

平成 13 年度原子力関係予算概算要求説明要旨
(原子力委員会説明資料)

平成 12 年 7 月 14 日
理化学研究所

平成13年度 原子力関係概算要求総括表

(単位：千円)

事 項	12年度予算額	13年度概算要求額	対前年度比較増△減	備 考〔 () 内は13年度要求額：百万円 〕	頁
1. 重イオン科学基礎研究	1,548,463	1,565,471	17,008		
(1) BNLとの国際研究協力	1,208,111	1,225,119	17,008	①高温・高密度原子核の研究 (BNLとの国際研究協力) (1,225)、リグ・サリヤ・サリヤによる研究 (11)	2
(2) RALとの国際研究協力	340,352	340,352	0	②中間子・ミュオン粒子 (RALと国際研究協力)、中性子の発生と応用 (340)	5
2. 原子力基盤技術開発研究	277,370	277,726	356		8
(1) 原子力用レーザー技術の研究	37,183	37,183	0	①極短波長光源を用いた機能性微小構造体の研究 (8) ②高効率複合型レーザーの研究 (5) ③原子力用ハードマテリアルレーザーの研究 (9) ④軟X線レーザーの高度化・先端利用研究 (15)	
(2) 放射線リスク評価・低減化技術の開発研究	50,776	50,776	0	①放射性ナノ粒子の計測・制御技術の開発 (51)	11
(3) 原子力基盤技術総合的研究	189,411	189,767	356	①高品質陽電子ビームの高度化研究 (10) ②マルチレーザーの製造技術の高度化研究 (28) ③放射線障害修復機構の解析による生体機能解明研究 (10) ④放射性核種の土壌生態圏における動的解析モデルの研究 (10) ⑤人間共存型プラントのための知能化技術の開発 (31) ⑥計算科学的手法による原子力施設における物質挙動に関する研究 (40) ⑦高速量子現象計測のためのアト秒パルス技術の開発 (32) ⑧原子力基盤総合的研究推進費 (28)	13
3. RIビームファクトリー計画	4,191,452	⑧ 11,089,000	⑧ 11,089,000		18
(1) RIビームファクトリー研究	543,277	6,295,165	2,103,713		
(2) RIビームファクトリー建設整備費	3,648,175	⑧ 11,089,000	⑧ 11,089,000	①実験棟、②特別高圧変電所、③RIビーム生成分離系	
4. 重イオン科学総合研究費	56,744	130,744	74,000		20
				①超重量素及び新不安定同位体元素の研究 (19)	22
				②不安定核ビームを用いた核科学の研究 (14)	24
				③高エネルギー高電離重イオンによる原子物理の研究 (16)	26
				④重イオンによる生物効果の研究 (7)	28
				⑤スピン制御量子ビームの研究 (74)	30
5. バイオクロストーク機能研究費	79,325	79,558	233		32
6. 原子力先端技術開発費	105,986	105,986	0		34
7. 重イオンビーム利用連携研究費	0	360,296	360,296		35
8. 重イオン科学総合研究推進費	1,472,493	1,482,477	9,984		36
9. 原子力研究推進費	19,033	19,033	0		37
合 計	7,750,866	⑧ 11,089,000 ⑧ 10,316,456	⑧ 11,089,000 2,565,590		

1. 重イオン科学基礎研究（継続）

①高温・高密度原子核の研究（BNL との国際研究協力）

【研究の目的】

高エネルギー重イオンと原子核との衝突（反応）は、一時的に非常に高温で高密度の核物質をつくる。このような極限状態は、超新星の爆発の瞬間などに考えられる状態で、物質進化の初期状態ともいえる。本研究は、理化学研究所のリングサイクロトロン及び米国ブルックヘブン国立研究所（BNL）で建設されている衝突型重イオン加速器 RHIC（Relativistic Heavy Ion Collider）を用いて高温・高密度原子核の研究、とりわけスピン物理に関する研究を推進する。理化学研究所はこれまでに、リングサイクロトロンを用いた高エネルギー重イオン反応により高温・高密度原子核（中・高エネルギー領域）を生成し、その条件下での原子核の挙動を解明し、核子集合体としての原子核物理の研究を行ってきた。一方、極めて高エネルギーのビームを利用した研究（超高エネルギー領域）の推進を可能とする世界唯一の衝突型重イオン加速器の建設が米国 BNL で進んでおり（1999 年完成）、日米科学技術協力協定及びその下において 1996 年 5 月に締結された基礎科学技術分野における STA/DOE 間の包括的実施取り決めの下、本加速器施設を利用した国際研究協力を実施し、これまでの理研における高温・高密度原子核の研究を飛躍的に発展させる。

【平成 13 年度研究計画】

平成 13 年度は、米国ブルックヘブン国立研究所との国際研究協力として、完成した素粒子対検出装置及び偏極制御装置の維持管理を行うとともに、RHIC での本格的実験を行う。特に実験から得られる年間 400TB にも及ぶ大量のデータを解析するためのシステムの整備を継続する。「理研 BNL センター」においては、理論と実験の両グループにおける活動を継続する。

【平成 13 年度概算要求】

概算要求総額

（内訳）

I. 米国ブルックヘブン国立研究所との国際研究協力

（1）スピン物理研究

平成 13 年度要求額

1,577,178 千円

1,236,826 千円

683,635 千円

平成 12 年度予算額

1,560,170 千円

1,219,818 千円

668,176 千円

1. 設備備品費	200,000 千円	200,000 千円
2. 設備維持管理費	100,000 千円	100,000 千円
3. 和光ベース	383,635 千円	368,176 千円
(2) 理研 BNL 研究センター	541,484 千円	539,935 千円
1. 研究・開発費	100,239 千円	100,239 千円
2. 研究者経費	390,991 千円	389,442 千円
3. 研究者派遣費	2,356 千円	2,356 千円
4. 研究推進業務費	47,898 千円	47,898 千円
Ⅱ. リングサイクロトロンによる高温・高密度原子核の研究	11,707 千円	11,707 千円
(1) 設備備品費	11,707 千円	11,707 千円

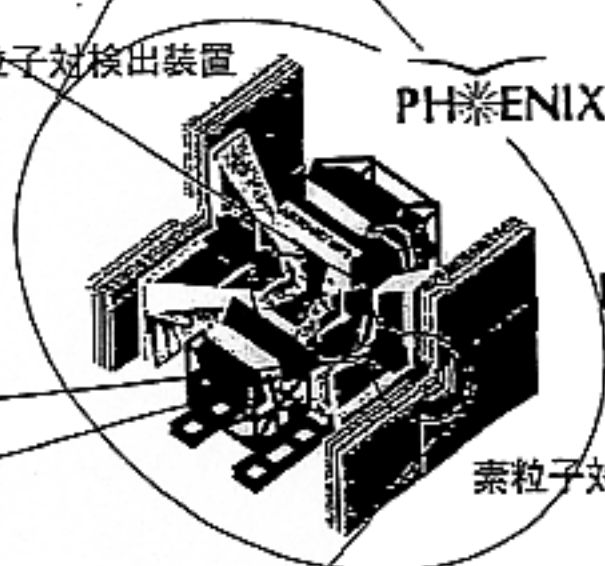
米国ブルックヘブン国立研究所との国際研究協力

検出器を高機能化し、データの
高精度化を図る (実験技術)



バーテックス検出器

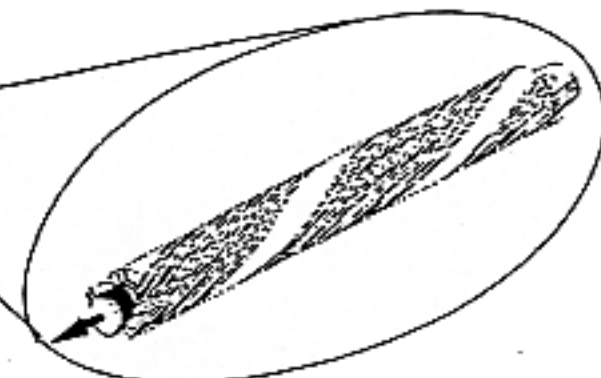
素粒子対検出装置



PHENIX

大量なデータ
毎秒20MB

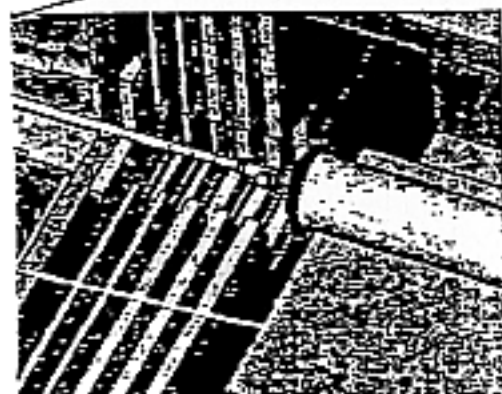
素粒子対検出装置



スピン偏極制御装置



収集されたデータを解析し、解釈する
(解析・物理的解釈)



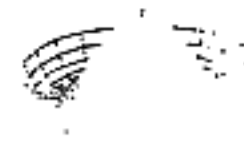
ルミノシティモニター



陽子のスピン構造



クォークグルーオンプラズマ



自発的対称性の破れ



未知への挑戦

②中間子、ミュオン粒子、中性子の発生と応用

(英国ラザフォード・アップルトン研究所との国際研究協力)

[研究の目的]

加速器により陽子や重イオンを高いエネルギーに加速させ、原子核との衝突で生まれる中間子・ミュオン、中性子を利用して行われるミュオン科学及び中性子科学は、基礎的、応用的研究において、その発展が期待される。本研究は、英国ラザフォード研究所のバルス状陽子加速器を用いて、ミュオン科学及び中性子科学に関する国際協力研究を総合的に推進することを目的としている。

英国ラザフォード研究所は、世界最強のバルス状陽子加速器を有しており、理化学研究所が実績を有するミュオン発生装置と組み合わせることにより、比類なき高強度のミュオンビームの発生が実現された。強力なバルス状ミュオンビームは、これまで不可能であった広範なミュオン科学の実験を実現させ、大きな成果を生んでいる。これまでに、ミュオン触媒核融合の基礎理解とエネルギー生産性の検討、ミュエスアール法による高温超伝導体など新機能材料の解明、ミュオンによるタンパク質中の電子伝達機構の解明などに画期的な成果があがっている。また、同所が有する世界最高強度のバルス中性子源に、高分解能の分光器を整備することによって、磁性体、高分子、生体物質等、幅広い材料を対象とした広範な物質科学研究を展開することができる。

[平成 13 年度研究計画]

平成 13 年度は、前年度に引き続き、英国ラザフォード・アップルトン研究所に建設したミュオン施設を用いて、ミュオン触媒核融合をはじめとするミュオン科学研究を行うとともに、新しい中性子スペクトロメーターGEM を用いた材料研究を実施する。

[平成 13 年度要求]

概算要求額

(内訳)

