

平成 1 2 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 11 年 7 月 9 日

理化学研究所

平成12年度原子力関係概算要求総括表

(単位:千円)

事 項	11年度予算額	12年度概算要求額	対前年度比較増△減額	備 考〔()内は12年度要求額:百万円〕	頁
1. RIビームファクトリー計画 (1) RIビームファクトリー研究 (2) RIビームファクトリー建設整備	⑬ 10,328,000 3,425,044 489,657 ⑬ 10,328,000 2,935,387	⑬ 12,600,000 9,230,569 546,083 ⑬ 12,600,000 8,684,486	⑬ 2,272,000 5,805,525 56,426 ⑬ 2,272,000 5,749,099	①RIビーム棟建設、②超伝導加速器建設(SRC-6、-4)	2
2. 国際研究協力の推進 (1) RALとの研究協力 (2) BNLとの研究協力	1,313,678 302,278 1,011,400	1,867,291 855,900 1,011,391	553,613 553,622 △ 9	①中間子・ミウ粒子(RALとの国際研究協力)、中性子の発生と応用(856) ②高温・高密度原子核の研究(BNLとの国際研究協力)(1,011)	4 7
3. 重イオン科学総合研究	1,663,975	1,663,975	0	①超重元素及び新不安定同位元素の研究(20) ②高温・高密度原子核の研究(12) ③不安定核β-崩壊を用いた核科学の研究(14) ④高エネルギー・高電離重イオンによる原子物理の研究(17) ⑤重イオンによる生物効果研究(7) ⑥加速器本体の高度化研究費(106) ⑦重イオン科学研究推進費(1,487)	9 13 15 17 19 21 22
4. 原子力基盤研究 (1) 原子力用レーザー研究 (2) 放射線リスク評価・低減化技術の開発研究 (3) 原子力基盤クロスオーバー研究	185,307 14,183 37,973 133,151	332,165 78,583 60,973 192,609	146,858 64,400 23,000 59,458	①軟X線レーザーの高度化・先端利用研究(39) ②極短波長光源を用いた機能性微小構造体の研究(8) ③高効率複合型レーザーの研究(18) ④原子力用ハードマテリアルレーザーの研究(14) ①放射性ナノ粒子の計測・制御技術の開発(61) ①高品質陽電子ビームの高度化研究(9) 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(36) 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(31) ⑧原子力基盤技術総合的研究推進費(28)	23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47
5. 機動的先端研究 (1) バイオクロストーク機能研究	79,766	80,229	463		48
合 計	⑬ 10,328,000 6,667,770	⑬ 12,600,000 13,174,229	⑬ 2,272,000 6,506,459		

1. 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。

R I 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R I 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O E C D メガサイエンスフォーラムの核物理WGにおいてもR I ビーム発生施設の整備が、世界的規模で緊急かつ重要な事項として議論されている。

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R I 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」ことが（H 6）、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は「大強度重イオン・R I 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」ことが（H 8）取りまとめられている。

これらを受け、理化学研究所における「R I 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り出し、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、「R I ビームファクトリー」が作り出す世界最高エネルギーの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。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、進められるものである。

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、

世界に開かれた国際的研究拠点とする。

[平成12年度研究計画]

- ・世界に類を見ない最先端技術が結集した加速器群を確実に製作するため、さまざまな解決すべき技術的課題について十分な開発研究を行い、検討していく必要がある。このため、要素技術開発およびモデル製作を実施して整備計画の効率化を図るとともに、国内外の先端研究者を招いて各種委員会を開催し、先端技術や利用者ニーズの計画への還元を図る。さらに、要素技術開発を強力に推進するために、定員研究者とともに外部研究者・技術者等を招聘し、研究開発に参加させると共に、次世代の加速器研究者・技術者の育成に貢献する。
- ・加速器施設の整備については、平成9年度より着手したRIビーム発生系施設の建設を進めるとともに、実験系施設の建設に着手する。

[平成12年度概算要求]

概算要求総額	④	12,600,000千円	(④	10,328,000千円)
		9,230,569千円		(3,425,044千円)
(内訳)				
(1) RIビームファクトリー研究		546,083千円		(489,657千円)
	④	12,600,000千円	(④	10,328,000千円)
(2) RIビームファクトリー建設整備		8,684,486千円		(2,935,387千円)

2. 国際研究協力の推進

①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ー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、世界最強のバー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。強力なバー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、ミュオンによる蛋白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ース中性子源に、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12年度研究計画]

平成12年度は、英国ラザフォード・アップルトン研究所の「第2ターゲットステーション」計画に英国側と理研側が協力する形で参画し、現ミュオン施設の拡張として第2ミュオン施設の建設に着手する。また、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12年度概算要求]

	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	855,900千円	302,278千円
(内 訳)		
Ⅰ. ミュオン科学研究	851,014千円	297,392千円
(1) 設備備品費	599,231千円	52,231千円
(うち、第2ミュオン施設建設 500,000千円)		
(2) 消耗品費	44,890千円	44,890千円
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

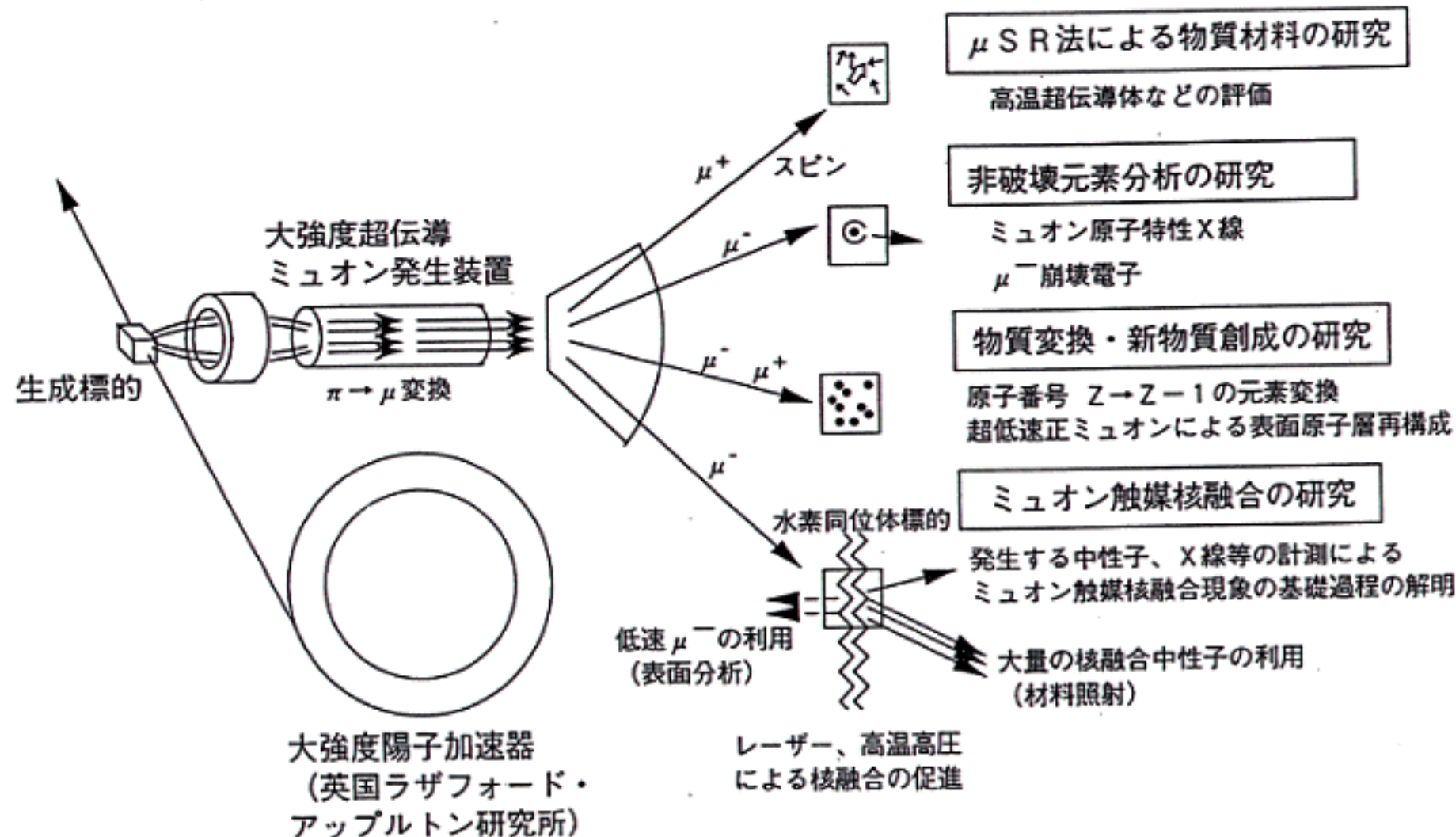
I. ミュオン科学研究

広範なミュオン科学研究

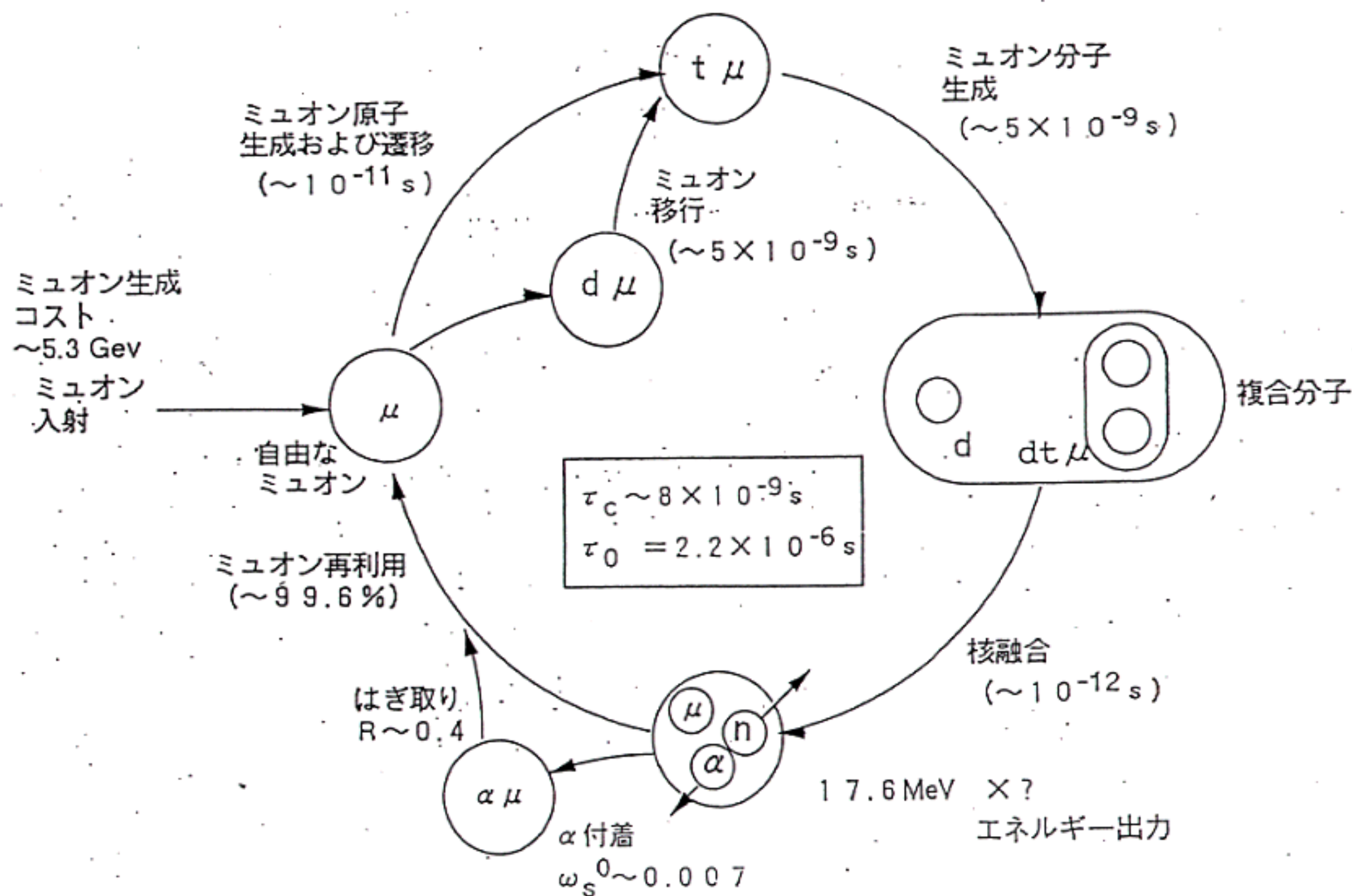
ミュオン粒子のビームは、素粒子物理学のみならず、原子核物理学、物性物理学、化学、生物学、医学などの新しい研究手段として注目されている。

