研究開発と施設機能の高度化

TIARA 10年の成果

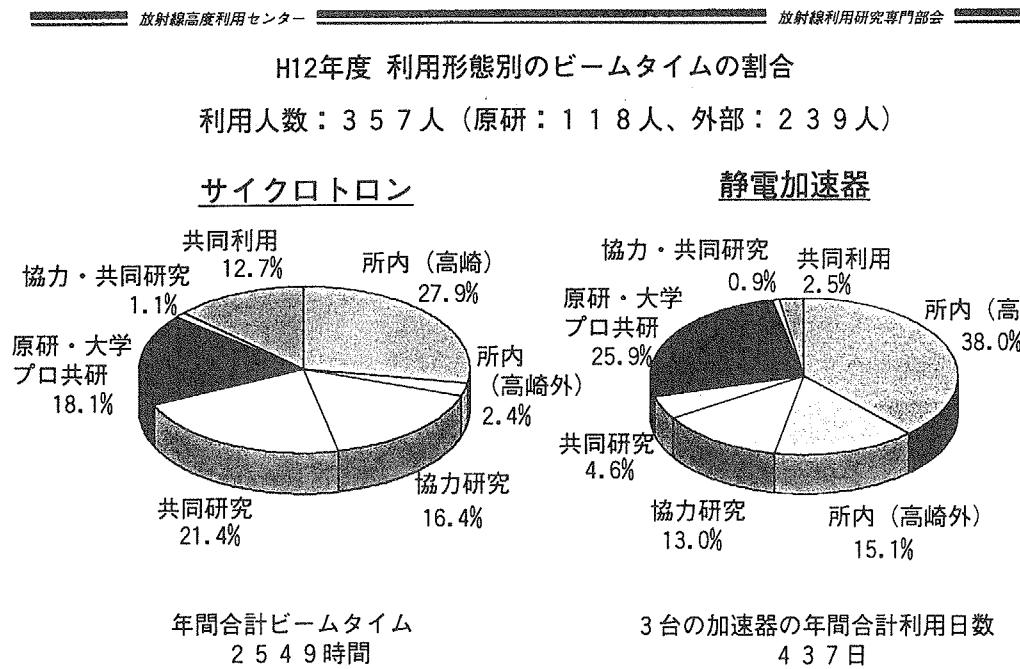


- ・TIARAの供用開始6年目以降、学術誌・国際会議での発表件数は毎年100?150件に達しており、TIARAの特長を生かした成果が得られている。
- ・博士論文・修士論文は70件以上に達しており、人材育成の観点でもTIARAの貢献は大きい。