I. ミュオン科学研究

(1) 研究者交流費

(2) 実験課題選択委員会開催費

平成 13 年度要求額

340,352 千円

335,466 千円

36,533 千円

3,849 千円

平成 12 年度予算額

340,352 千円

335,466 千円

36,533 千円

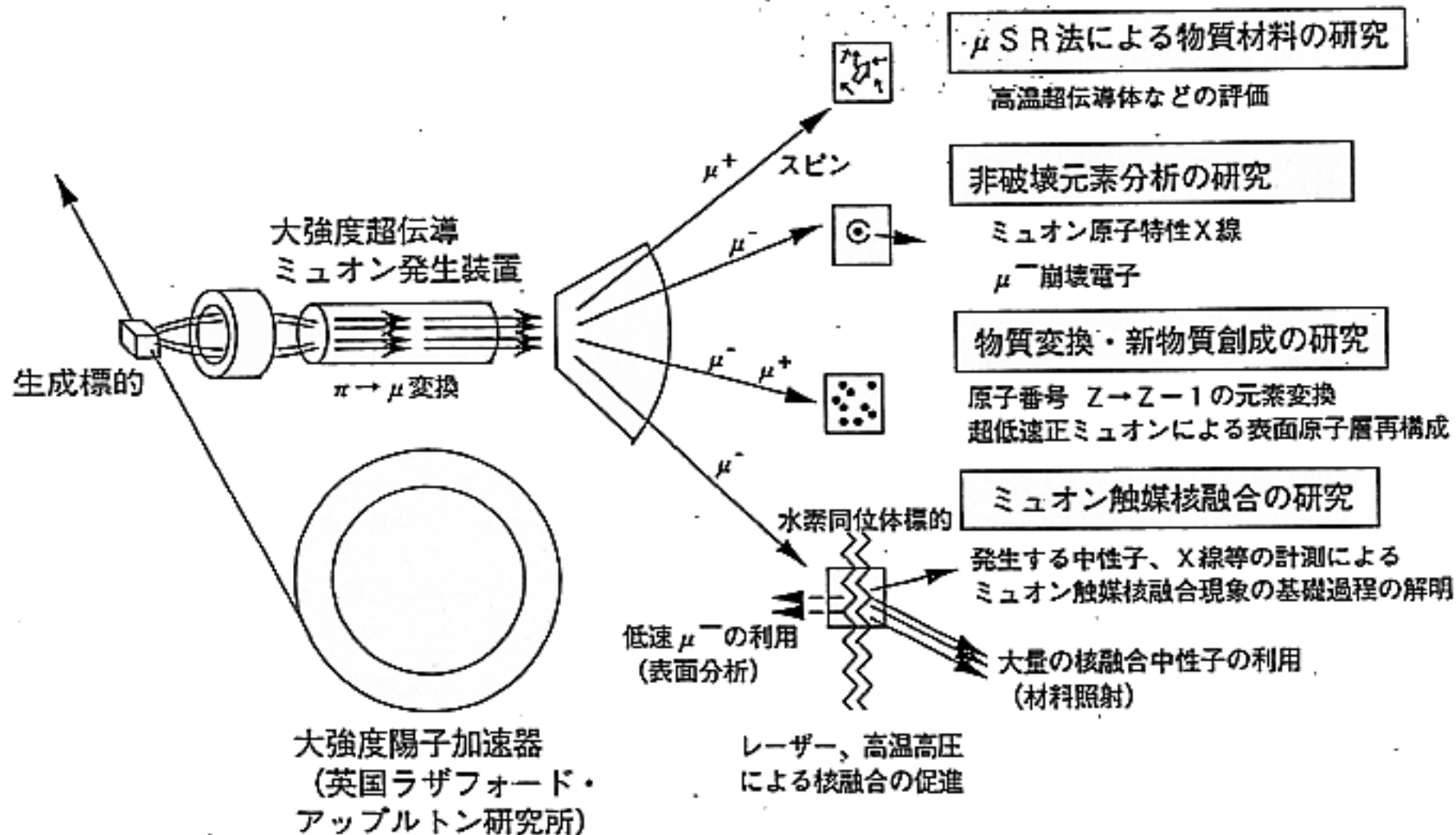
3,849 千円

(3) 設備維持費	177,097 千円	177,097 千円
(4) 研究費	92,683 千円	92,683 千円
(5) 研究支援業務費	25,304 千円	25,304 千円
Ⅱ. 中性子科学研究	4,886 千円	4,886 千円
(1) 消耗品	1,335 千円	1,335 千円

ミュオン粒子のビームは、素粒子物理学のみならず、原子核物理学、物性物理学、化学、生物学、医学などの新しい研究手段として注目されている。

ミュオン (μ^+ , μ^-) の性質

質 量	電 荷	スピン	平均寿命	崩壊様式
105.7 MeV	+1, -1	1/2	2.20 μ s	$e + \nu + \bar{\nu}$



2. 原子力基盤技術開発研究（継続）

（1）原子力用レーザー研究

[研究の目的]

原子力用レーザーに関する研究として、以下の4つの課題を継続する。

- ① 極短波長光源を用いた機能性微小構造体の開発研究：極短波長光源を用いて機能性微小構造体（センサ、アクチュエータ等）を創製する技術を開発する。
- ② 高効率複合型レーザーの研究：固体レーザーとガスレーザーと組み合わせて、それぞれの長所を生かした高性能複合型レーザーを開発することにより、原子力分野に効果的なレーザー物理応用を発展させることを目的とした研究を行う。
- ③ 原子力用ハードマテリアルレーザーの研究：極限環境において物理的・化学的破壊に大変強い素材を用いてかつ電子系・工学系特性の劣化しない材料、いわゆるハードマテリアルの開発を行い、それを用いて耐環境レーザーを開発する。
- ④ 軟X線レーザーの高度化・先端利用研究：小型で高輝度の軟X線レーザーを開発し、その先端利用技術の一つとして光学材料等の微細加工を行う。

[平成13年度研究計画]

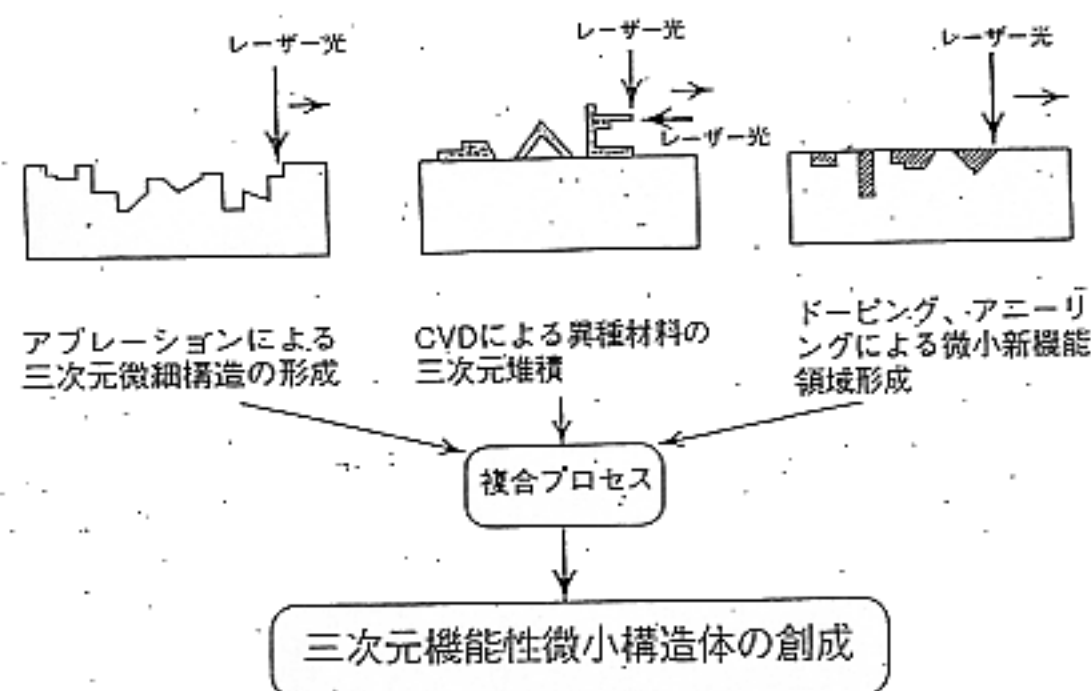
平成13年度は、各課題について以下のように推進する。

- ① 極短波長光源を用いた機能性微小構造体の開発研究：前年度に引き続き機能性微小構造体の創製を目指す。特に腐食雰囲気などでの耐環境性の微小圧力ゲージの構築を行い、その機能の評価するための装置を開発する。さらに今年度は最終年度のため、これまでの研究成果のまとめを行う。
- ② 高効率複合型レーザーの研究：1台の固体レーザーで2波長発振させる方式と、2台のレーザーからのパルスを使って差周波混合方式とする2つの方式を比較し、その特徴を明らかにした。この結果、1台の固体レーザー方式でも実用可能な安定性を明らかにしたので、1台方式の安定性の向上をさらに進め、総合評価を行う。また波長可変レーザーの狭帯化及び安定化を行い、総合評価する。
- ③ 原子力用ハードマテリアルレーザーの研究：Ga₂N系材料低次元量子構造の試作ならびに様々な評価を行い、レーザーデバイスへ

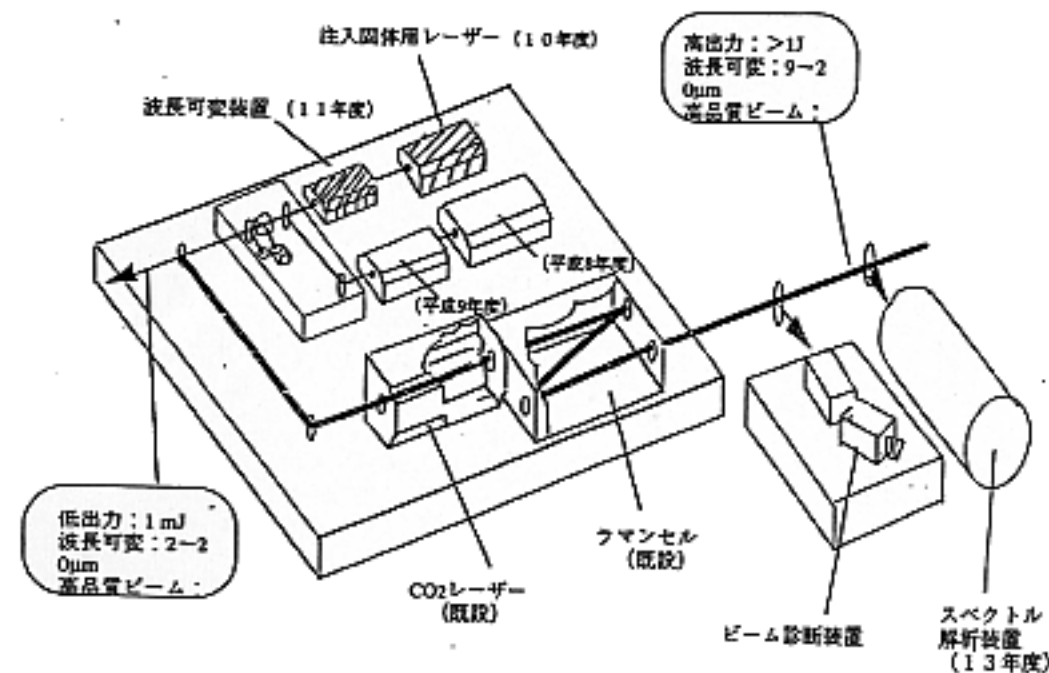
の適用を目指した高密度高効率発光低次元量子構造の実現を試みる。光学モード密度制御構造（フォトリソニック結晶構造）の作製法を考案、試作する。光学モード密度制御構造の評価システムを新たに構築し、基礎的なモード密度制御効果の観測を試みる。

- ④ 軟 X 線レーザーの高度化・先端利用研究：12年度までに開発した軟 X 線レーザーを用いて、光学材料等の難加工物質を高精度で加工・改質するための多重波長プロセッシング装置を開発し、軟 X 線レーザーの有効性を実証する

[平成 13 年度概算要求]	平成 13 年度要求額	平成 12 年度予算額
(1) 原子力用レーザー研究	37,183 千円	37,183 千円
(内訳)		
①極短波長光源を用いた機能性微小構造体の開発研究		
概算要求総額	8,110 千円	8,110 千円
②高効率複合型レーザーの研究		
概算要求総額	4,910 千円	4,910 千円
③原子力用ハードマテリアルレーザーの研究		
概算要求総額	9,298 千円	9,298 千円
④軟 X 線レーザーの高度化・先端利用研究		
概算要求総額	14,865 千円	14,865 千円