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	$e + \nu + \bar{\nu}$



d-t ミュオン触媒核融合サイクル ($\phi \sim 1$ 、 $C_t \sim 0.3$)



②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年完成予定）、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12年度研究計画〕

平成12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、平成11年からのRHICでの本格実験に向けてスピン偏極制御装置を完成させ、調整を行う。「理研BNL研究センター」においては、理論と実験の両グループにおける活動を本格的に開始する。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を整備する。

〔平成12年度概算要求〕

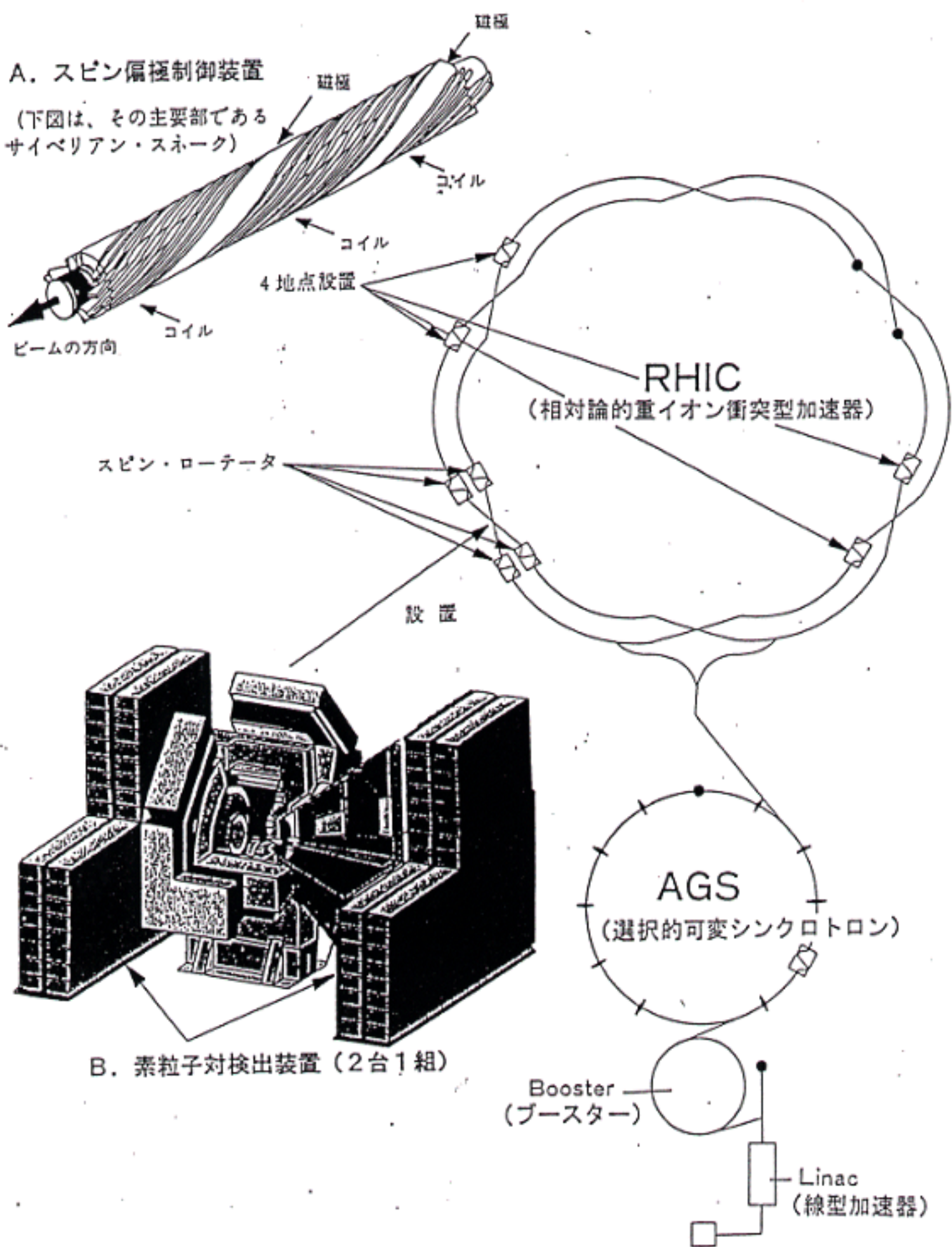
平成12年度要求額

平成11年度予算額

概算要求総額 （内訳）

米国ブルックヘブン国立研究所との国際研究協力	1,011,391千円	1,011,400千円
（1）設備備品費	5,731千円	5,731千円
（2）消耗品費	1,327千円	1,327千円
（3）研究開発費、その他	1,004,333千円	654,342千円
（4）債 現金化（スピン偏極制御装置）	0千円	250,000千円
（5）高性能専用計算機	0千円	100,000千円

項目名 高温・高密度原子核の研究
Ⅱ. 米国ブルックヘブン国立研究所との国際研究協力



3. 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・新放射性同位元素の化学、短寿命R I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L E T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
- （R Iの製造） 核医学用R I、生物学・農学用R I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

本総合研究は、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A V F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

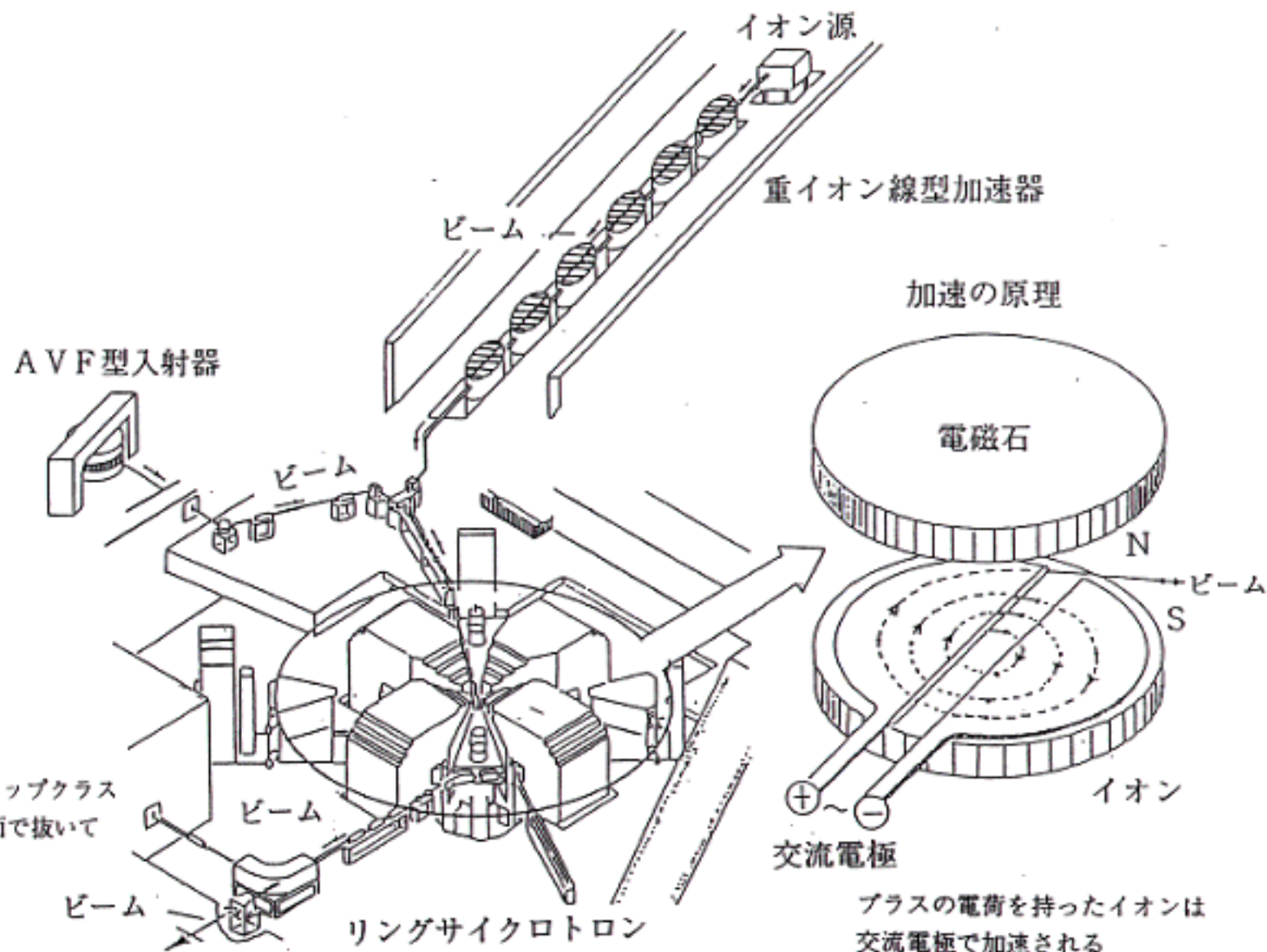
- ・水素からウランにいたる全ての元素を加速できる。
- ・最大加速…水素で音速の60万倍の強さ（光速の約67%）
- ・加速できる元素の種類、加速エネルギー等の性能の点から世界のトップクラス（現在、仏国ガニール研究所の加速器を、加速粒子の数、エネルギーの面で抜いて世界最高性能）