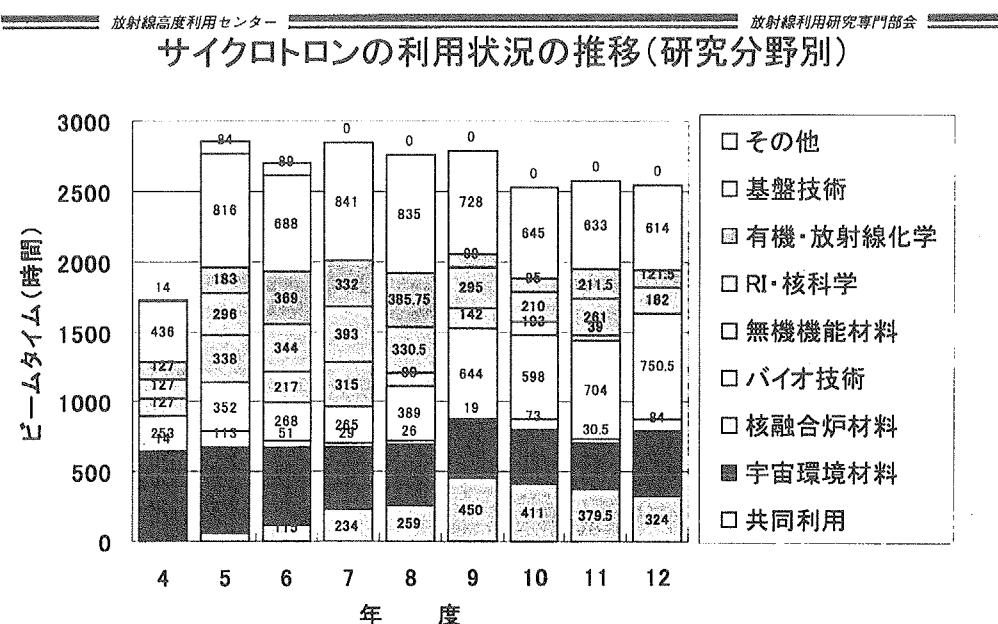
イオン照射研究施設(TIARA)の特徴



イオン照射研究施設(TIARA)の利用実績

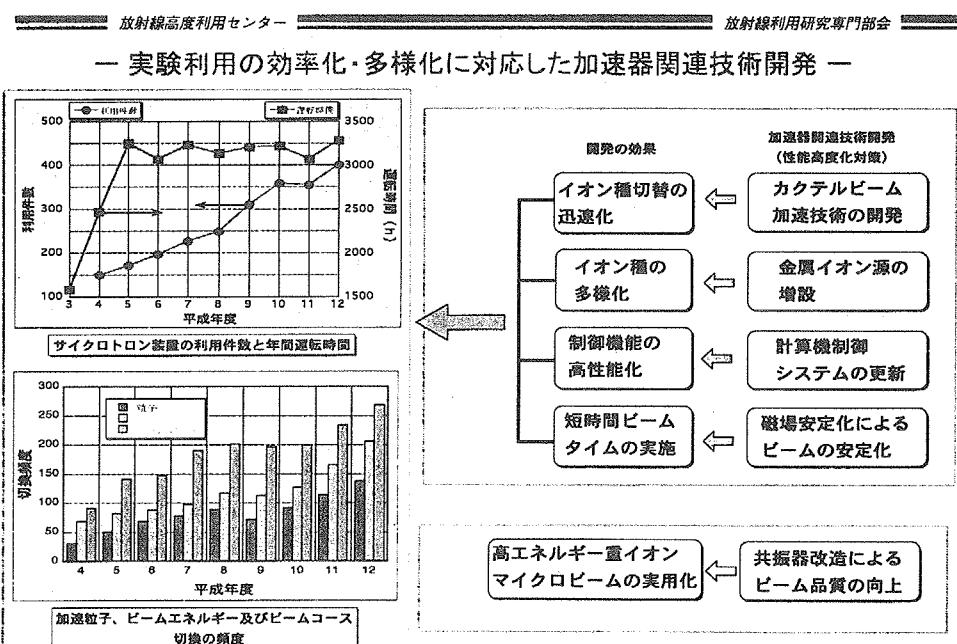


イオン照射研究施設(TIARA)の利用状況の推移



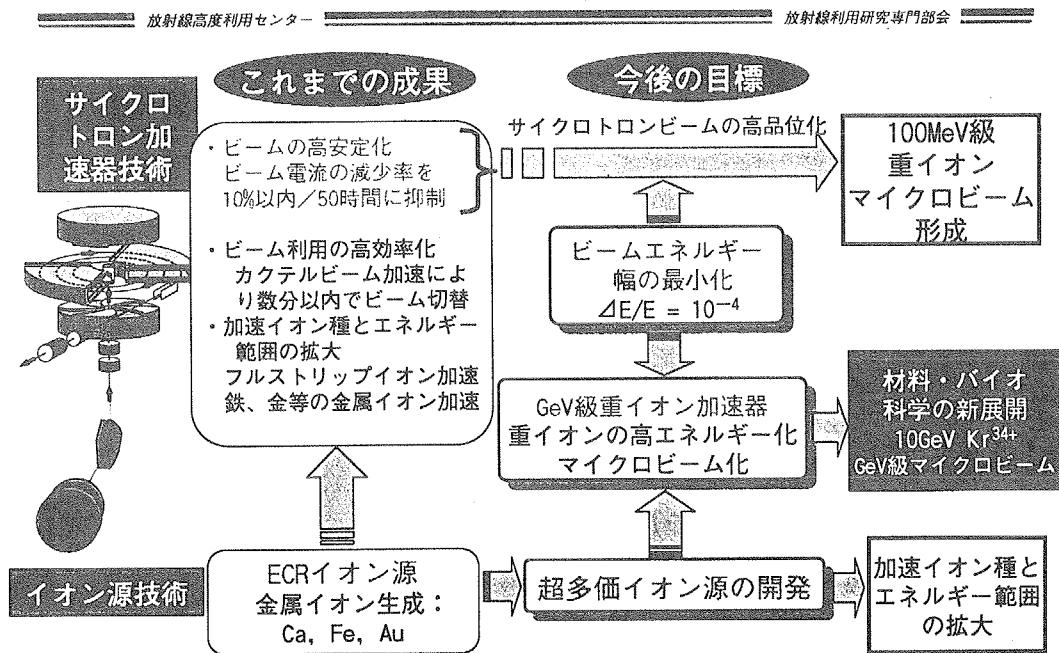
- ・H 9年度以降バイオ技術と宇宙環境材料分野での利用拡大

イオン照射研究施設(TIARA)における技術開発

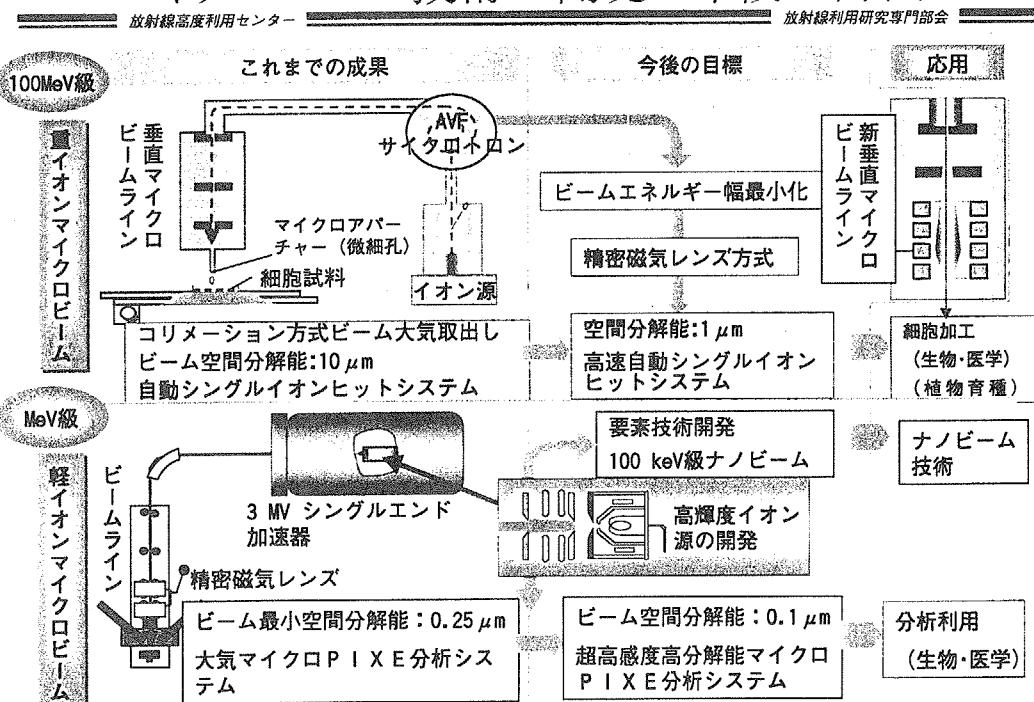


- ・利用件数やビーム条件の切り替え頻度などの増大要求に応える加速器関連技術開発を遂行
- ・施設の高度化に対応できる運転員や実験支援要員の確保が課題

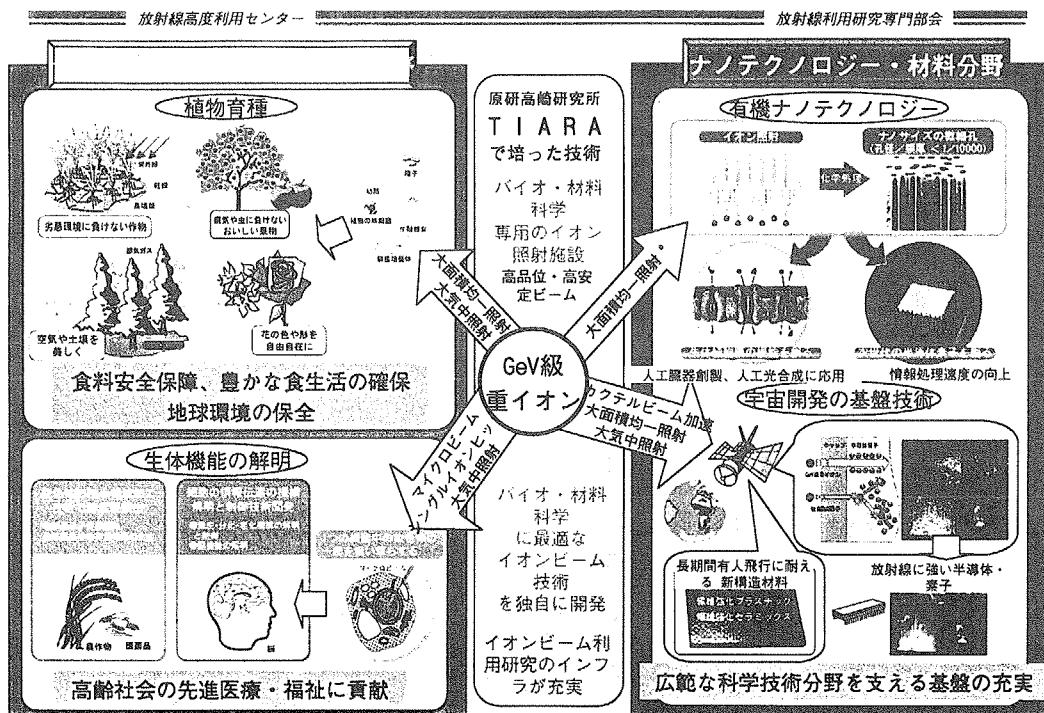
加速器・イオン源技術の開発と今後の展望



マイクロビーム技術の開発と今後の計画



GeV級重イオンビームの先端利用と波及効果



国際単位系(SI)と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
圧力、応力	ニュートン	N	m·kg/s ²
エネルギー、仕事、熱量	パスカル	Pa	N/m ²
工率、放射束	ジュール	J	N·m
電気量、電荷	ワット	W	J/s
電位、電圧、起電力	クロトン	C	A·s
静電容量	ボルト	V	W/A
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
磁束密度	ウェーバ	Wb	V·s