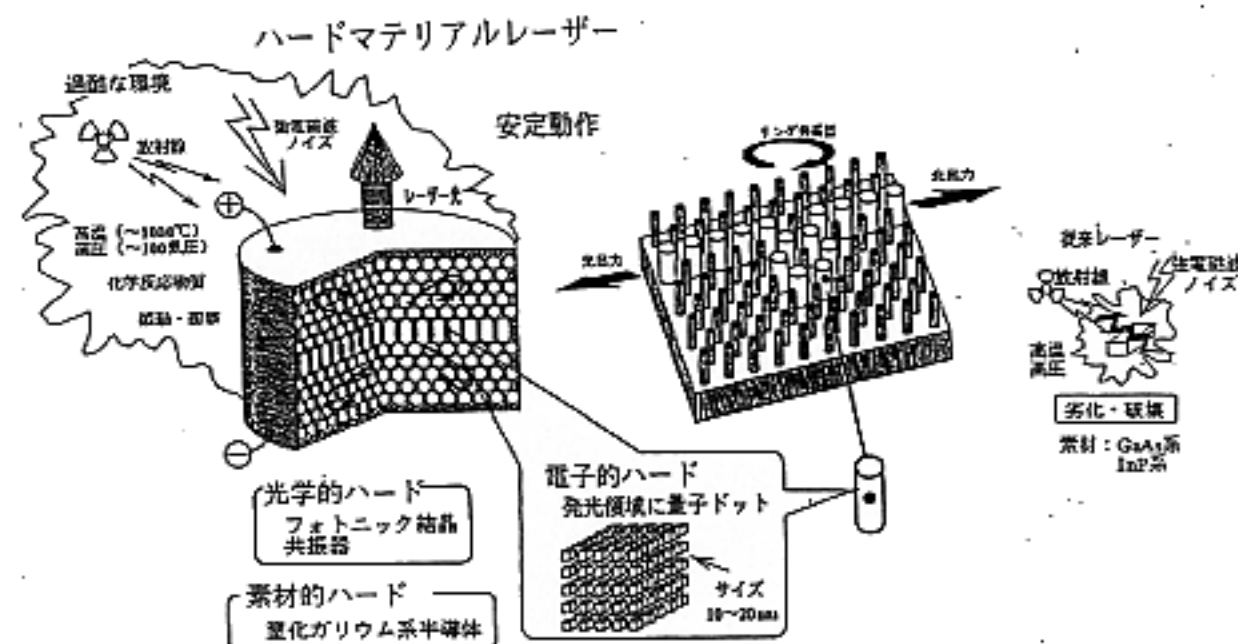


項目名 高効率複合型レーザーの研究



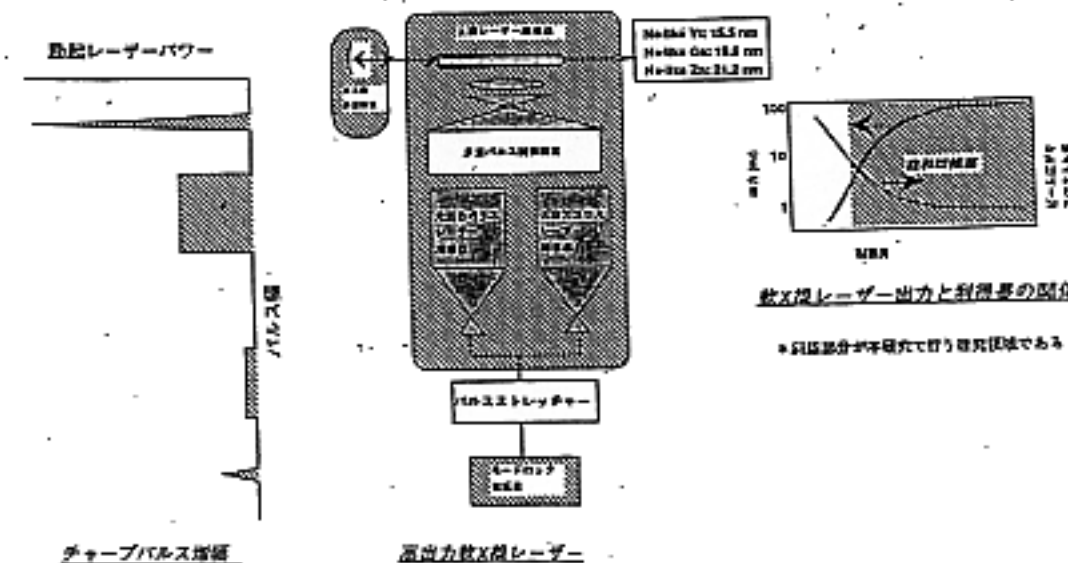
項目名 原子力用ハードマテリアルレーザーの研究

ハードマテリアルレーザーとは原子炉、宇宙ロケット等の高温・高圧、強放射線・強電磁波等の極限環境下でも機能が低下せず正常に動作するデバイス等の材料を用いて創り出される超短波長レーザーを意味し、本研究では、1) 硬質材料のハード化 (現在のGaAs等から、GaN (窒化ガリウム) 等のように更に耐熱・化学的安定性に優れた)、2) 電子的ハード化 (電圧を数kV単位で増やす耐圧域内に収め、高圧・強電磁波の環境でも電子系機能が安定しない)、3) 光学的ハード化 (フォトニック結晶構造を付与して、共振を誘起、発振波長の安定・波長寿命の制御を行う) を併せた材料の研究開発を行う。



項目名 軟X線レーザーの高圧化・先端利用研究

チャープパルス増幅法を用いた軟X線レーザー励起専用の高出力小型ガラスレーザーシステムを開発することによって軟X線レーザーを高圧に発展させ高品質の軟X線レーザービームを安定に供給することにより、その先端利用を推進する。



(2) 放射線リスク評価・低減化技術の開発研究 (継続)

①放射性ナノ粒子の計測・制御技術の開発

[研究の目的]

ナノメーター領域の超微粒子はサイズが非常に小さいために計測や除去が困難である。放射性物質を取り扱う作業環境場あるいは廃炉時において発生する放射性ナノ粒子の成長を制御し、捕捉可能なまでに成長させる技術は、環境汚染を防止する観点から重要である。本研究では、理研が開発したナノメーター以下の粒径可能な微分型電気移動度測定装置などを用いて、クラスターにモノマー分子が付着し成長するメカニズムの解明など、放射性エアロゾルの発生及び核の成長を制御するためのモデルを構築し、ナノ粒子の計測・成長制御技術を確立し、放射性ナノ粒子の除去技術を開発する。

[平成 13 年度研究計画]

平成 13 年度は、放射線ナノ粒子の捕集除去技術を開発するために、ナノ粒子を効率的に帯電させる装置と技術を開発する。

[平成 13 年度概算要求]

概算要求額

(内訳)

- (1) 設備備品費
- (2) 消耗品費
- (3) 業務委託費

平成 13 年度要求額

50,776 千円

12,000 千円

18,808 千円

19,968 千円

平成 12 年度予算額

50,776 千円

12,000 千円

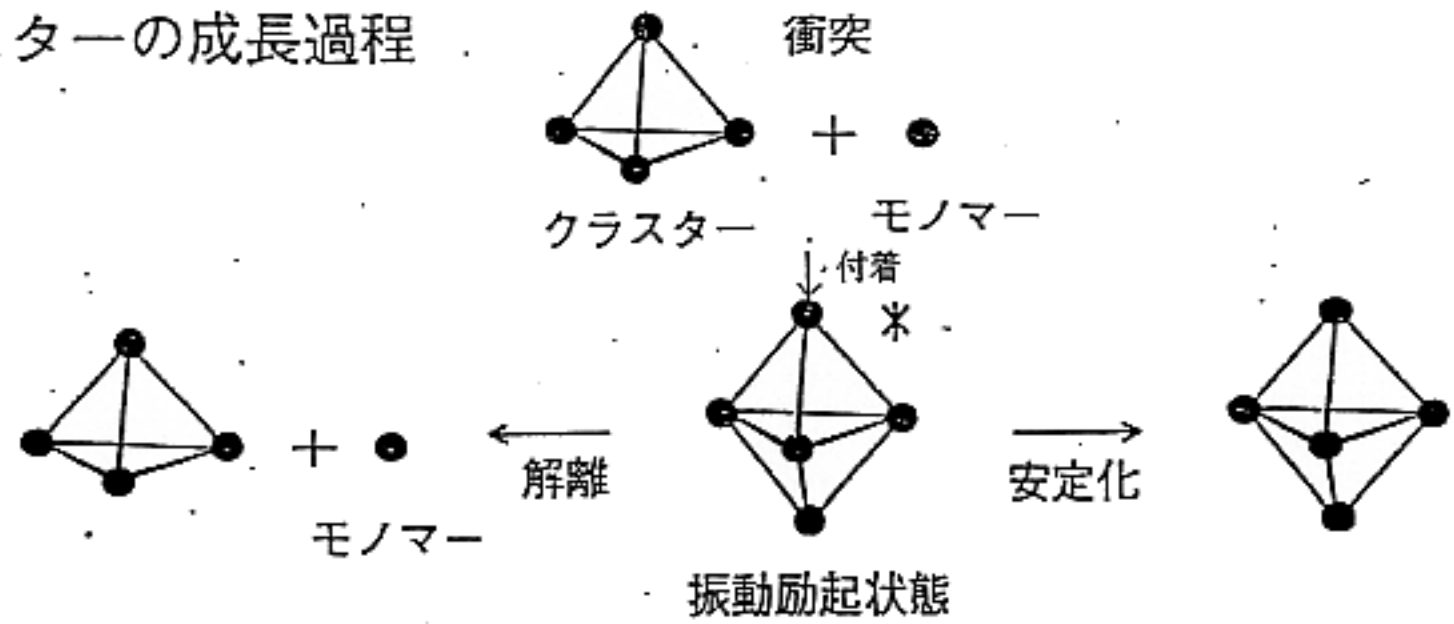
18,808 千円

19,968 千円

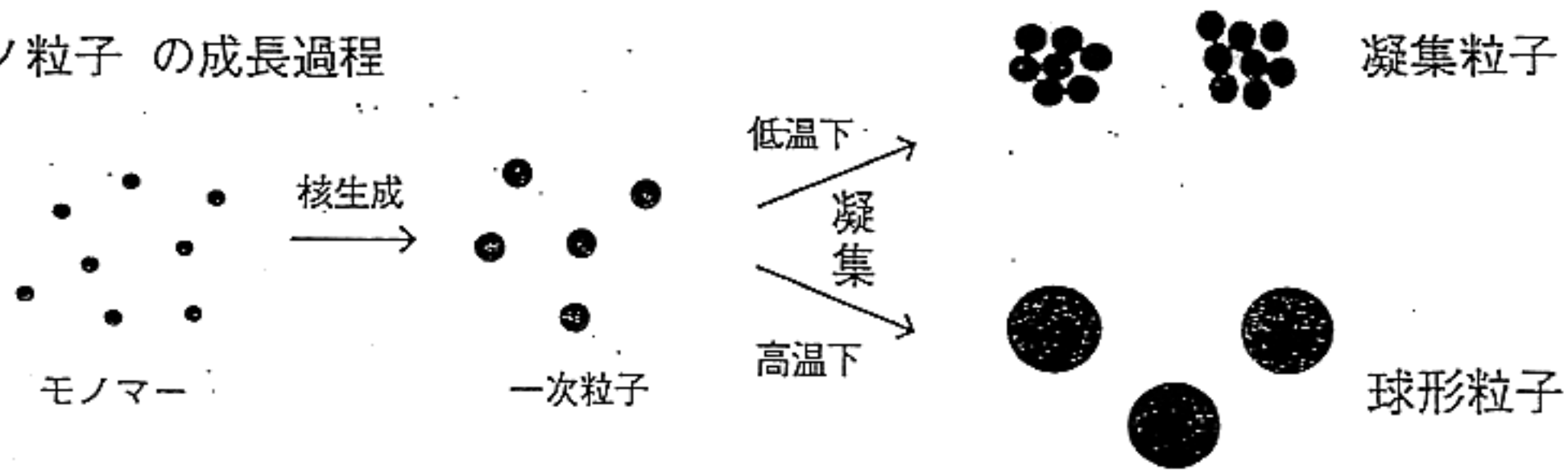
項目名 放射性ナノ粒子の計測・制御技術の開発

放射性物質を取り扱う作業環境場や廃炉時に発生する放射性エアロゾルのうち、ナノメートル領域の粒子はサイズが非常に小さいために計測や除去が困難である。このようなナノメートル領域の超微粒子の計測・成長制御技術確立することによって、捕捉可能なまでに成長させた放射性ナノ粒子の除去技術を開発する。

クラスターの成長過程



ナノ粒子の成長過程



(3) 原子力基盤技術総合的研究(継続)

[研究の目的]

原子力開発利用長期計画において、創造的科学技术の育成が基本目標の一つとして掲げられ、その中で、既存の原子力技術にブレークスルーを引き起こし、基礎研究とプロジェクト開発を結びつける基盤技術開発の重点的推進を図ることが提言された。

この原子力基盤技術の中で、多岐にわたる技術開発要素から成る研究のために個々の研究機関単独では速やかに成果を得ることが困難であり、各研究機関のポテンシャルの結集が必要な研究をクロスオーバー研究として開始した。すなわち、国立試験研究機関や特殊法人等が連携・協力した相乗効果で研究開発を効率的に推進し、開発された基盤技術研究成果の産業や社会を含めた他分野への波及を目的としており、自らの技術分野に埋没しがちな原子力技術にブレークスルーを引き起こし、我が国の科学技术全体を先導するような原子力技術を研究開発するものである。

原子力基盤クロスオーバー研究は、平成 11 年度～15 年度の予定で第 3 期の研究開発を進めており、理化学研究所は、全 8 テーマのうち 7 テーマに参加している。

[平成 13 年度研究計画]

平成 13 年度は、以下のように推進する。

① 高品質陽電子ビームの高度化研究(偏極陽電子ビームの利用技術の高度化研究)

液体ターゲットの連続照射による方法を採用して、高品質陽電子ビームを作り、応用することを目的とする。平成 13 年度は、超高真空高機能試料調達チャンバーを製作する。

② マルチトレースの製造技術の高度化研究(マルチトレースの自動分離装置の開発及び新規計測手法の開発研究)

リングサイクロトロンを用いたマルチトレース製造およびその利用研究の推進において、マルチトレースの安定的かつ迅速供給のためマルチトレースの自動化学分離装置の開発を行う。またマルチトレースを応用した新規の計測・分析手法の創出とその有効性の実証及び複数核種ガンマ線イメージング装置の製作を行う。平成 13 年度は、核破砕反応及びフィッションプロダクトを利用したマルチトレース製造技術の高度化、及び複数核種同時 γ 線イメージング装置のプロトタイプの開発に着手する。

③ 放射線障害修復機構の解析による生体機能解明研究(DNA 障害の修復と遺伝的影響に関する生体機能の解明)

細胞は、放射線による DNA 損傷をできる限り修復し、突然変異頻度を低く保つための様々な防御機構を備えているが、これらの機

構で極めて重要な役割を果たしていると考えられる「生体内機能因子」の分子レベルでの解明を目指すとともに、これらの機構に深く関与する生体機能を細胞あるいは動物固体レベルでも明らかにすることを目的とする。平成 13 年度は、前年度に引き続き「生体内機能因子」の細胞内での発現を調べるとともに、その遺伝的影響を検討するための「新しい遺伝子解析法」の開発研究を行う。

④ 放射性核種の土壌生態圏における動的解析モデルの研究（複合系における核種移行および動的解析モデルに関する研究）

不慮の事態や廃棄に伴って地球環境に放出され蓄積する放射性核種を植物—微生物複合体（ファイトエコシステム）を用いて回収するバイオレメディエーション系を確立するために、複合系における放射性核種の移行挙動と関連ファクターの解析、生体内における核種蓄積部位の解析および核種取り込み・蓄積メカニズムの解析を行う。平成 13 年度は、複合系を構成する植物及び糸状菌などの微生物における、元素取り込み・蓄積メカニズムの解析を進め、核種移行に関与するファクターについて更に追求する。また、核種取り込み・蓄積に関与する遺伝子を複合系へ導入することにより効率的なバイオレメディエーションのモデルの構築を試みる。