○加速器施設の建設経過（総建設費161億円）

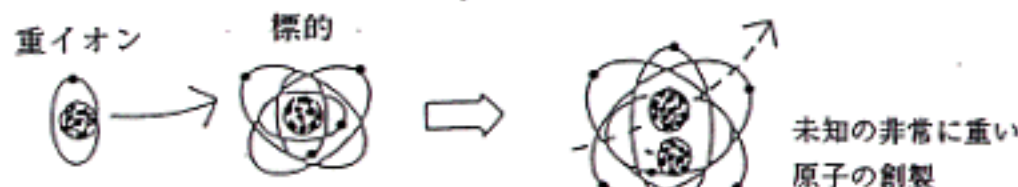
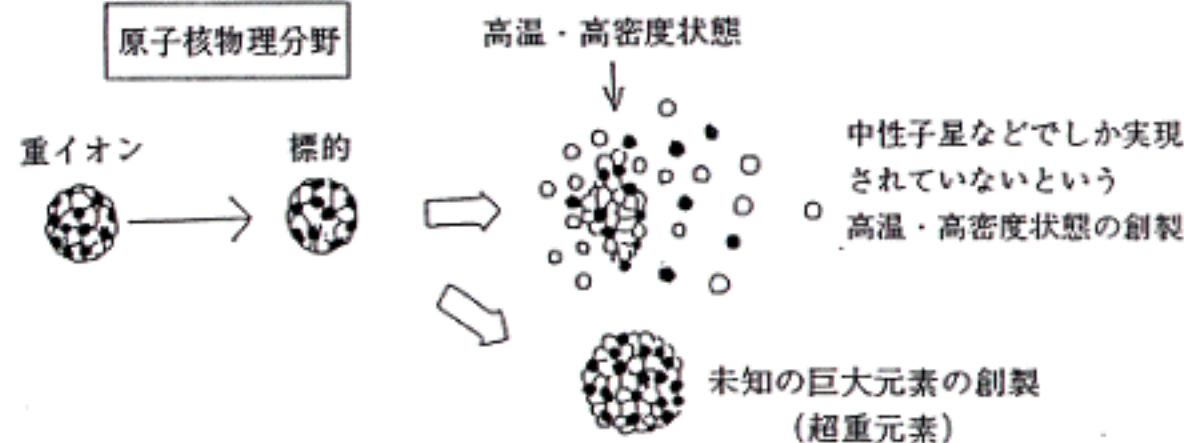
- ・昭和49年度 重イオン線型加速器建設開始
- ・昭和54年度 重イオン線型加速器完成（前段加速器）
- ・昭和55年度 リングサイクロトロン建設開始
- ・昭和61年度 重イオンビーム発生
- ・昭和63年度 AVF型入射器完成
- ・平成9年度 RIビームファクトリー施設整備のために基本設計開始

○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）



原子核物理分野



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、化学の分野への応用を図る。

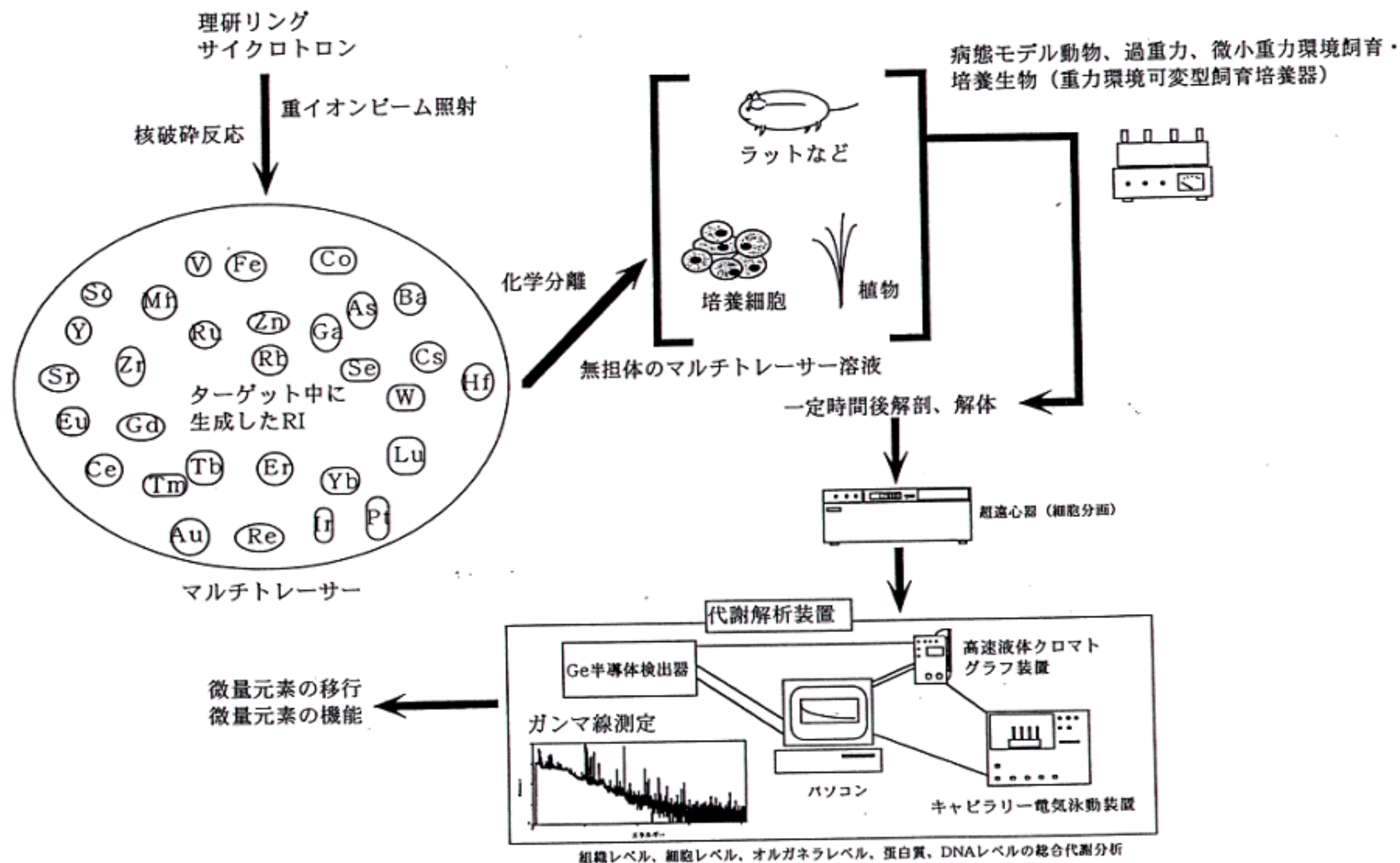
[平成12年度研究計画]

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パワー分光法を応用して原子スケールでの動的挙動の研究を推進する。

[平成12年度概算要求]

	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	20,030千円	20,030千円
(内 訳)		
(1) 設備備品費	16,000千円	16,000千円
(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高温・高密度原子核の研究

[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、とりわけスピニ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年完成予定）、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12年度研究計画]

平成12年度は、リングサイクロトロンを用いた高温・高密度原子核の研究を引き続き行う。

[平成12年度概算要求]

概算要求総額

（内 訳）

I. リングサイクロトロンによる高温・高密度原子核の研究

（1）設備備品費

平成12年度要求額

11,707千円

11,707千円

平成11年度予算額

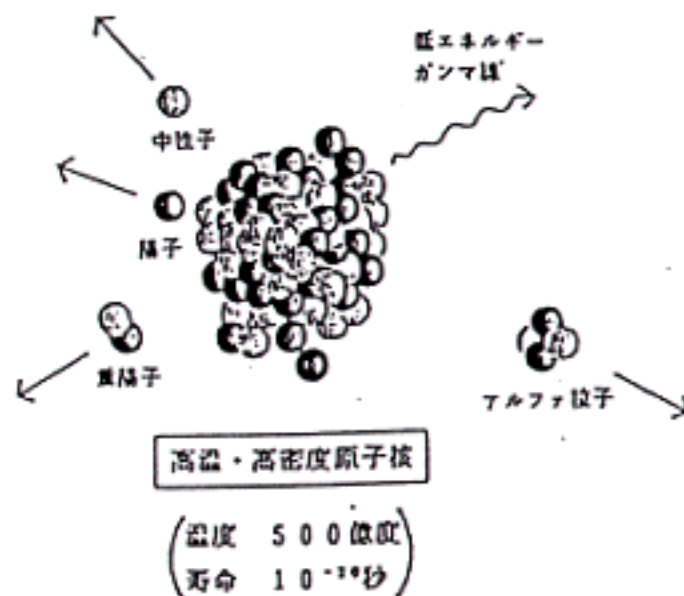
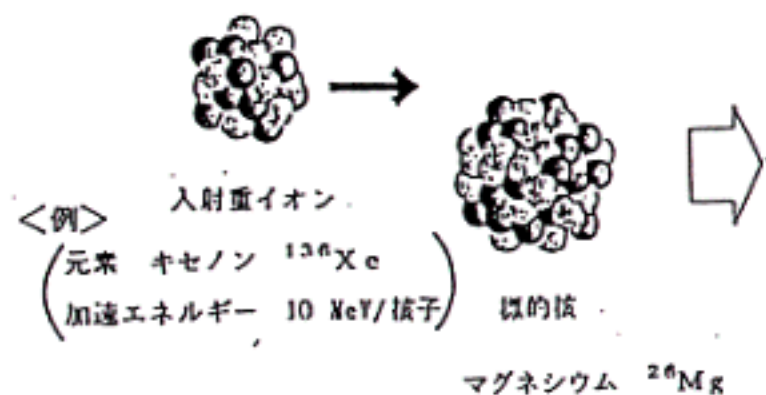
11,707千円

11,707千円

項目名 高温・高密度原子核の研究

I. リングサイクロトロンによる高温・高密度原子核の研究

「融合反応」



＜現在までの成果＞

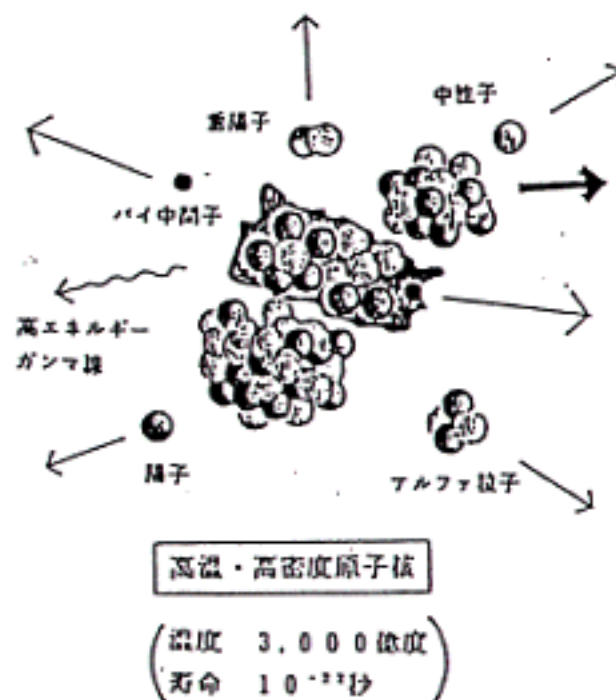
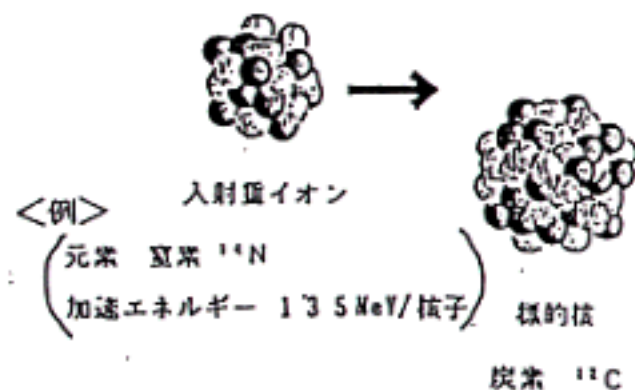
「融合反応」