磁束度	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
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

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

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

表5 SI接頭語

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

(注)

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

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

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

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}	1.35951×10^{-3}	1.31579×10^{-3}	1	1.93368×10^{-2}
	6.89476×10^{-3}	7.03070×10^{-2}	6.80460×10^{-2}	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J(=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal(計量法)	Btu	ft · lbf	eV	1 cal = 4.18605 J(計量法)
1	0.101972	2.77778×10^{-7}	0.238889	9.47813×10^{-4}	0.737562	6.24150×10^{-18}		= 4.184 J(熱化学)
9.80665	1	2.72407×10^{-6}	2.34270	9.29487×10^{-3}	7.23301	6.12082×10^{-19}		= 4.1855 J(15 °C)
3.6×10^6	3.67098×10^5	1	8.59999×10^5	3412.13	2.65522×10^6	2.24694×10^{25}		= 4.1868 J(国際蒸気表)
4.18605	0.426858	1.16279×10^{-6}	1	3.96759×10^{-3}	3.08747	2.61272×10^{-19}	仕事率 1 PS(仮馬力)	
1055.06	107.586	2.93072×10^{-4}	252.042	1	778.172	6.58515×10^{21}	= 75 kgf·m/s	
1.35582	0.138255	3.76616×10^{-7}	0.323890	1.28506×10^{-3}	1	8.46233×10^{18}	= 735.499 W	
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
1	2.70270×10^{-11}	1	100	0.01	1
3.7×10^{10}	1				

照射線量	C/kg	R
1	3876	1
2.58×10^{-4}		

線量当量	Sv	rem
1	100	
0.01		1

(86年12月26日現在)

放射線利用研究専門部会評価結果報告書（平成13年度事前評価）