⑤ 人間共存型プラントのための知能化技術の開発（ロボット群を用いた適応型保全システムの開発研究）

原子力プラントの状態検出に応じて保全の計画を柔軟に変更するためのライフサイクル保全技術開発、想定外のプラント内環境の変化が生じてロボット群で保全を柔軟に実行するための学習機能を伴う自律型環境適応ロボットシステムの開発、極限環境でも信頼性／耐故障性に優れる極限環境ロボット要素技術開発を行い、これらの知能化技術を統合的に原子力プラントに適用することによって、予測と異なった状況での保全計画機能や異常時も含めた作業実行機能が確保された、総合的な原子力プラントの知能化の方法論の確立を図る。平成 13 年度は、自律型環境適応ロボットシステム技術として群適応点検ロボットシステム、極限環境ロボット要素技術と自己診断適応ロボットシステム、ライフサイクル保全技術として適応劣化予測システムの検討、試作を行う。

⑥ 計算科学的手法による原子力施設における物質挙動に関する研究

（流体熱流動と固体熱弾塑性との大規模練成問題のシミュレーション技法の開発）

不均一な温度場や過渡熱流動などに起因した熱疲労現象や残留応力、熱応力、熱流動と腐食亀裂の関係を明らかにし、亀裂の成長を精度よく予測可能なシミュレーションシステムの開発を行う。このとき、これらのマルチスケールの連成した大規模解析を、分散オブジェクト手法により統合した解析システムとして開発を行う。これらの研究開発により、これまでできなかった原子力用高温機器の寿命の高精度な予測を可能とする。平成 13 年度は、平成 12 年度までに開発した固体内の熱伝導と変形を精度良く計算できる FEM 基本コードと、高温高圧下での乱流現象を精度良く調べ求めることのできる流体基本コードを元に大規模計算のため並列化を行う。

⑦ 高速量子現象計測のためのアト秒パルス技術の開発（アト秒パルスレーザーの発生と計測に関する研究）

放射線照射による原子力材料、構造材の機能変化や劣化反応はフェムト秒からアト秒の過渡的状态を経て開始されるため、その計測には現象より十分短いアト秒領域のプロブが必要である。本研究は、原子力分野をはじめとして広範な分野の研究開発を支える基盤

技術として、アト秒領域のパルス発生技術ならびに計測技術を確立することを目的とする。平成 13 年度は、前年度開発の高次高調波発生装置に、X 線撮像装置ならびに光電子集束観測装置を組み合わせたアト秒パルス計測のための受光部を試作開発する。さらに、これらを用いて相関法によるアト秒パルスの計測手段を確立する。

⑧ 原子力基盤技術総合的研究推進費

原子力基盤技術総合的研究を効率的に推進するため、研究交流委員会、研究会を開催する。

交流委員会では研究分野の研究調整、研究会では外部講師を交えての研究情報交換を行う。

また、原子力基盤技術総合的研究の促進を大学との連携を図りつつ推進していくため、大学への委託研究を行う。

[平成 13 年度概算要求]

概算要求総額

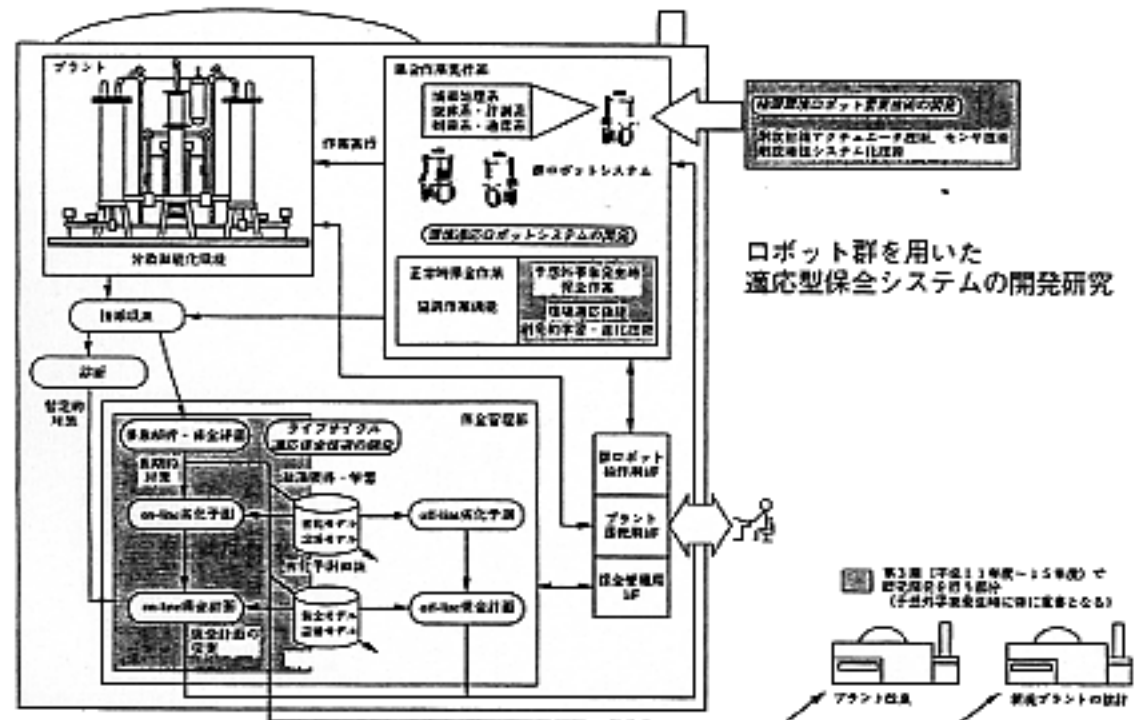
平成 13 年度要求額

平成 12 年度予算額

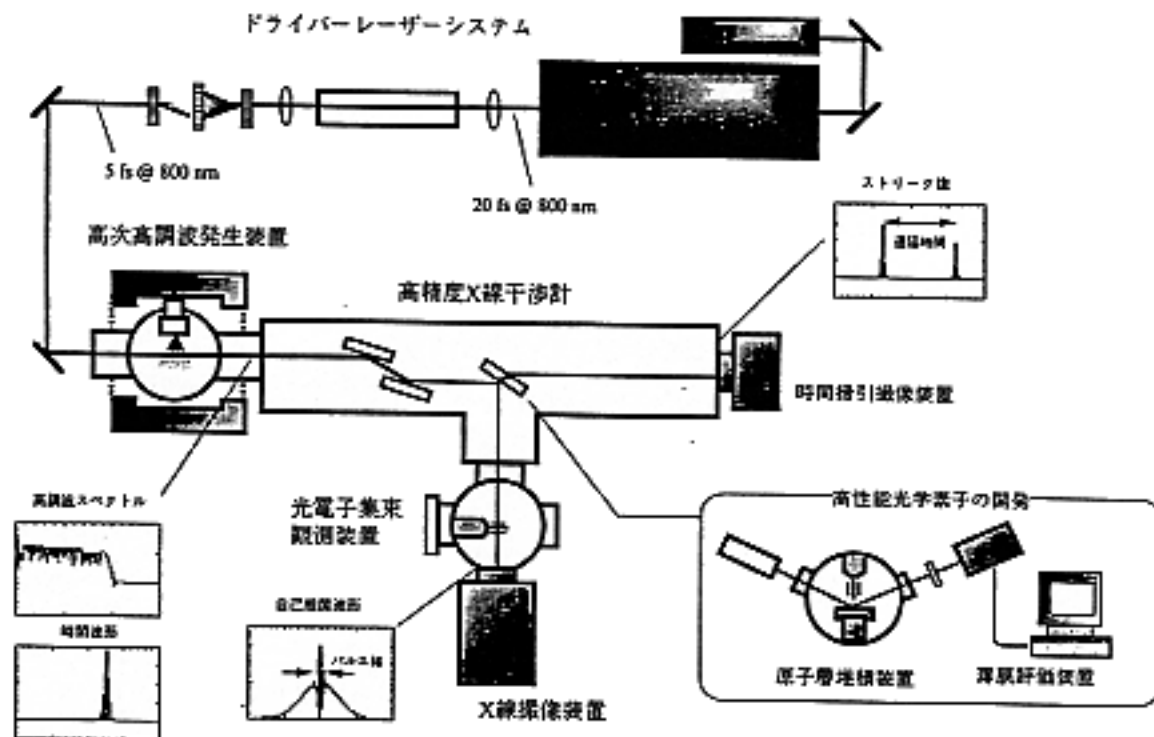
(内訳)

① 高品質陽電子ビームの高度化研究	9,856 千円	9,826 千円
② マルチレーザーの製造技術の高度化研究	28,114 千円	28,025 千円
③ 放射線障害修復機構の解析による生体機能解明研究	10,352 千円	10,352 千円
④ 放射性核種の土壌生態圏における動的解析モデルの研究	9,607 千円	9,607 千円
⑤ 人間共存型プラントのための知能化技術の開発	31,166 千円	31,107 千円
⑥ 計算科学的手法により原子力施設における物質挙動に関する研究	40,340 千円	40,221 千円
⑦ 高速量子現象計測のためのアト秒パルス技術の開発	32,275 千円	32,216 千円
⑧ 原子力基盤技術総合的研究推進費	28,057 千円	28,057 千円

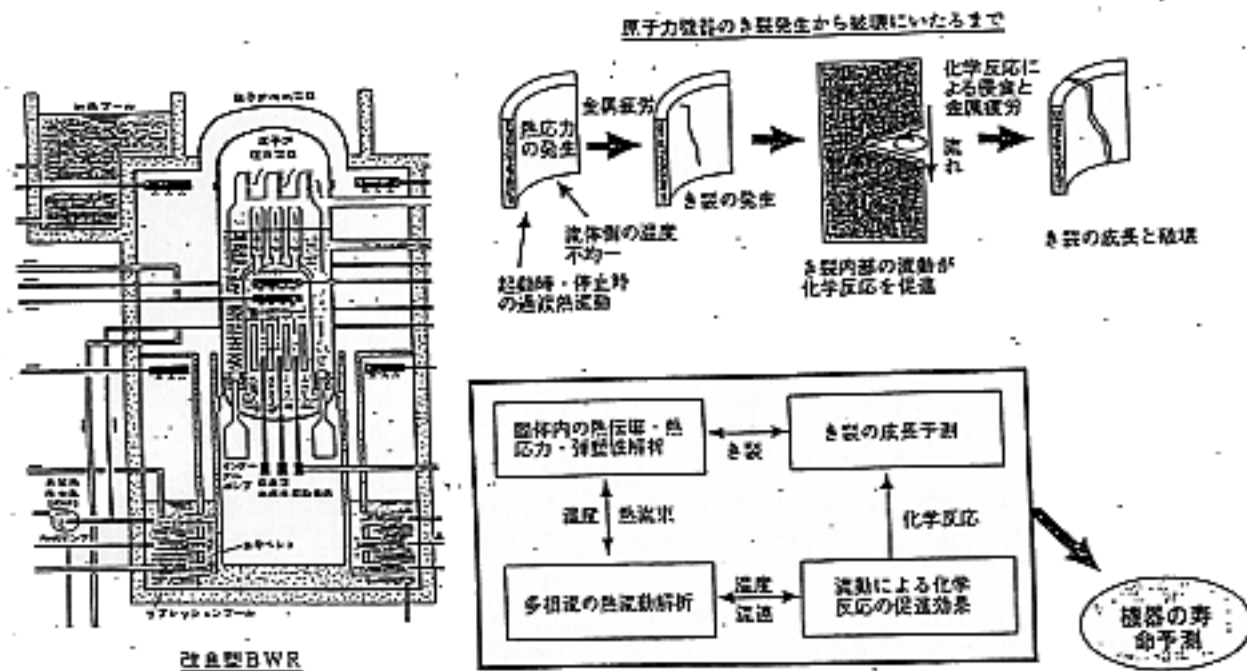
ロボット群を用いた適応型保全システムの開発研究
(クロスオーバ研究)



項目名 アト秒パルスレーザー技術の開発及び利用研究
(アト秒パルスレーザーの発生と計測に関する研究)



項目名 計算科学的手法による原子力施設における物質挙動に関する研究
(液体熱流動と固体熱弾塑性との大規模連成問題のシミュレーション技法の開発)



液体熱運動と固体熱弾塑性との大規模連成問題のシミュレーション

3. RI ビームファクトリー計画（継続）

【研究の目的】

昨今の加速器科学を取り巻く科学技術の大きな進展がもたらした全く新しい知見の一つが RI ビームである。

RI ビームは、従来の重イオン加速器から生成される重イオンビームを標的物質に衝突させて、得られた RI をそのままビームとして用いるものであり、従来は物理学の比重が大きかった加速器利用研究の幅を、化学、生物学、医学まで一気に拡大しつつある。その有用性は世界的に認識され、欧州、及び米国がその総力を挙げて発生利用施設の整備を進めているところである。また OECD グローバルサイエンスフォーラムにおいても RI ビーム発生施設の整備とその科学の発展について、世界的規模で緊急かつ重要な事項として議論が開始された。