高温・高密度原子核からの共鳴ガンマ線の観測

(入射重イオン: ^{136}Xe
 標的核 : ^{26}Mg
 加速エネルギー: 10 MeV/核子)

↓
 高温・高密度原子核のガス化現象

「破砕反応」



＜現在までの成果＞

「破砕反応」

しきい値以下でのパイ中間子の発生

(入射重イオン: ^{14}N
 標的核 : ^{12}C
 加速エネルギー: 40, 80, 135 MeV/核子)

↓
 原子核の異常密度の発見

③不安定核ビームを用いた核科学の研究

[研究の目的]

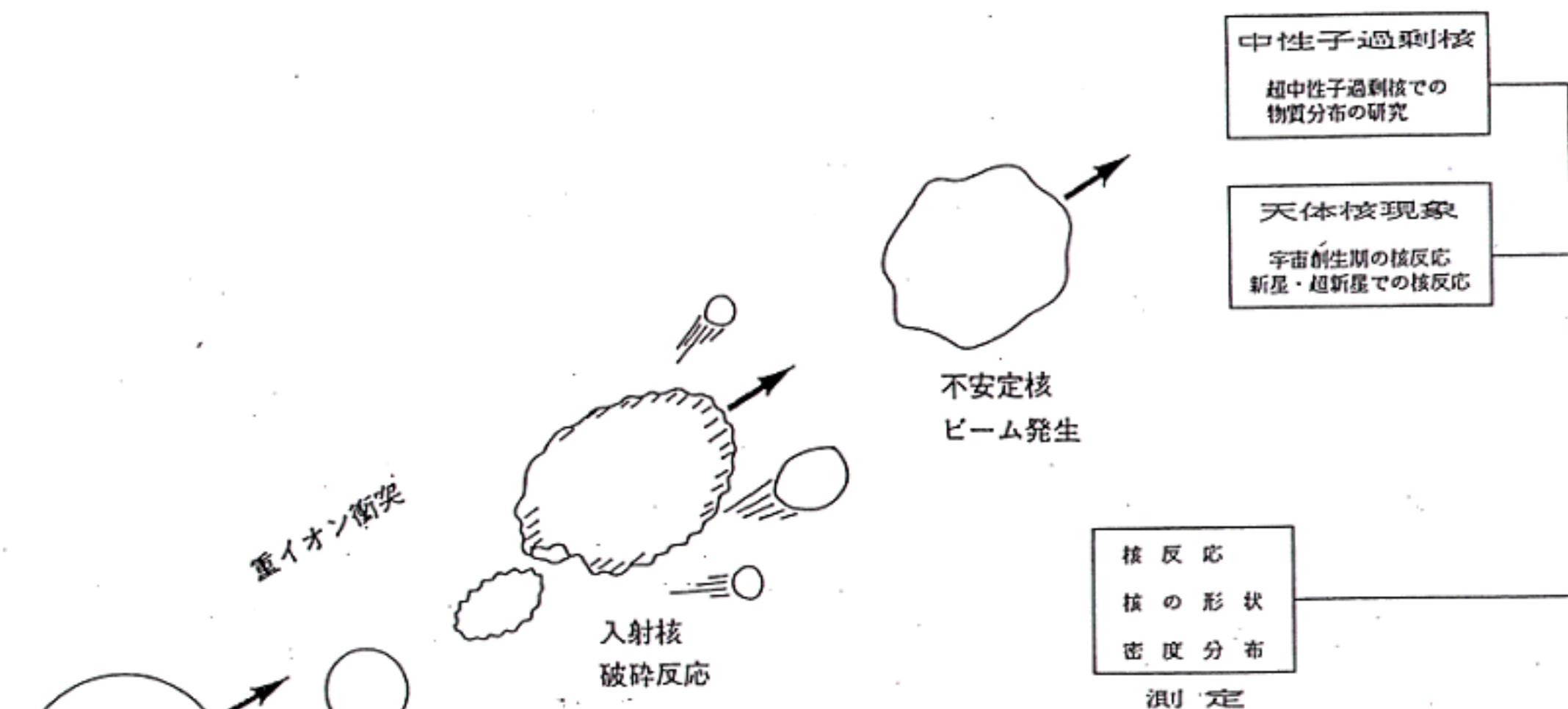
近年、高エネルギー加速器で生成された不安定核（R I）をビームとして用いる新たな研究領域が開拓されつつある。R Iのビームへの利用はこれまでにない核反応や新核種、新元素の合成を可能とするため、安定核に限られていたこれまでの研究から格段の進展が期待される。理化学研究所はこの研究分野においてパイオニア的役割を果たしており、高エネルギーの重イオン衝突により生成される不安定同位元素における中性子過剰核の発見や中性子ハローに代表される低密度の中性子層の発見など、これまでの定説を覆す新たな原子核の存在形態が見いだしてきている。本研究では、リングサイクロトロンにより得られる不安定同位元素を用いて、極限状態に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12年度研究計画]

平成12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12年度概算要求]

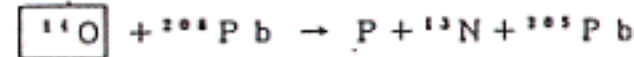
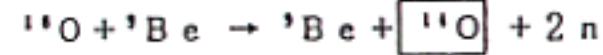
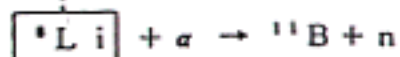
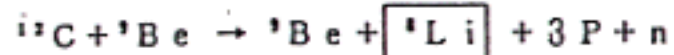
	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	14,260千円	14,260千円
（内 訳）		
（1）設備備品費	11,260千円	11,260千円
（2）消耗品費	3,000千円	3,000千円



○不安定核ビーム発生例：

と、それによる

○天体核現象の反応例：



注) □：不安定核

④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、高電離状態の原子が生成される。このような原子の生成過程における励起、電離、電子捕獲などの現象は従来の理論の適用の限界を越えるものがある。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がどのような過程をとおして行われ、また緩和されるかを原子レベルで解明する。

[平成12年度研究計画]

平成12年度は、高時間分解能・高空間分解能3次元2次イオン検出装置を製作し、高速のイオン原子衝突に伴って交換される運動量・エネルギーを従来よりもはるかに高い分解能で測定して、衝突の動的過程解明を目指す。

[平成12年度概算要求]

	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	17,250千円	17,250千円
(内 訳)		
(1) 設備備品費	17,250千円	17,250千円

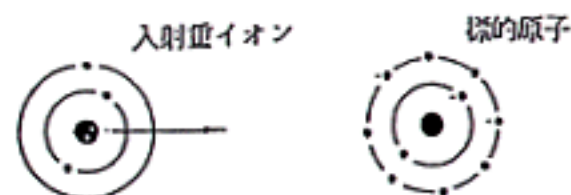
(例)

〔元素 アルゴン Ar
加速エネルギー 9.5 MeV/核子〕

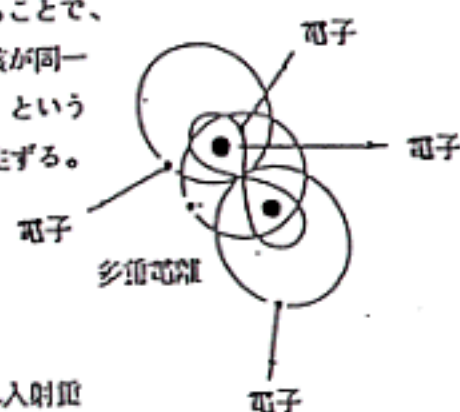
〔元素 クリプトン Kr
加速エネルギー 2.0 MeV/核子〕

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



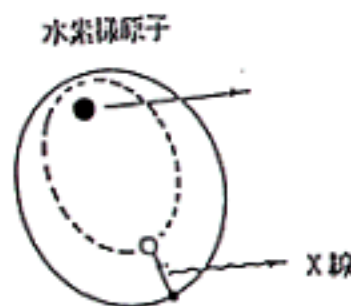
入射重イオンが標的原子に衝突することで、互いの電子を放出し、二つの原子核が同一の軌道電子を共有する(多重電離)という複合原子状態がわずかな時間だけ生ずる。



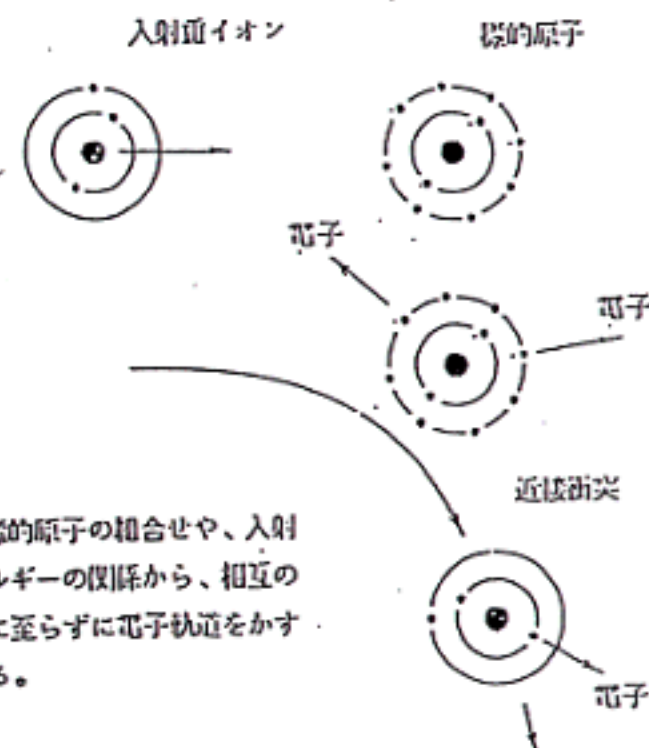
その後、それぞれの原子は再び離れ入射重イオンは水素様原子、標的原子は、多重内殻電離状態という通常ありえない特殊な原子の状態をとる。



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組合せや、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。

⑤重イオンによる生物効果研究

[研究の目的]

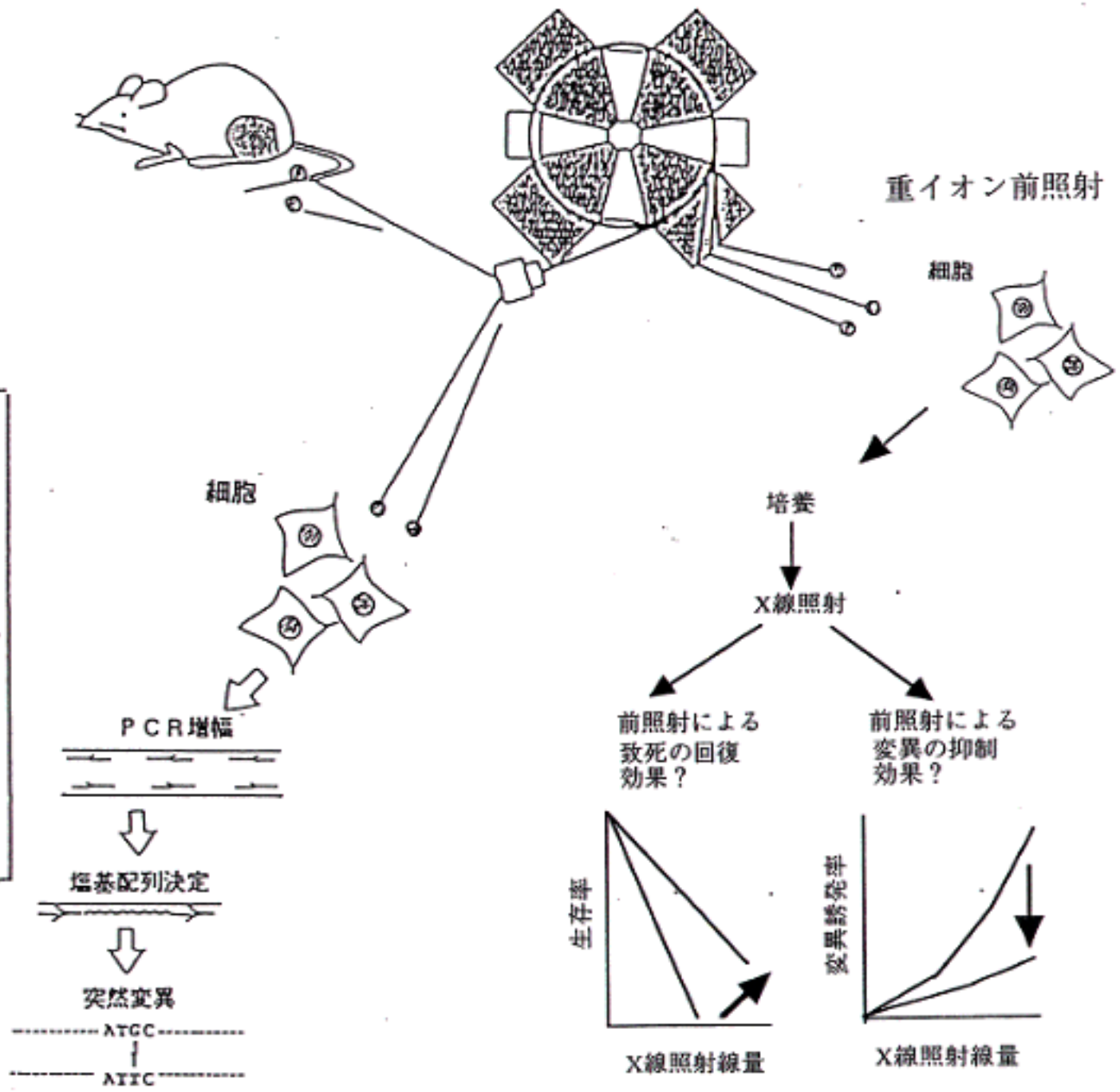
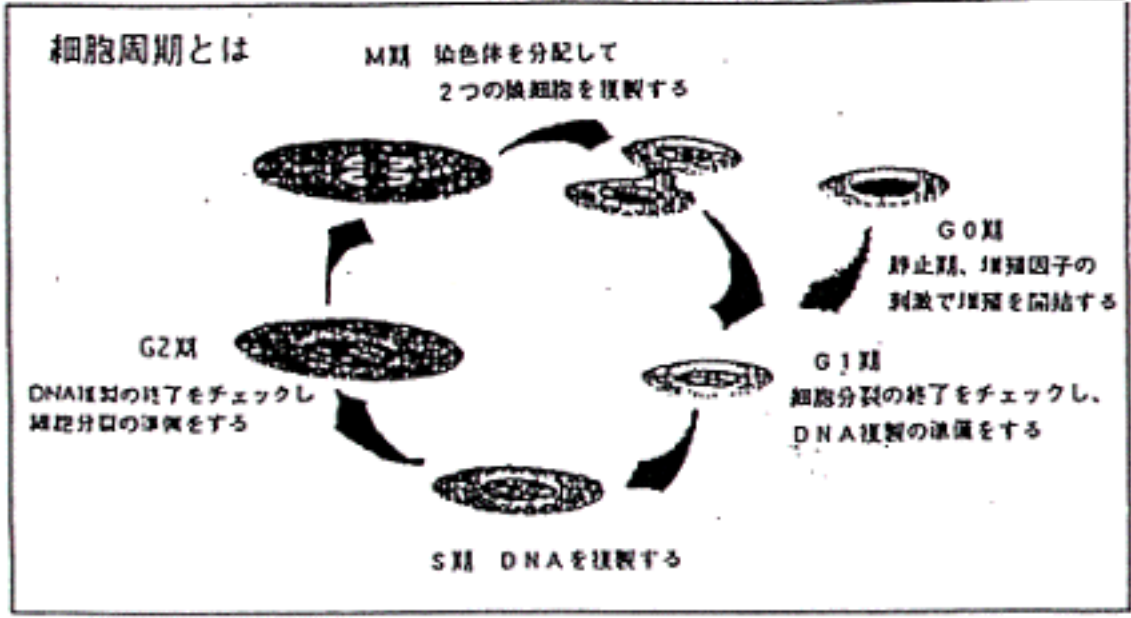
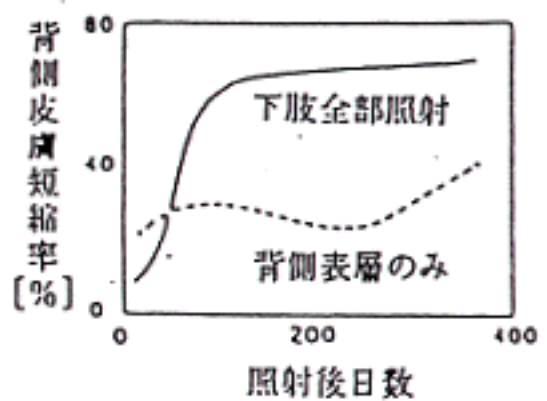
重イオンは、これまでも生物・医学の分野に幅広く応用され、突然変異の誘発、染色体や組織レベルでの放射線障害の研究等において有用な知見が数多く見いだされている。本研究では、動物細胞を試料に用いて、細胞のがん化や老化のメカニズムの鍵となる細胞周期に関する突然変異株を分離し、その原因遺伝子の解明を行うとともに、DNA修復や突然変異誘発に関与する遺伝子発現の解析を試みる。また、がん化に対する重イオン効果について、マウス等小動物を用いて基礎的研究を行う。

[平成12年度研究計画]

平成12年度は、哺乳類培養細胞に微量の重イオンを照射し、その後の本格的なX線照射に対する適応応答効果（放射線抵抗性の獲得）について調べる。

[平成12年度概算要求]

	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	7,462千円	7,462千円
（内 訳）		
（1）設備備品費	1,850千円	1,850千円
（2）消耗品費	5,612千円	5,612千円



⑥加速器高度化研究費

〔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技術の研究開発を着実に実施する。

〔平成12年度概算要求〕

概算要求総額

(内訳)

(1) 設備備品費

平成12年度要求額

105,986千円

105,986千円

平成11年度要求額

105,986千円

105,986千円

⑦重イオン科学研究推進費

〔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、我が国は勿論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12年度概算要求〕

概算要求総額

平成12年度要求額	平成11年度要求額
1,487,280千円	1,487,280千円

(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	10,551千円	10,551千円
(4) 加速器本体の運転・維持費	1,021,320千円	1,021,320千円
(5) 加速器本体の共通設備・共通経費	447,463千円	447,463千円

4. 原子力基盤研究（継続）

（１）原子力用レーザー研究

①軟X線レーザーの高度化・先端利用研究

〔研究の目的〕

軟X線レーザーは、原子力分野におけるレーザー除染や原子炉施設の表面センサーあるいは表面材質の改良や加工、放射線損傷を受けた遺伝子等の生体物質の微視的観察など広い用途が考えられるが、装置は大型で現在は主として核融合の研究に限られている。装置を小型かつ高出力化できれば、種々の用途への利用研究が拡がり、研究開発途上にあるこの軟X線レーザーを高度に発展させることができる。軟X線レーザーを普及させ、広範なニーズに応えるためには、緊急に小型化かつ高出力化の研究開発を行うことが必要である。本研究では、理研で独自に開発した多重パルス励起法を用いて、高出力でかつ小型で高繰り返しの短パルス軟X線レーザーの開発および原子層堆積法を用いる軟X線多層膜ミラーの開発を行い、さらにこれらを組み合わせることにより、多重波長プロセッシング法を用いて光学材料などの難加工物質の改良、材料の微細領域の評価・観測、超微細加工などの先端利用開発研究を行う。

〔平成12年度研究計画〕

平成11年度までに開発したピコ秒高強度レーザーを用いて、軟X線レーザーを発生するとともに、そのビーム特性を評価し応用研究に利用するためのターゲットチャンバーを開発する。