我が国では、原子力長期計画において「大強度かつ多種類の RI ビーム等の発生施設の整備を目指した技術開発を進める（H6）」ことが、また原子力委員会放射線利用推進専門部会報告書において「大強度重イオン・RI ビーム用加速器施設を国の総力を挙げて集中的に整備する（H8）」ことが取りまとめられ、さらに現在策定中の次期原子力長期計画策定会議の第四分科会【未来を拓く先端的研究開発】の報告書においても、現代社会を支える総合科学技術として、「加速器を利用する先端的研究開発」を、「研究開発の成果や装置開発の過程から新技術が生み出されるテクノロジーブッシュ（技術主導）型であり、新しい芽を育てるシーズ開拓型」と位置付け、特に「RI ビーム加速器施設については、現在建設が進んでおり、早急な実験の開始が望まれる。」とまとめている。

このように社会からのニーズが叫ばれているなか、理化学研究所における「RI ビームファクトリー計画」は、我が国で初めてこの有用な RI ビームを大強度で作出し、様々な研究に利用しようという意欲的な試みである。そして「RI ビームファクトリー」が作り出す世界最高エネルギー、全核種にわたる RI ビームは、世の中のあらゆる物質を構成している元素がどのようにできてきたのかを人類歴史上初めて実験的に検証することを可能にするほか、不安定原子核についての体系的・網羅的な知見を獲得し長寿命放射性廃棄物の消滅処理技術の開発に貢献する。また、基礎物理学のみならず応用物理学、工学、生物学、環境科学、医学までの幅広い分野において、科学的な知見という人類共有の財産を形成するとともに、我が国の産業の発展や国民のより豊かな生活の実現を目指して、強力に進められるべきものである。

そして完成した施設は、産・官・学の研究者に開かれた最先端研究施設として、広範な分野の研究者に提供する。さらに、我が国のみならず、世界的に開かれた国際的研究拠点とし、核物理を柱とした我が国の RI ビーム科学の世界における指導的立場を確立する。

【平成13年度研究計画】

平成14年度のRIビーム発生系施設の完成を目指し、ビーム輸送系におけるRIビーム生成分離装置の製作に着手する。また制御系装置の製作を行う。また、早急な実験開始を実現するために実験系施設の建設に着手する。さらに特別高圧変電所を建設する。

要素技術開発研究では、RIビーム発生系施設の安全管理系システムの試作を実施するとともに、RIビームのビーム冷却システムのモデル製作・試験を実施する。

【平成13年度概算要求】

概算要求総額	債	11、089、000千円	
		5、752、566千円	(3、468、175千円)
(内訳)			
(1) RIビームファクトリー研究	債	9、389、000千円	
		4、129、060千円	(1、124、204千円)
(2) RIビームファクトリー建屋整備	債	1、700、000千円	
		1、623、506千円	(2、523、971千円)

4. 重イオン科学総合研究（継続）

【研究の目的】

重イオン加速器により高いエネルギーに加速された各種イオン（重イオン）を利用して行われる研究分野は、重イオン科学と総称され、科学技術の幅広い分野にわたり下記のように基盤的・応用的研究においてその発展が期待されている。

（１）実施する基盤研究

（原子核物理） 超重元素の生成、高温・高密度原子核の物理、重イオン核反応機構の解明、中間エネルギー核反応機構の解明、新放射性同位元素の生成、高エネルギー粒子の計測技術の開発等

（原子物理） 超重原子・準原子の生成と真空崩壊、水素様原子の電子構造、X線分光と利用等

（核化学） 超重元素・新放射性同位体元素の化学、短寿命 RI の医学・宇宙環境生物学・農学への利用等

（放射線化学） 無機・有機物質に対する LET 効果、重イオントラックの構造等

（放射線生物） 放射線、特に重イオンの生物への影響等

（物性物理） 金属、半導体等各種材料の物性等

（２）応用可能な研究

（エネルギー） ミュオン核融合、慣性核融合、破砕中性子による核燃料物質の創成等

（材料開発） 核融合炉材料開発のための研究、物質注入による新材料の開発、高純度物質中の不純物分析等

（医療） がん治療の研究、ラジオグラフィー等

（RI の製造） 核医学用 RI、生物学・農学用 RI 標識化合物の開発

（原子データ） 核融合等のための原子データ

本研究は、理化学研究所において物理、化学、生物及び基礎医学の研究者が互いに協力して、重イオン線型加速器、入射用 AVF サイクロトロン及びリングサイクロトロンを用い、重イオン科学分野の研究を総合的に推進し発展させることを目的としている。

重イオン科学の推進

○重イオン科学の概要

- ・重イオン科学用加速器で、高エネルギーまで加速した重い元素を各種物質に照射して、広範な分野の研究を実施（新しい原子核及び原子の生成、機構解明、新材料の開発、放射線生物効果等）

・欧米との国際協力

米国：テキサス農工大学（日米科学技術協力）

ブルックヘブン国立研究所とスピン物理に関する
共同研究の開始（平成7年度）

仏国：ガニール研究所（日仏科学技術協力）

英国：ラザフォードアップルトン研究所とミュオン科学に関する
共同研究の開始（平成2年度）

○重イオン科学用加速器の概要

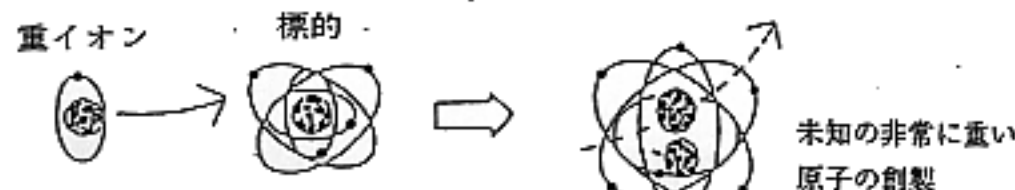
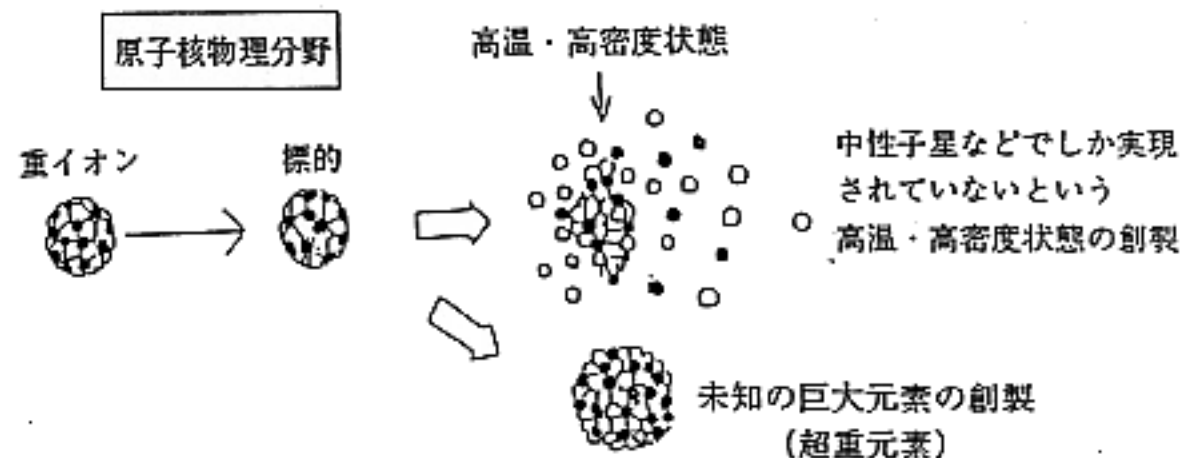
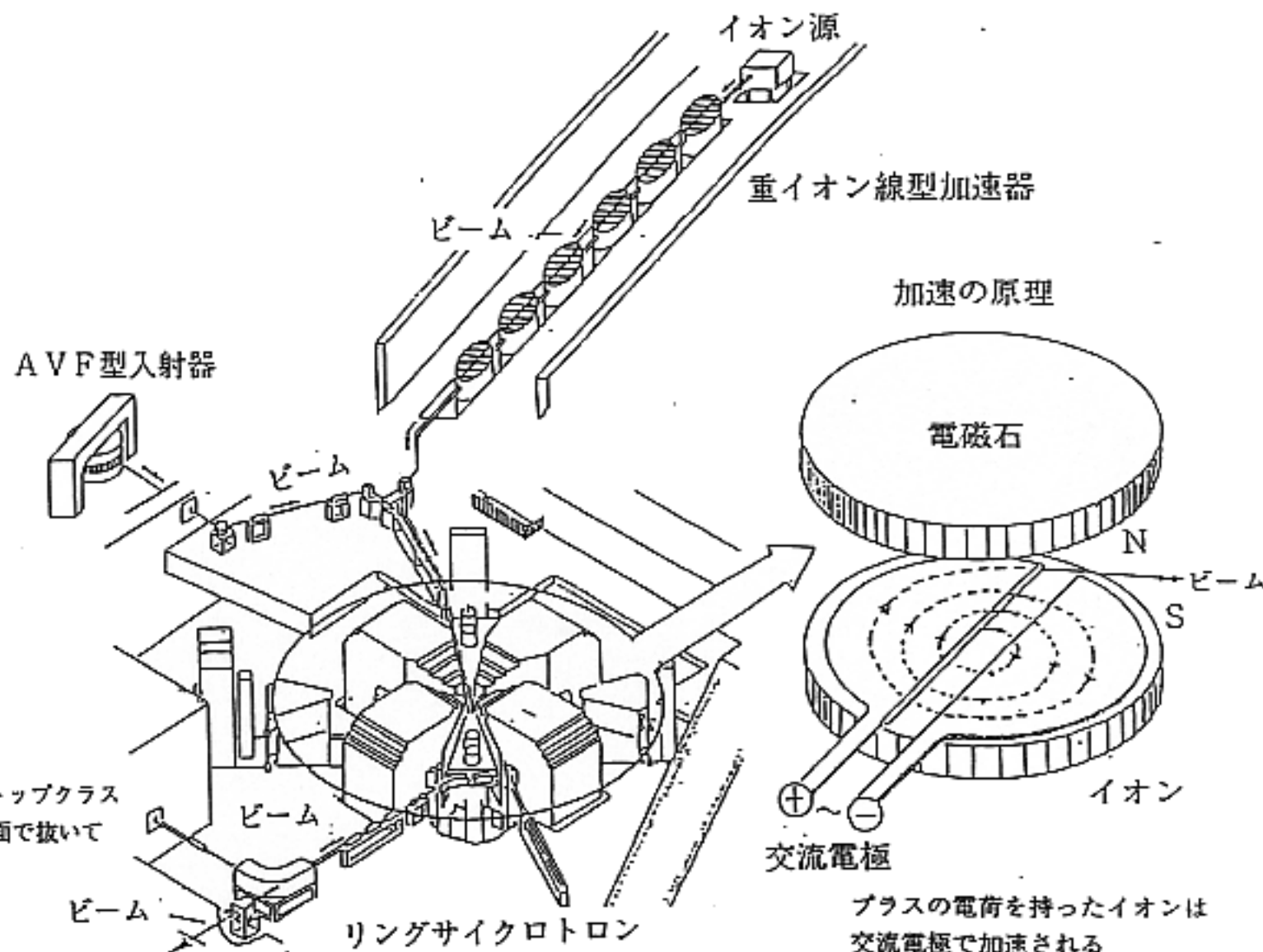
- ・水素からウランにいたる全ての元素を加速できる。
- ・最大加速…水素で音速の60万倍の強さ（光速の約67%）
- ・加速できる元素の種類、加速エネルギー等の性能の点から世界のトップクラス（現在、仏国ガニール研究所の加速器を、加速粒子の数、エネルギーの面で抜いて世界最高性能）

○加速器施設の建設経過（総建設費161億円）

- ・昭和49年度 重イオン線型加速器建設開始
- ・昭和54年度 重イオン線型加速器完成（前段加速器）
- ・昭和55年度 リングサイクロトロン建設開始
- ・昭和61年度 重イオンビーム発生
- ・昭和63年度 AVF型入射器完成
- ・平成9年度 RIビームファクトリー施設整備のために基本設計開始

○研究の実施状況

- ・平成元年度 重イオン科学総合研究の本格化
- ・平成3年度 リングサイクロトロンの年間稼働時間5000時間を突破
- ・平成9年度 国内外の実験参加機関105（国内86、国外19）の研究者（871人）



①超重元素及び新不安定同位元素の研究

[研究の目的]

高エネルギー重イオンビームを標的に照射することにより、自然界に存在する安定な元素の領域から遠く離れた不安定原子核を生成することができる。本研究では、リングサイクロトロンを用いて、これまで実現されていない原子核を探索し、その特性を解明することにより、原子核分野の新領域を開拓し、また物性、化学への応用を図る。

[平成 13 年度研究計画]

平成 13 年度は、引き続き、超重元素及び新不安定同位元素の探索の研究、不安定同位元素の応用研究としてマルチトレーサーの利用をさらに拡大させる。すなわち、宇宙実験の準備としてマルチトレーサーを重力変動環境下での生体微量元素の代謝の研究に応用する。また、RI ビームを用いるインビームメスバウアー分光法を応用して異常原子価状態と原子スケールでの動的挙動の研究を推進する。

[平成 13 年度概算要求]

平成 13 年度要求額

平成 12 年度予算額

概算要求総額

19,224 千円

19,224 千円

(内訳)

(1) 設備備品費

15,194 千円

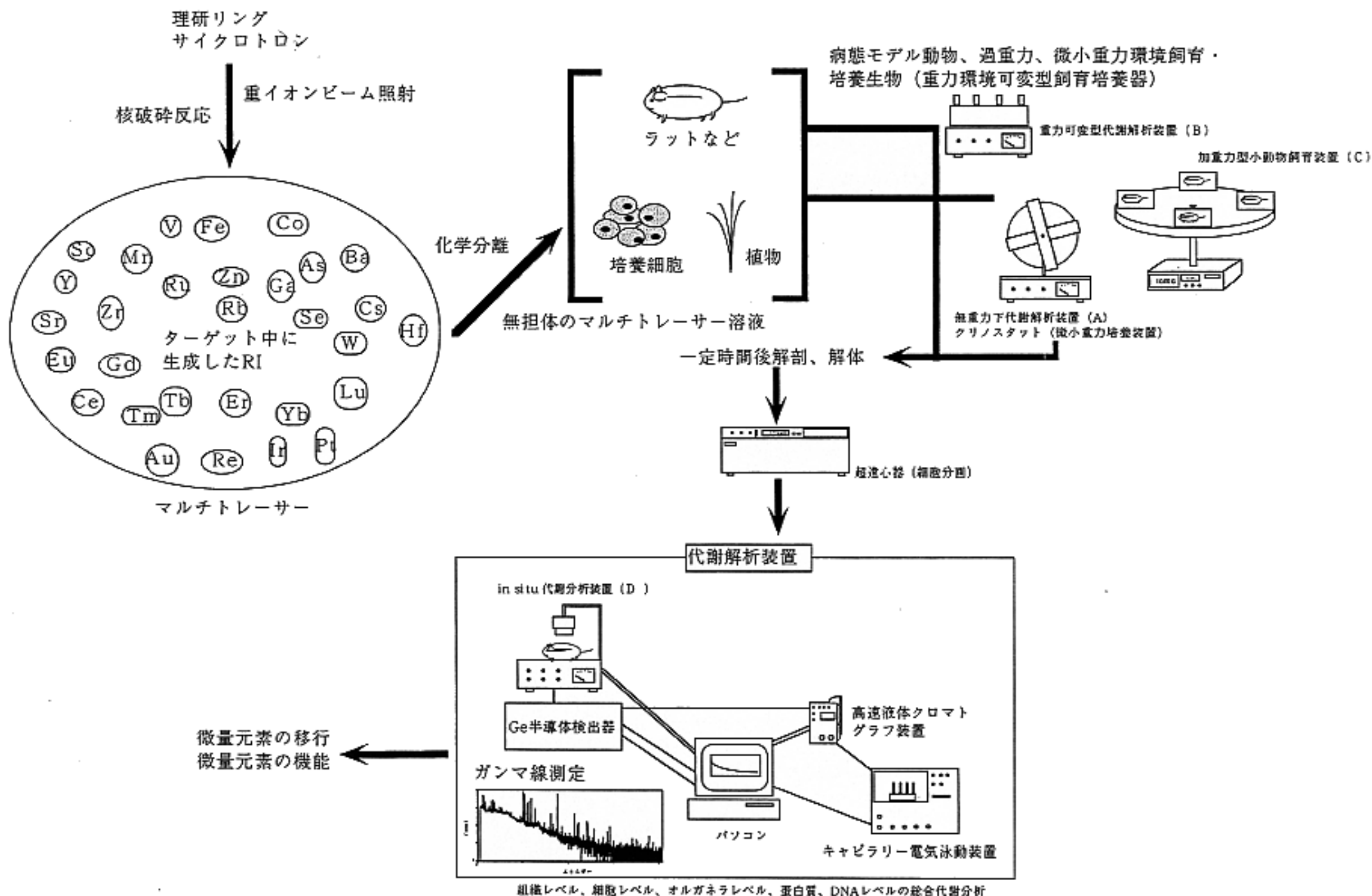
15,194 千円

(2) 消耗品費

4,030 千円

4,030 千円

RIプローブによる特殊環境下での生物の代謝研究



②不安定核ビームを用いた核科学の研究

[研究の目的]

近年、高エネルギー加速器で生成された不安定核（RI）をビームとして用いる新たな研究領域が開拓されつつある。RI のビームへの利用はこれまでにない核反応や新核種、新元素の合成を可能とするため、安定核に限られていたこれまでの研究から格段の進展が期待される。理化学研究所はこの研究分野においてパイオニア的役割を果たしており、高エネルギーの重イオン衝突により生成される不安定同位元素における中性子過剰核の発見や中性子ハローに代表される低密度の中性子層の発見など、これまでの定説を覆す新たな原子核の存在形態が見出している。本研究では、リングサイクロトロンにより得られる不安定同位元素を用いて、極限状態にある原子核の構造研究及び元素合成に関する中性子過剰な不安定核の研究を行う。

[平成 13 年度研究計画]

平成 13 年度は、引き続き重い不安定核ビームを金、ウラン等の重い原子核標的に衝突させることによって、超重融合核が生成されるかどうかの探索研究を行う。

[平成 13 年度概算要求]

概算要求総額

平成 13 年度要求額

平成 12 年度予算額

(内訳)

(1) 設備備品費

11,260 千円

11,260 千円

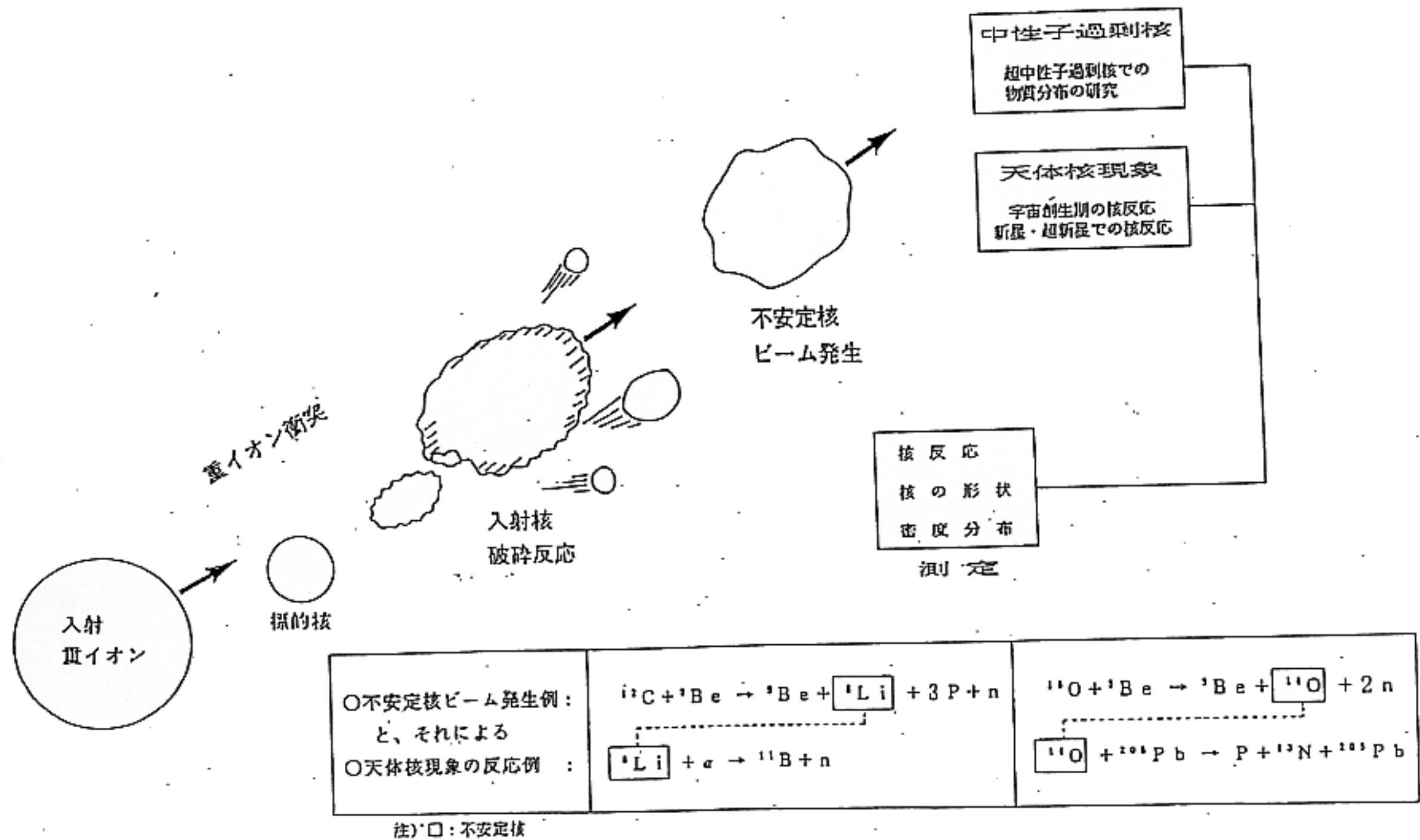
(2) 消耗品費

3,000 千円

3,000 千円

14,260 千円

14,260 千円



③高エネルギー高電離重イオンによる原子物理の研究

[研究の目的]

高エネルギーの重イオンを標的原子に打ち込むと、イオンも標的も高電離状態になる。このような高電離状態の生成過程における励起、電離、電子捕獲などは従来の理解を超えるものが多々ある。本研究では、重イオンによる原子、分子さらにその凝縮系としての物質・固体へのエネルギー付与、また標的からイオンへのエネルギー付与がどのような過程を通して行われ、また緩和されるかを原子レベルで解明する。

[平成 13 年度研究計画]

平成 13 年度は、高精度 3 軸ゴニオメーターを製作し、高速イオンの結晶通過に伴う擬似光子の共鳴励起現象を用い、他に類を見ない超高分解能 X 線分光法を開発する。従来より 1 ～ 2 桁良い精度での分光が可能となるので、これを用い QED 効果の精密決定を行う。

[平成 13 年度概算要求額]

概算要求総額

(内訳)

設備備品費

平成 13 年度要求額

15,798 千円

15,798 千円

平成 12 年度予算額

15,798 千円

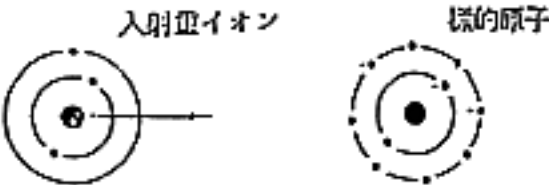
15,798 千円

(例)

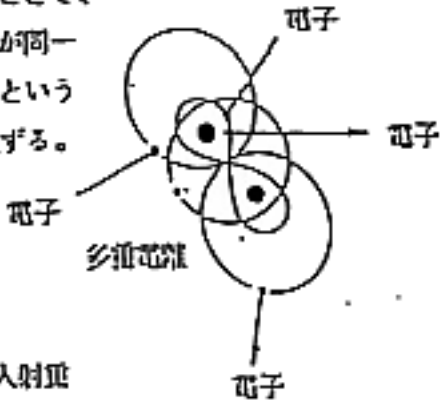
〔元素 アルゴン Ar
加速エネルギー 95 MeV/核子〕

〔元素 クリプトン Kr
加速エネルギー 20 MeV/核子〕

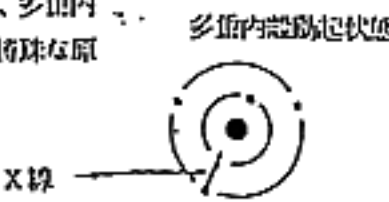
ベリリウム } 入射重イオンの
炭 素 } 水素様原子状態の研究
チタン } 標的及び入射重イオンの
鉄 } 多重内殻電離状態の研究



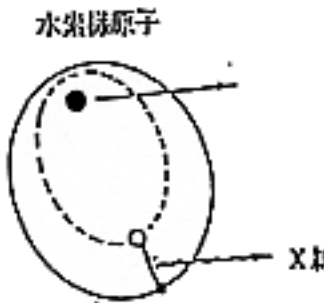
入射重イオンが標的原子に衝突することで、互いの電子を放出し、二つの原子核が同一の軌道電子を共有する(多重電離)という複合原子状態がわずかな時間だけ生ずる。