〔平成12年度概算要求〕

平成12年度要求額

平成11年度予算額

概算要求総額

38,865千円

3,865千円

（内 訳）

（１）設備備品費

35,000千円

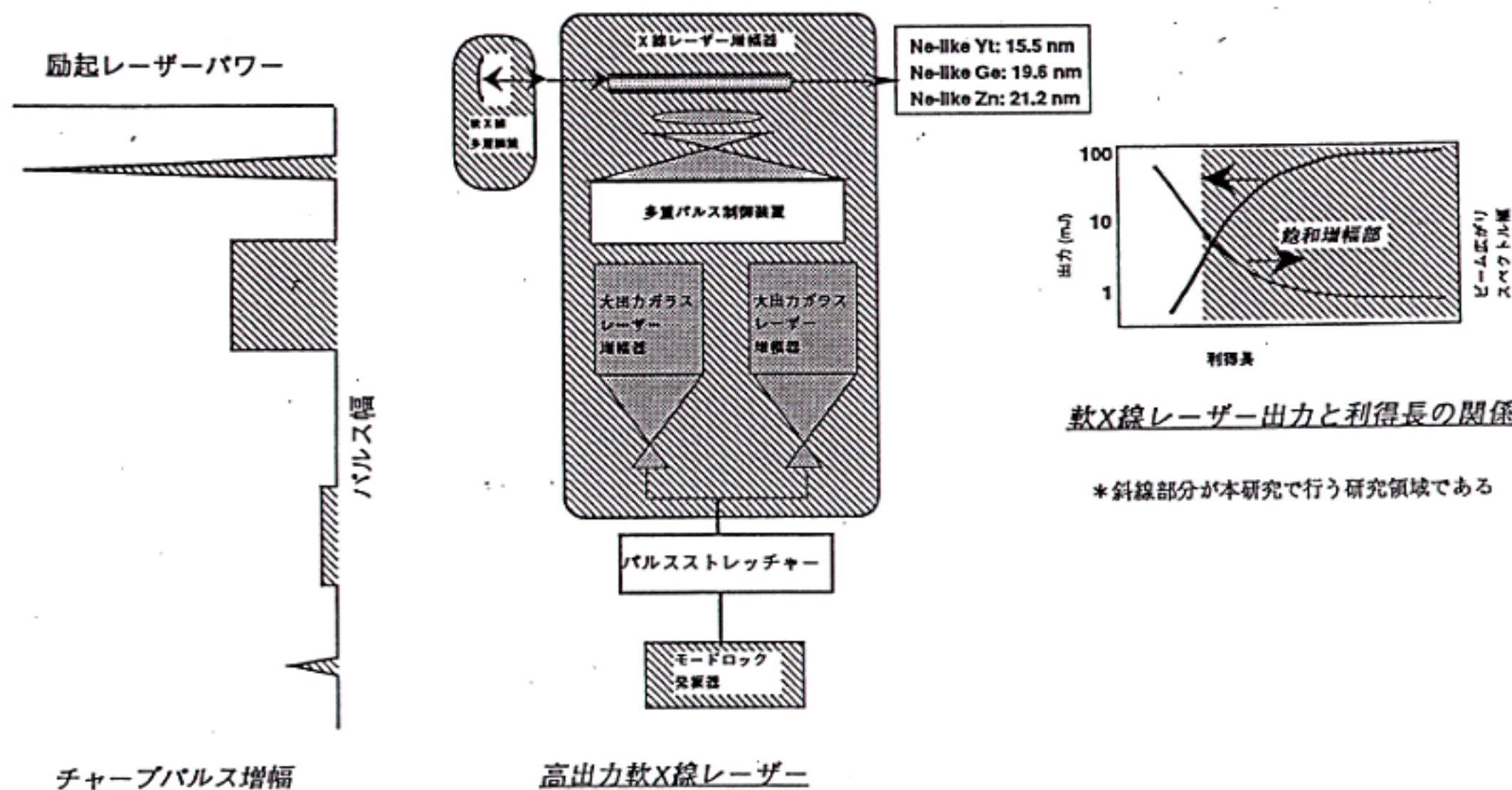
0千円

（２）消耗品費

3,865千円

3,865千円

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的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線レーザーを高度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極短波長光源を用いた機能性微小構造体の開発研究

[研究の目的]

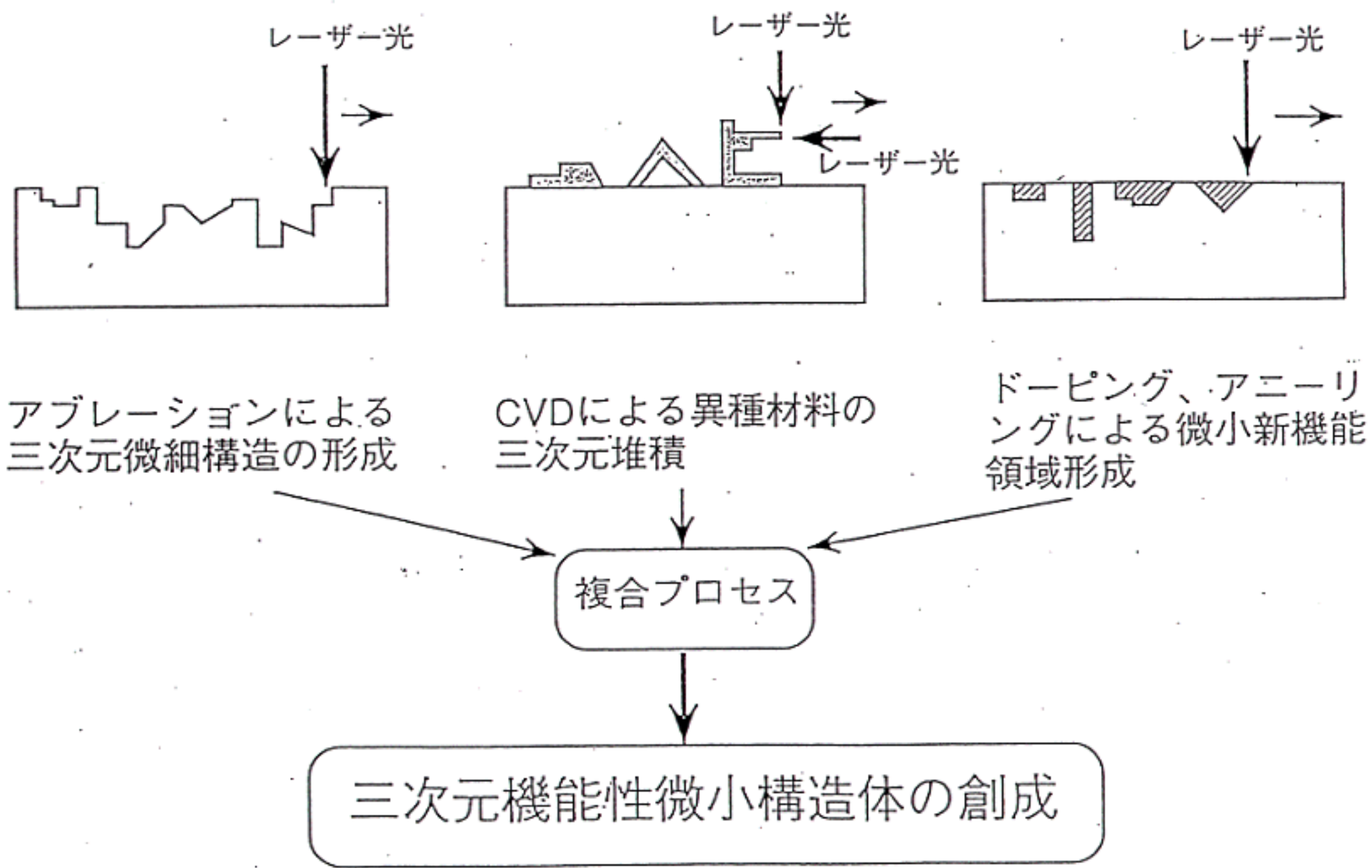
極短波長光は光子エネルギーが大きいため、物質との新しい相互作用や反応が期待でき、化学・物理的に安定な物質の創成や加工を容易に行える可能性がある。本研究では、このような極短波長光源によって、例えば原子炉内の検査、補修にも応用可能な、機能性微小構造体（センサ、アクチュエータ等）を創成する技術を開発する。

[平成12年度研究計画]

平成12年度は、前年度までの成果をもとに簡単な機能性微小構造体の創製を目指す。一例として有害ガスや有害物質を検出する微小環境センサーを想定している。このような機能性微小構造体を構築するためのデバイス化装置の開発を行う。

[平成12年度概算要求]

	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	7,510千円	2,110千円
（内 訳）		
（1）設備備品費	5,400千円	0千円
（2）消耗品費	2,110千円	2,110千円



③高効率複合型レーザーの研究

[研究の目的]

高出力・高効率性を有するガスレーザーは原子力分野での利用に大きな期待が寄せられているが、反面、安定性や信頼性に難があり、実用化が遅れている。

本研究では、安定性、制御性に優れた固体レーザーを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、材料加工、レーザー除染、レーザー加速、同位体分離などの原子力分野に効果的なレーザー応用を発展させることを目的とする。

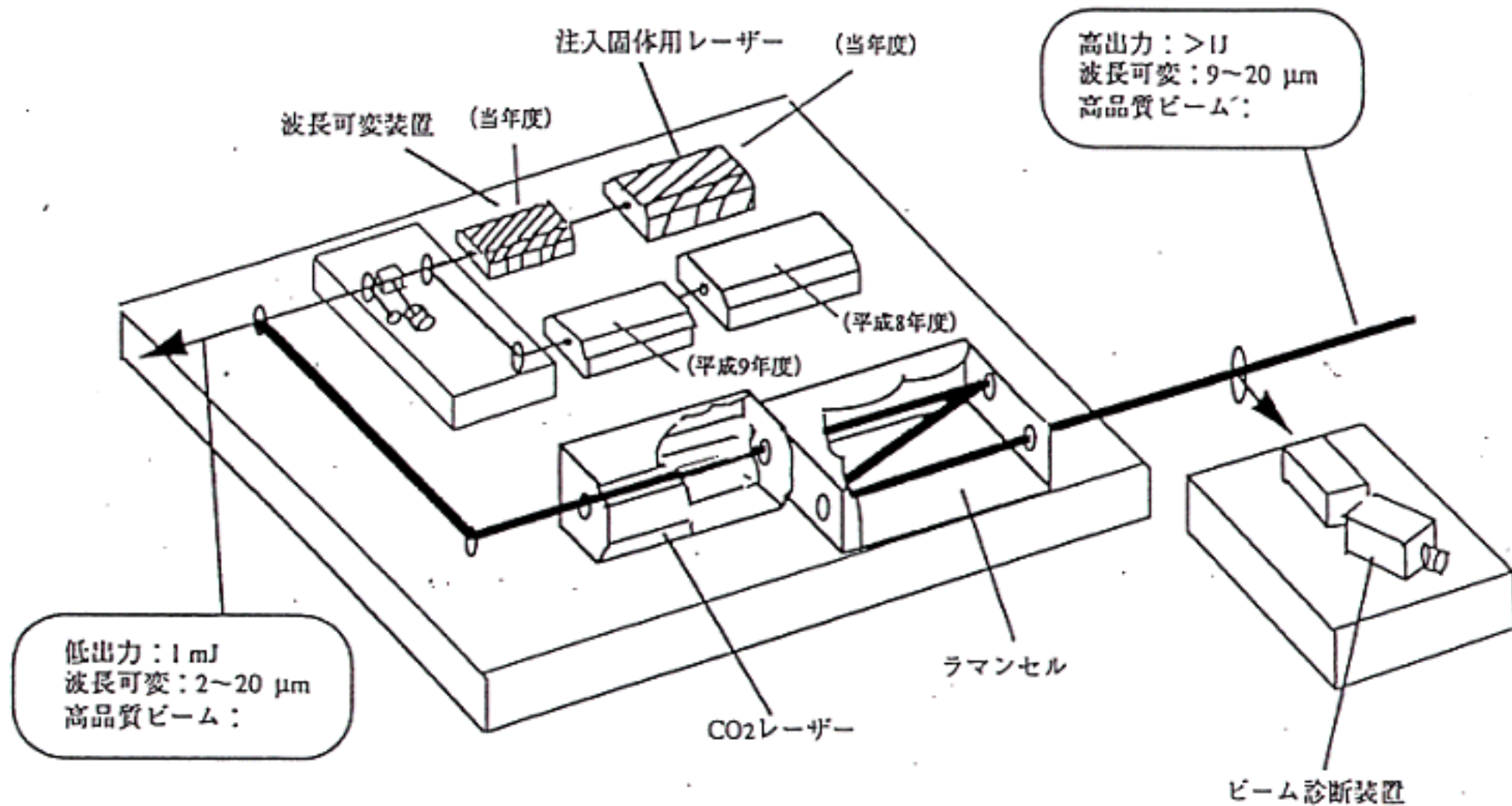
[平成12年度研究計画]

平成12年度は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するとともに、赤外レーザー光のビーム診断を行い、内部変換型ラマンレーザーへの適用性を実験的に明らかにする。

[平成12年度概算要求]

	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	17,910千円	4,910千円
(内 訳)		
(1) 設備備品費	13,000千円	0千円
(2) 消耗品費	4,910千円	4,910千円