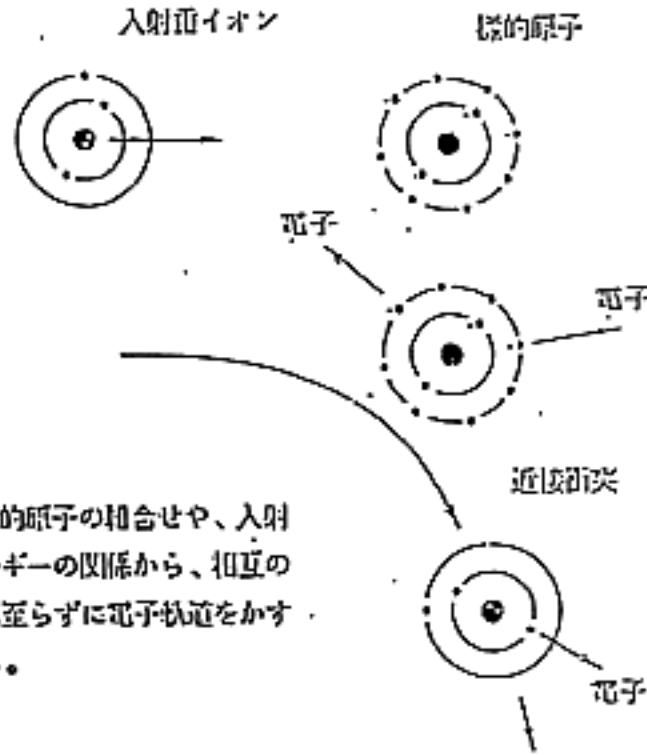
その後、それぞれの原子は再び離れ入射重イオンは水素様原子、標的原子は、多重内殻電離状態という通常ありえない特殊な原子の状態をとる。



衝突により内殻電子が放出される。外殻電子は、空となった内殻電子軌道に、エネルギーをX線として放出しながら遷移する。



原子衝突による励起で、通常ありえない電子軌道をもつ原子が生成される。



近接衝突
入射重イオンと標的原子の相合せや、入射重イオンのエネルギーの関数から、相互の原子の衝突反応に至らずに電子軌道をかすめる反応が起こる。

④重イオンによる生物効果研究

[研究の目的]

重イオンは、これまでも生物・医学の分野に幅広く応用され、突然変異の誘発、染色体や組織レベルでの放射線障害の研究等において有用な知見が数多く見出されている。本研究では、動物細胞を試料に用いて、細胞のガン化や老化のメカニズムの鍵となる細胞周期に関する突然変異株を分離し、その原因遺伝子の解明を行うとともに、DNA 修復や突然変異誘発に関与する遺伝子発現の解析を試みる。またガン化に対する重イオン効果について、マウス等小動物を用いて基礎的研究を行う。

[平成 13 年度研究計画]

平成 13 年度は、微量重イオン放射線照射によるヒト培養細胞の初期応答をタンパクレベルで、またその遺伝的影響を多重遺伝子座法によって解析する。

[平成 13 年度概算要求]

概算要求総額

(内訳)

(1) 設備備品費

(2) 消耗品費

平成 13 年度要求額

7,462 千円

1,850 千円

5,612 千円

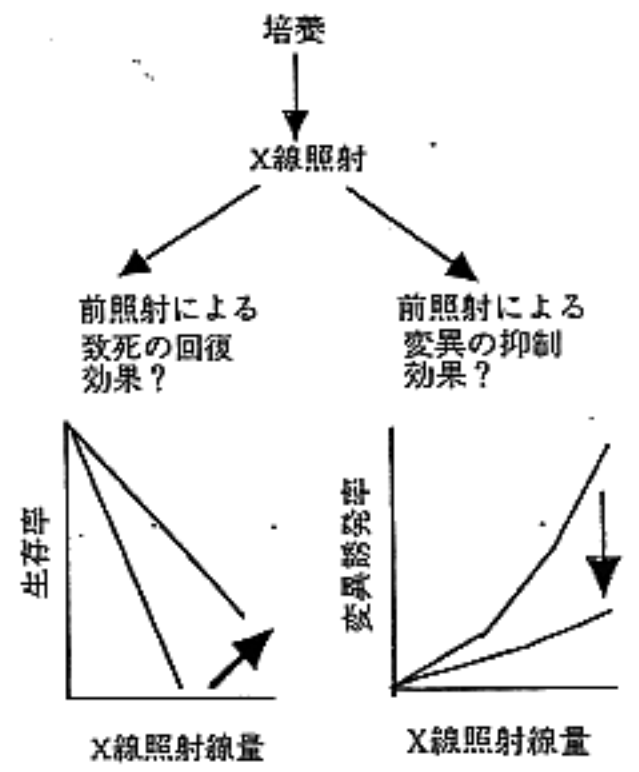
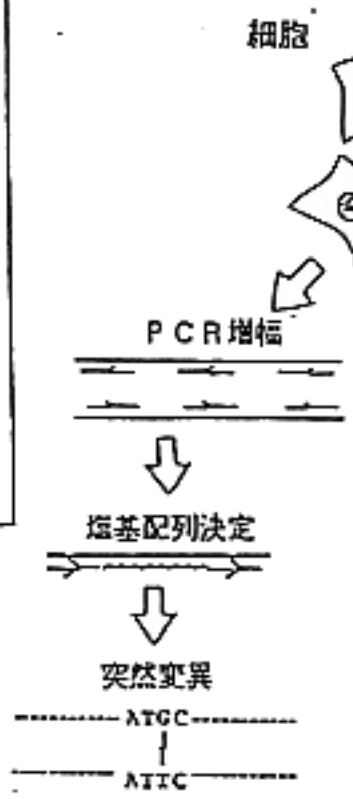
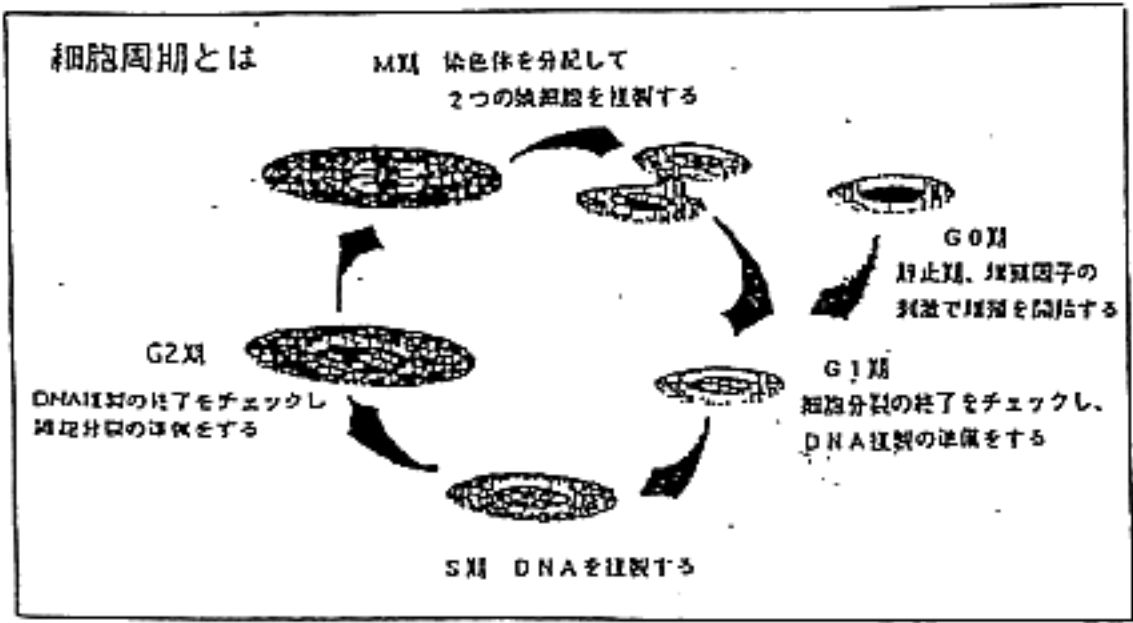
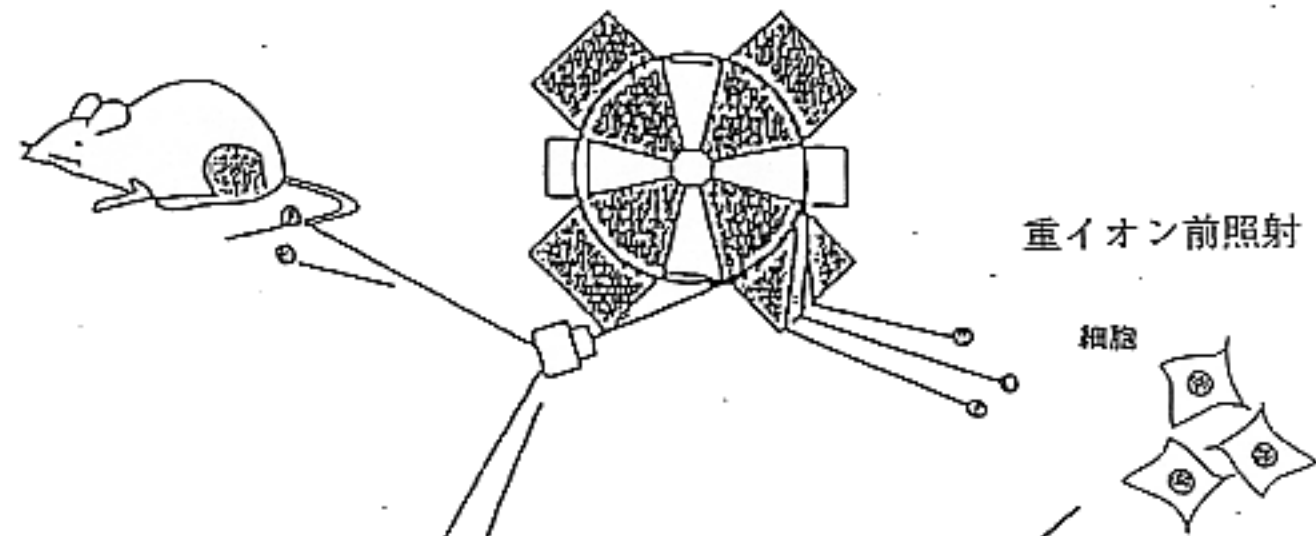
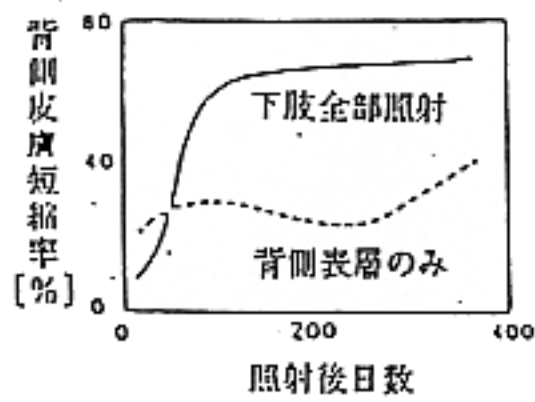
平成 12 年度予算額

7,462 千円

1,850 千円

5,612 千円

項目名 重イオンによる生物効果研究



⑤スピン制御量子ビームの研究

〔研究の目的〕

スピンと電磁場との相互作用を利用して原子・原子核・中性子のスピンを一方向に整列、電磁的に制御し、その後の運動を計測する技術を開発する。これを用いてスピンをプローブとした物質内部及び表面の構造・相互作用の研究、電磁モーメントを通じた不安定核の核構造・核内相互作用の研究、及びベータ崩壊・電気双極子モーメントを通じた基本対称性の研究を行う。

〔平成 13 年度研究計画〕

スピン偏極生成に必要な低温原子ビーム源を設計・製作し、特性評価と性能最適化を目指した開発研究を行う。また、偏極生成用磁場の設計と試作機を製作し、これに原子ビームを入射して収束性能、偏極生成の試験を行う。

〔平成 13 年度概算要求〕

概算要求総額

平成 13 年度要求額

平成 12 年度予算額

74,000 千円

0 千円

(内訳)