項目名 高効率複合型レーザーの研究



④原子力用ハードマテリアルレーザーの研究

[研究の目的]

原子力用レーザーは、高温・高圧・強放射線・高電磁場等の極限環境下で安定作動することが要求されており、耐環境・高安定レーザーの開発は、原子力分野のみならず、宇宙ロケットなどの極限環境デバイスに画期的な飛躍をもたらすことが期待されている。

本研究では、次世代の新材料として極限環境に於いて物理的・化学的破壊に大変強い素材（素材的ハード）を用いて、かつ電子系・光学系特性の劣化しない（電子的ハード、光学的ハード）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。

[平成12年度研究計画]

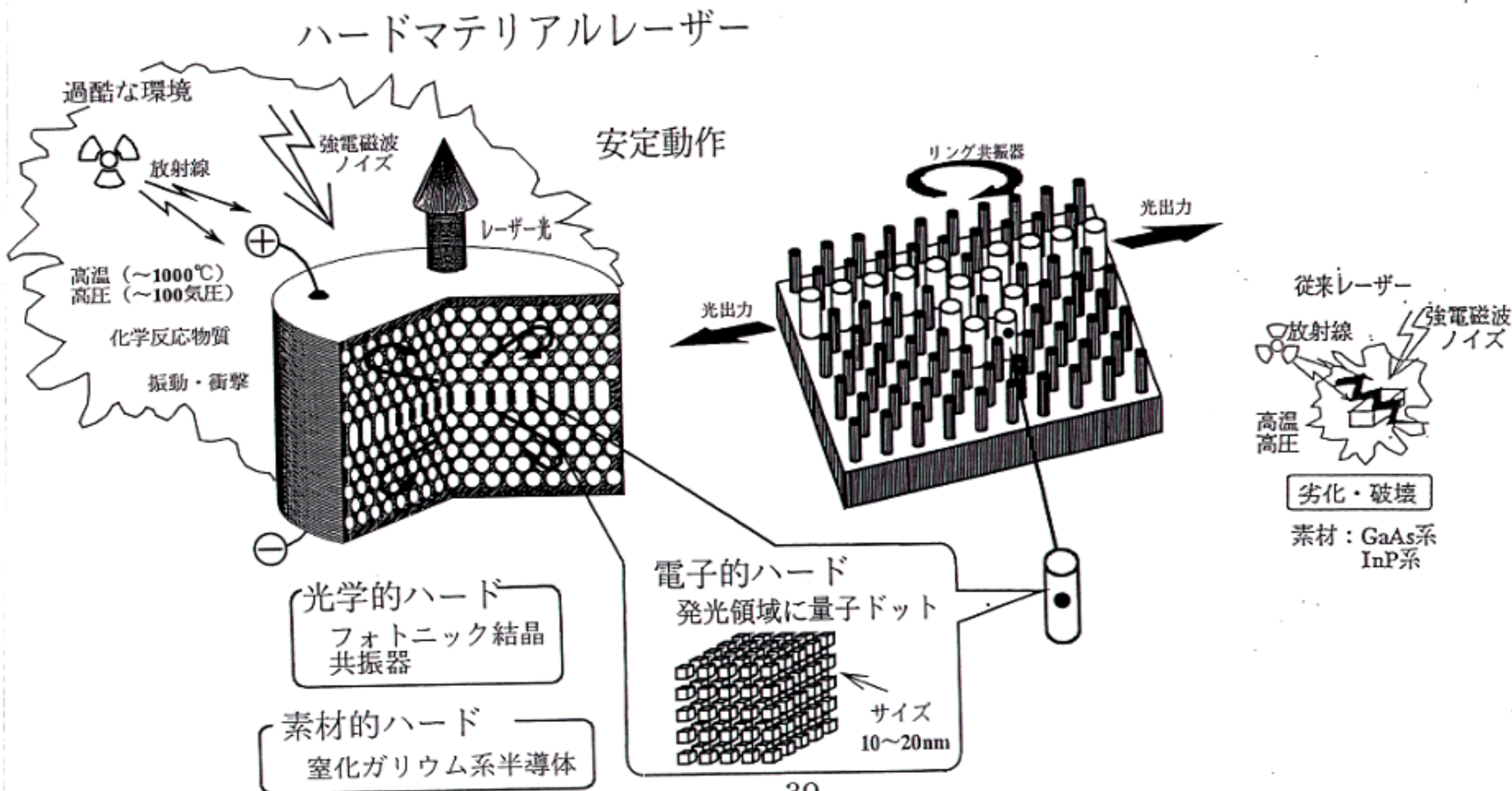
平成12年度は、GaN系極微構造の光学特性を評価するシステムを新たに構築し、光学特性の評価から、極微量子構造のサイズ、サイズ揺らぎ、損傷等を評価する。さらに、GaN系素材を用いたフォトニック結晶構造の作製法を考案し、試作を行う。

[平成12年度概算要求]

	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	14,298千円	3,298千円
（内 訳）		
（1）設備備品費	11,000千円	0千円
（2）消耗品費	3,298千円	3,298千円

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、宇宙ロケット等の超高温・高温、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耐環境レーザーを意味し、本研究では、1)素材的ハードさ（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る）、2)電子的ハードさ（電子を数個単位で量子箱構造内に閉じこめ、高温・強電磁波の環境でも電子系特性が劣化しない）、3)光学的ハードさ（フォトニック結晶構造を付与して、局在化を図り、光放射の安定・放射寿命の制御を行う）を備えた材料の研究開発を行う。



(2) 放射線リスク評価・低減化技術の開発研究

①放射性ナノ粒子の計測・制御技術の開発

[研究の目的]

ナノメートル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トル以下の粒径測定が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12年度研究計画]

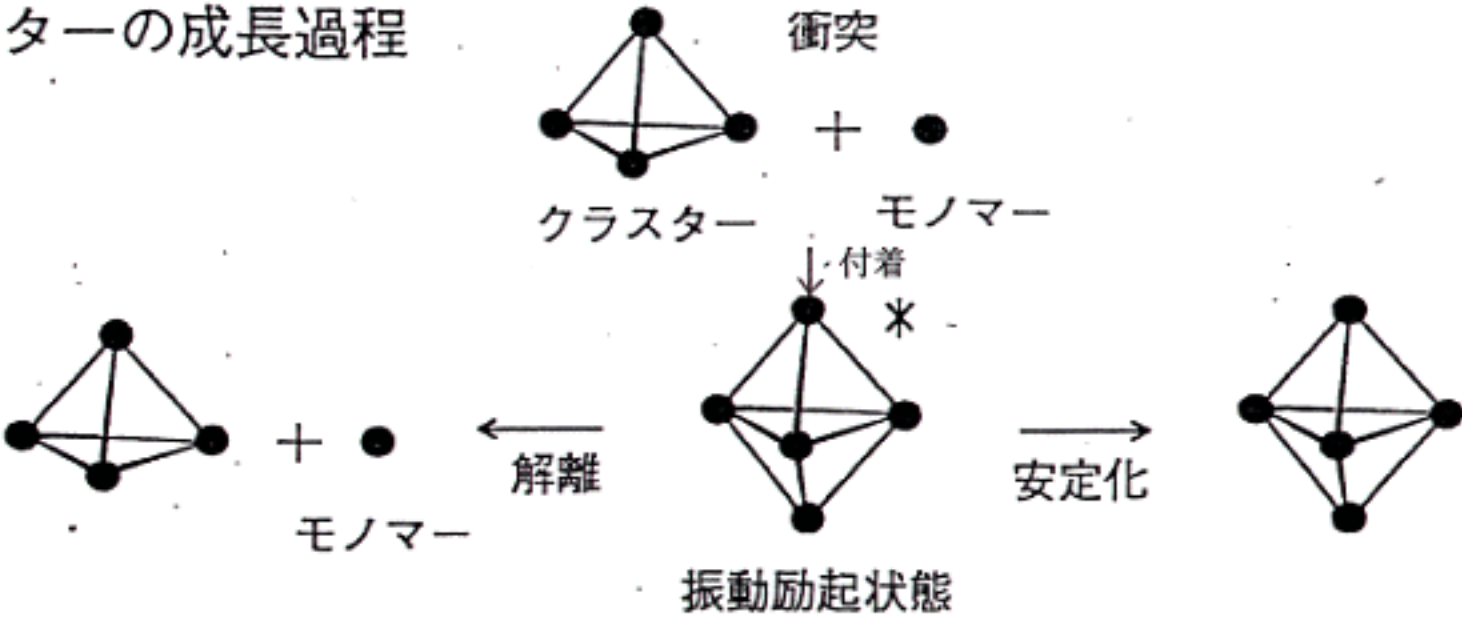
平成12年度は、クラスターの成長ダイナミクスを調べるために、クラスターのサイズを選別し、成長にともなう質量変化を測定する装置を開発する。

[平成12年度概算要求]

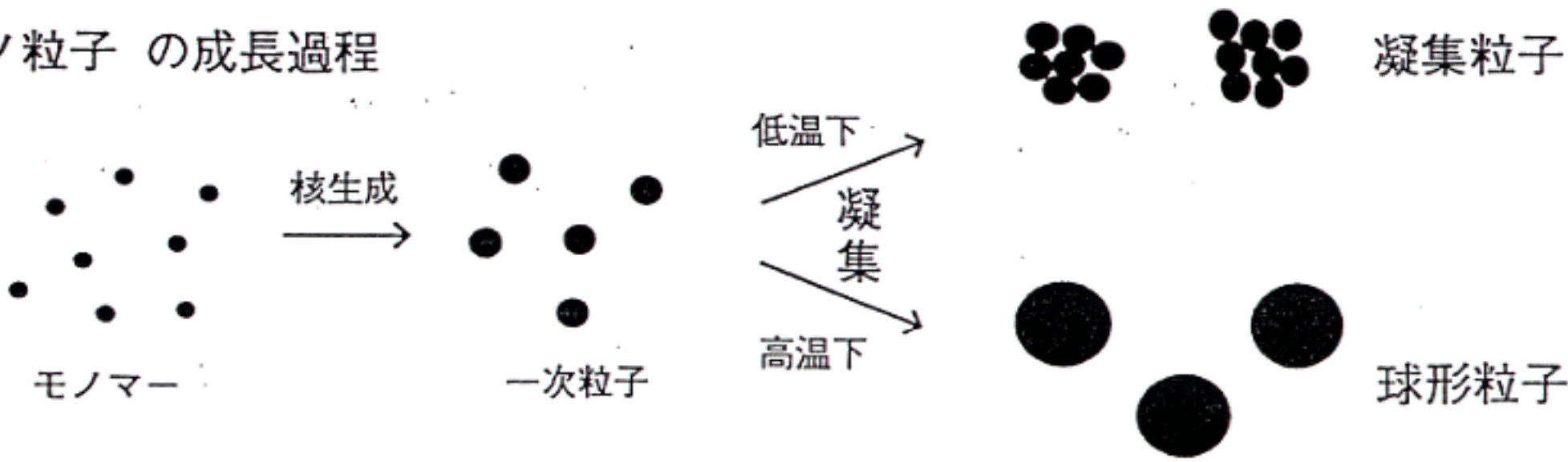
	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	60,973千円	37,973千円
(内 訳)		
(1) 設備備品費	23,000千円	0千円
(2) 消耗品費	18,808千円	18,808千円
(3) 業務委託費	19,165千円	19,165千円