(1) 設備備品費

58,500 千円

0 千円

(2) 消耗品費

12,350 千円

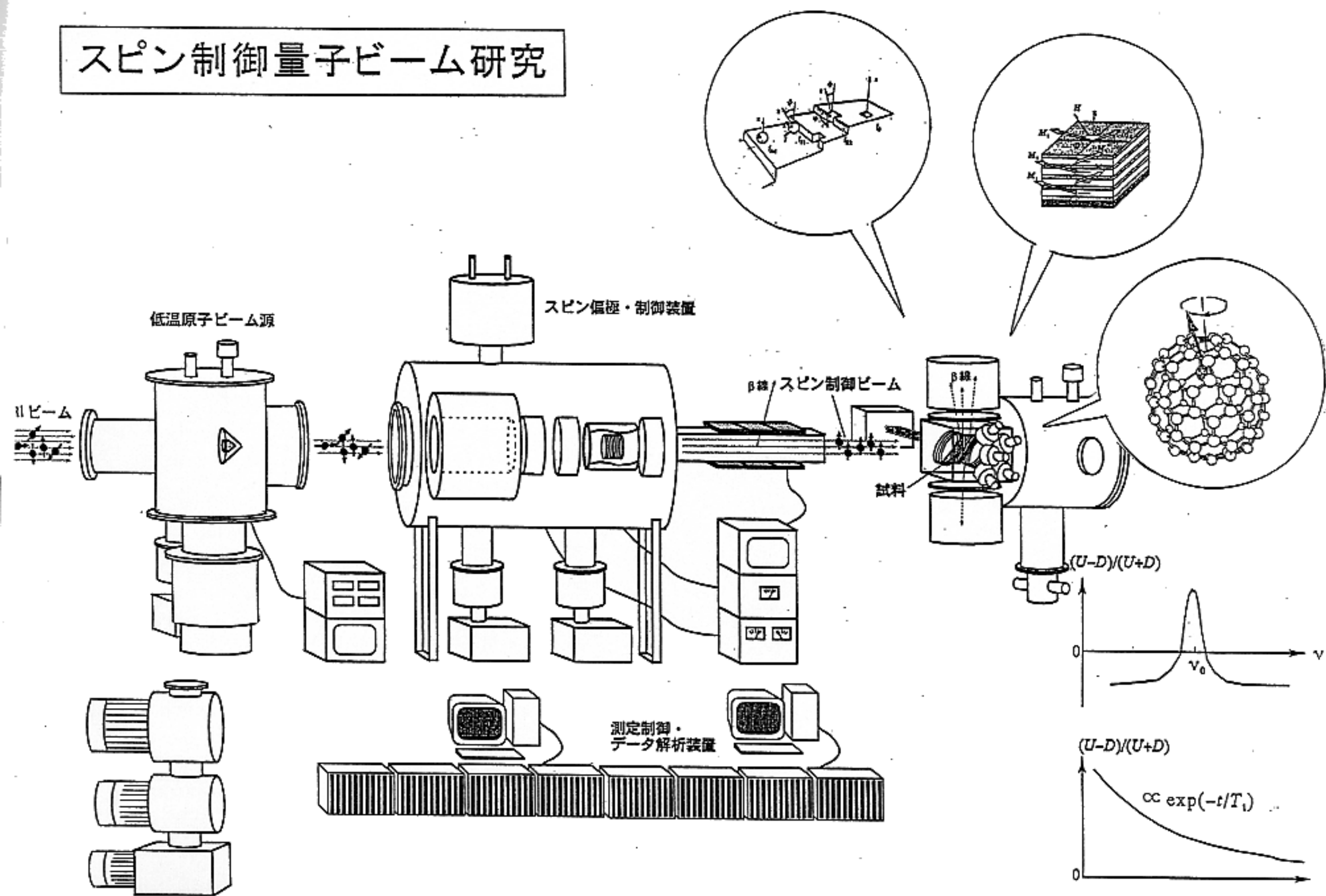
0 千円

(3) 研究者経費

3,150 千円

0 千円

スピン制御量子ビーム研究



5. バイオクロストーク機能研究（継続）

[研究の目的]

理研リングサイクロトロンは、高エネルギー重イオンビーム発生装置として世界最高性能を持つ。その性能を活用して、発生工学や遺伝子工学などライフサイエンス分野の最先端技術を駆使した、動植物における細胞内諸器官間や細胞集団間のクロストークを操作し、その機能を解明するバイオクロストーク研究は極めて重要な研究課題である。

そのため、この研究に不可欠な理研リングサイクロトロンからの良質なマイクロビームの生成に関わる要素技術を開発する。開発された要素技術はマイクロビーム生成用ビームラインの増設に還元され、極細ビームによる高エネルギー重イオンの生物照射を可能とする。また、ビームの自在な照射技術も合わせて開発し、将来における RI ビームの利用に役立てる。

[平成 13 年度研究計画]

13 年度は RI ビーム照射技術開発として、RI ビーム精密打込位置検出型粒子識別装置の開発に着手する。また、重イオンマイクロビームを用いて植物に対しての利用研究を継続して推進する。

[平成 13 年度概算要求]

概算要求総額

(内訳)

(1) 技術開発費、高度化費

(2) 植物バイオクロストーク研究

(3) 研究者経費

平成 13 年度要求額

79,558 千円

25,041 千円

7,500 千円

47,017 千円

平成 12 年度予算額

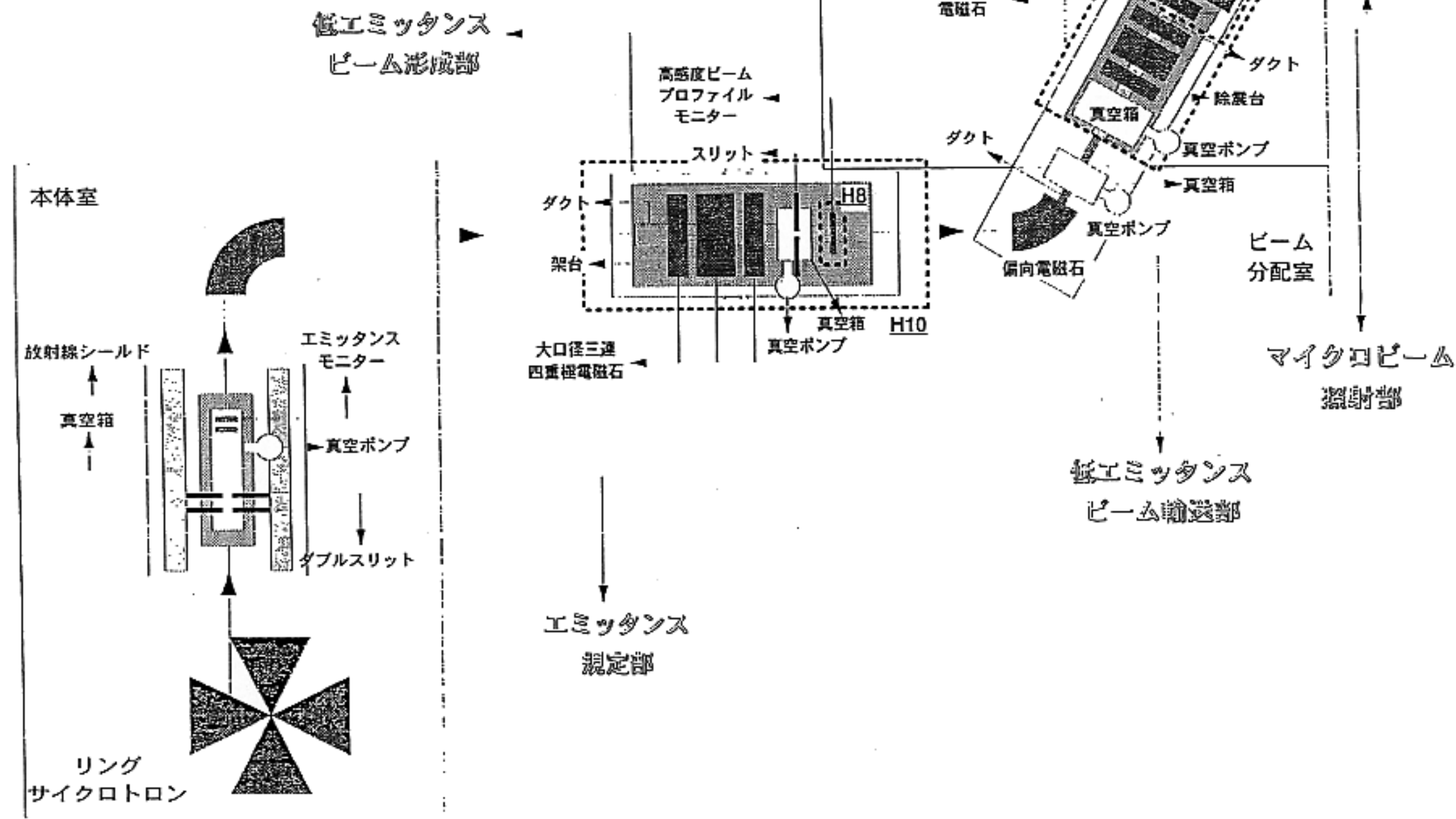
79,325 千円

25,041 千円

7,500 千円

46,784 千円

マイクロビーム生成照射装置概念図



6. 原子力先端技術開発費

[研究の目的]

理化学研究所の加速器研究施設は連続重イオン加速器として、ビーム強度と加速エネルギーで世界最高の性能を持ち、最先端の広範な科学研究に利用されている。施設は、初段加速器である重イオン線型加速器と AVF サイクロトロン、及びそれらで予備加速されたビームを4倍に加速するリングサイクロトロンで構成されている。この他、各加速器の前には重イオン源が、またリングサイクロトロンの後には RI ビーム発生装置が配備されている。これら加速器施設を構成する科学技術は日々前進しており、米国、欧州を含めて世界的に競争が激化している。このような状況の中で、理研加速器研究施設が世界最高性能を維持し、最先端科学研究に寄与するためにも、施設の高度化を目的とした先端技術開発が不可欠であり、加速器の各要素項目に対して次世代の研究開発を着実に実施する。

[平成 13 年度概算要求]

概算要求総額

(内訳)

(1) 加速器本体の高度化

平成 13 年度要求額

105,986 千円

105,986 千円

平成 12 年度予算額

105,986 千円

105,986 千円

7. 重イオンビーム利用連携研究費

[研究の目的]

世界でも最高レベルの性能を持つ理化学研究所加速器施設からの重イオンビームを利用して、我が国の重イオン科学の発展と新たな研究領域の開拓、並びに連携協力による互いの研究ポテンシャルの相乗的な底上げを狙いとし、少数の有望なテーマに絞り、機動的な体制で共同研究を進める。

[平成 13 年度研究計画]

平成 13 年度は、RIビームファクトリーにおいて実証実験の可能性が期待されている重イオン慣性核融合について、その原理実証を目指し、高密度プラズマと重イオンビームの相互作用についての研究を東京大学原子核科学研究センターとの連携で開始する。

また、重イオンビームによる核反応実験において発生するあらゆる情報を測定する検出装置の開発を、ゲルマニウム結晶の集積では世界最先端の技術を持つ米国ローレンスバークレイ国立研究所と連携して開始する。この検出装置の実現によって実験効率が飛躍的に向上することが期待されている。

[平成 13 年度概算要求]

概算要求総額

平成 13 年度要求額

360,296 千円

平成 12 年度予算額

0 千円

(内訳)

1) 連携研究費

295,000 千円

(1) 重イオンとプラズマの相互作用

35,000 千円

(2) ガンマ線反応軌跡測定器開発

260,000 千円

2) 研究推進費

65,296 千円

8. 重イオン科学総合研究推進費

[研究の目的]

理化学研究所の重イオン科学用加速器施設は、加速できるイオンの種類、エネルギー範囲だけでなく、ビーム性能においても世界最高級のものである。このような加速器施設を用いた重イオン科学総合研究の推進を図り、我が国はもちろんのこと国際社会における科学技術の振興の一翼を担う。

[平成 13 年度概算要求]

平成 13 年度要求額

平成 12 年度予算額

概算要求総額

1,482,477 千円

1,472,493 千円

(内訳)

(2) 加速器本体の運営・維持費

1,035,014 千円

1,025,030 千円

(3) 加速器施設の共通設備・共通経費

447,463 千円

447,463 千円

9. 原子力研究推進費

[研究の目的]

理化学研究所の重イオン科学用加速器施設は、加速できるイオンの種類、エネルギー範囲だけでなく、ビーム性能においても世界最高級のものである。このような加速器施設を用いた重イオン科学総合研究の推進を図り、我が国はもちろんのこと国際社会における科学技術の振興の一翼を担う。

[平成 13 年度概算要求]

概算要求総額

平成 13 年度要求額

平成 12 年度予算額

(内訳)

(1) 委員会等開催費

1,977 千円

1,977 千円

(2) 国際科学技術協力費

5,969 千円

5,969 千円

(3) 外来研究者宿泊施設運営費

11,087 千円

11,087 千円

理化学研究所における原子力研究開発の考え方
(新原子力長期計画(第四分科会)への対応)

◎原子力長期計画策定会議第四分科会報告書「未来を拓く先端的研究開発」における原子力(研究開発)の捉え方

- 原子力は「物質の究極の構成要素は何か」を探る人類の知的活動の中で発見されたもの。知ること(自然認識)のもたらす精神的な豊かさを人類社会に与えてきた優れて時代をリードする「文化」であり、「総合的な科学技術」。
- 原子力＝「現代社会を支える総合的科学技術」の複数の側面：
 - ・研究開発の成果や装置開発の過程から新技術が生み出されるテクノロジープッシュ(技術主導)型や新しい芽を育てるシーズ開拓型の研究開発。即ち加速器を利用する先端的研究開発。
 - ・社会的要請の強いデマンドプル(目的指向)型あるいはニーズ先行型の、核融合に代表される革新的エネルギー生産技術の開発。
 - ・資源小国である我が国のエネルギー安全保障の点で重要な原子炉やその要素技術に関する革新的な技術開発。
- 原子力科学技術は人類に「発明」と「発見」の夢や希望を与え、21世紀の人類を幸せに導くという事実を次世代の若者に伝承し、後継者を育てる
- 研究における独創性を重視。
- 原子力分野の未踏領域を切り開くフロントランナーとして、我が国は、アジアを含めた諸外国における研究開発を牽引し、技術や人材の育成に努め、文化の刻印を打ち、文明をリードすることで我が国の尊厳を保持することが、科学技術創造立国として我が国が選択する道。

◎理化学研究所における原子力研究開発

海外への展開も含めた理化学研究所の加速器科学並びに原子核物理学、さらに広範な加速器利用研究、レーザー研究は、独創性に富み、多くの学問的波及的效果を生み、世界の牽引役を担うという点で、長期計画策定会議第四分科会報告において定義され、推進の方向が示された原子力研究開発に沿うものである。

特に、先端的研究開発の重要性が原子力研究開発において一層増していくと推測されるなかで、理化学研究所においても自らその立場を強く認識し、今後も着実に研究開発を進めていきたい。そして、激しい国際競争のなかで進められている RI ビームファクトリー計画はその柱であり、早急な実験開始を目指して建設を進めていくものである。