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) 原子力基盤クロスオーバー研究

①高品質陽電子ビームの高度化及び応用研究 (偏極陽電子ビームの利用技術の高度化及び応用研究)

[研究の目的]

理研では、サイクロトロンによるイオンビームを用いて、固体、気体、液体ターゲットによる陽電子ビームを高強度に発生させる技術を開発してきた。本研究では、最良の結果が得られている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。

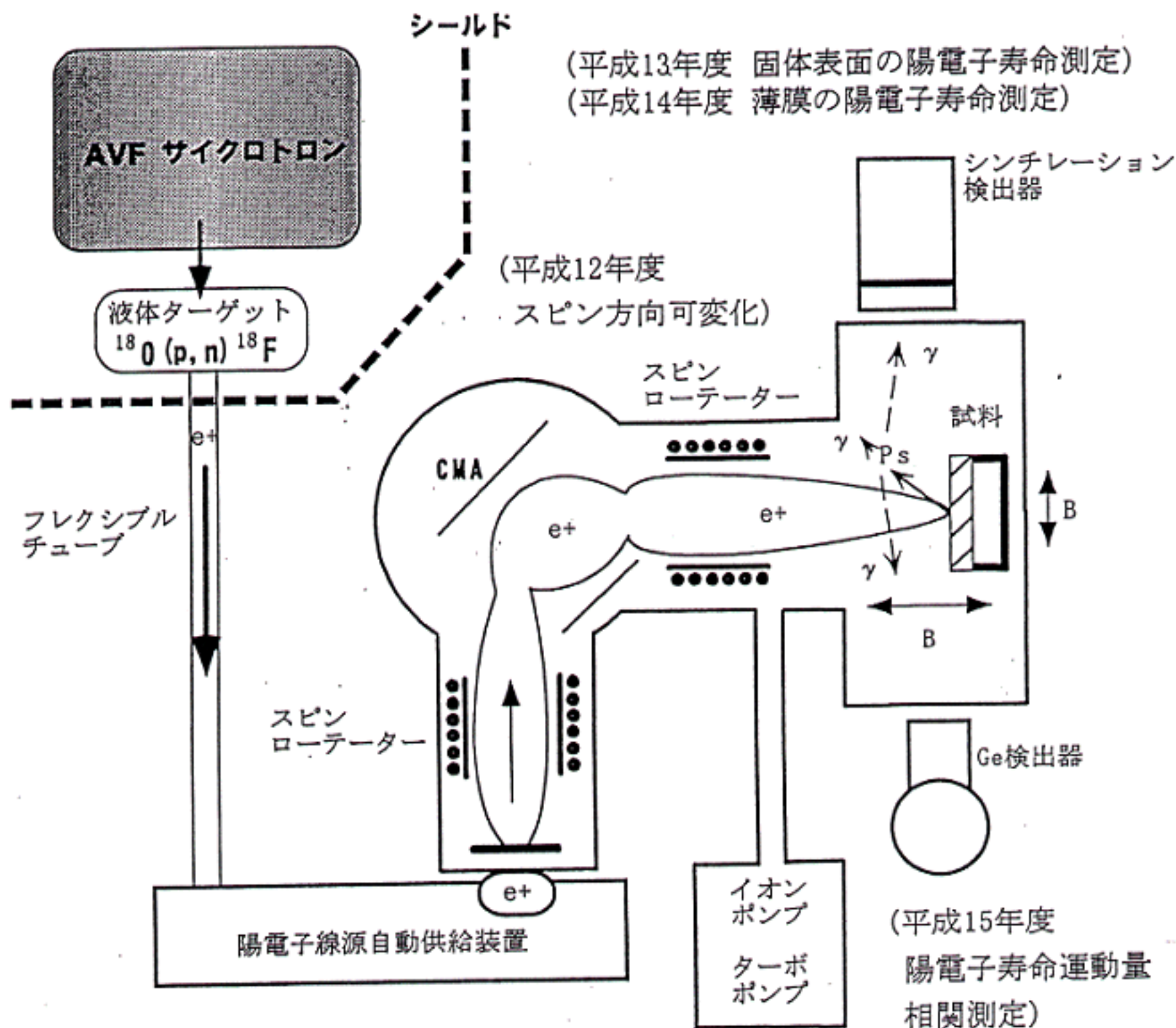
[平成12年度研究計画]

平成12年度は、超高真空による静電場輸送型陽電子ビーム発生装置を試作する。

[平成12年度概算要求]	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	9,453千円	9,398千円
(内 訳)		
(1) 設備備品費	3,000千円	3,000千円
(2) 消耗品費	1,000千円	1,000千円
(3) 若手研究者招聘費	5,453千円	5,398千円

項目名 高品質陽電子ビームの高度化及び応用研究
 (偏極陽電子ビームの利用技術の高度化及び応用研究)

静電輸送型陽電子ビーム発生装置



②マルチトレーサーの製造技術の高度化及び利用研究

(マルチトレーサーの自動分離装置の開発及び新規計測手法への利用研究)

[研究の目的]

理化学研究所ではリングサイクロトロンを用いたマルチトレーサー製造およびその利用研究を推進してきたが、リングサイクロトロンでは得られない新規のトレーサーの供給が強く望まれている。これらのニーズに対応するため、原子炉を利用したマルチトレーサー製造を新規に行い、且つマルチトレーサーの安定的かつ迅速供給を実現するためマルチトレーサーの自動化学分離装置の開発を行う。また、マルチトレーサー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同時ガンマ線イメージング装置の製作を行う。

[平成12年度研究計画]

平成12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サー製造技術の高度化、及び複数核種同時ガンマ線イメージング装置の検出器の開発に着手する。

[平成12年度概算要求]

平成12年度要求額

平成11年度予算額

概算要求総額

27,906千円

15,698千円

(内 訳)

(1) 設備備品費

7,000千円

7,000千円

(2) 消耗品費

4,650千円

4,650千円

(3) 若手研究者招聘費

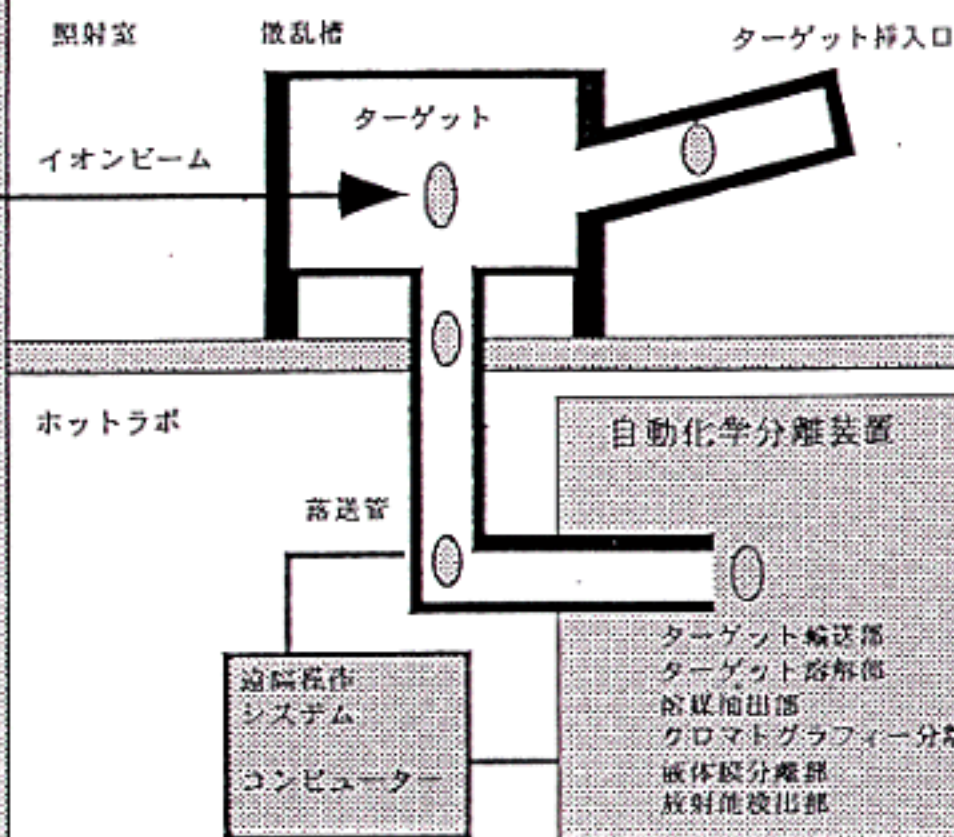
16,256千円

4,048千円

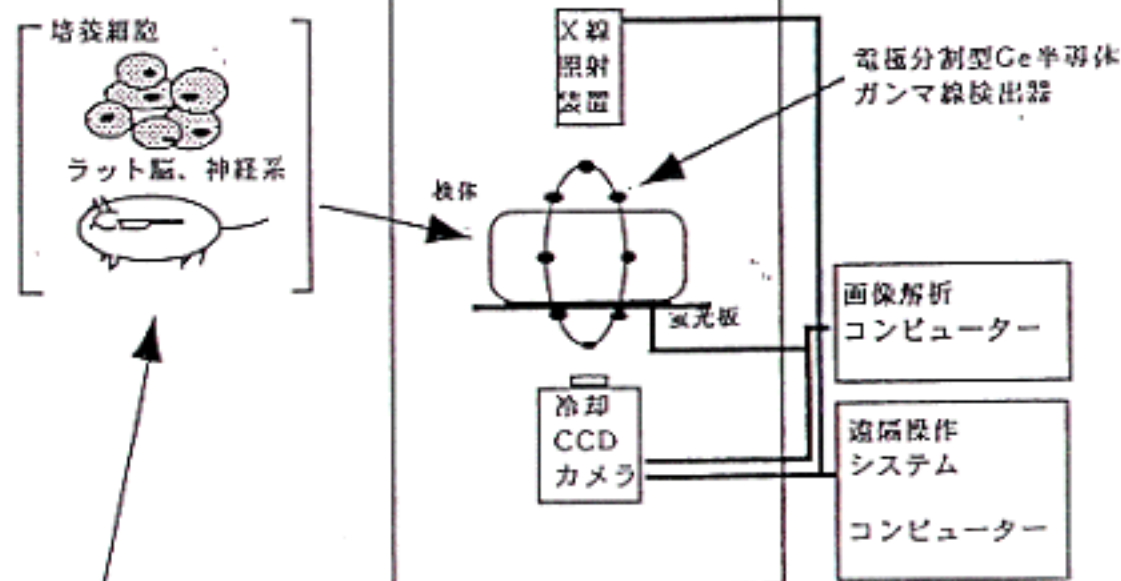
項目名 マルチトレーサーの製造技術の高度化及び利用研究

(マルチトレーサーの自動分離装置の開発及び新規計測手法への利用研究)

落送管式ビームライン用照射システム



マルチトレーサーガンマ線断層イメージング装置(MT-GEI) 置



マルチトレーサー、グループトレーサー

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)

〔研究の目的〕

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。これらDNA修復促進機構や変異誘発抑制機構の可視化・モデル化は放射線リスク評価には極めて有用と考えられる。

本研究では、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。

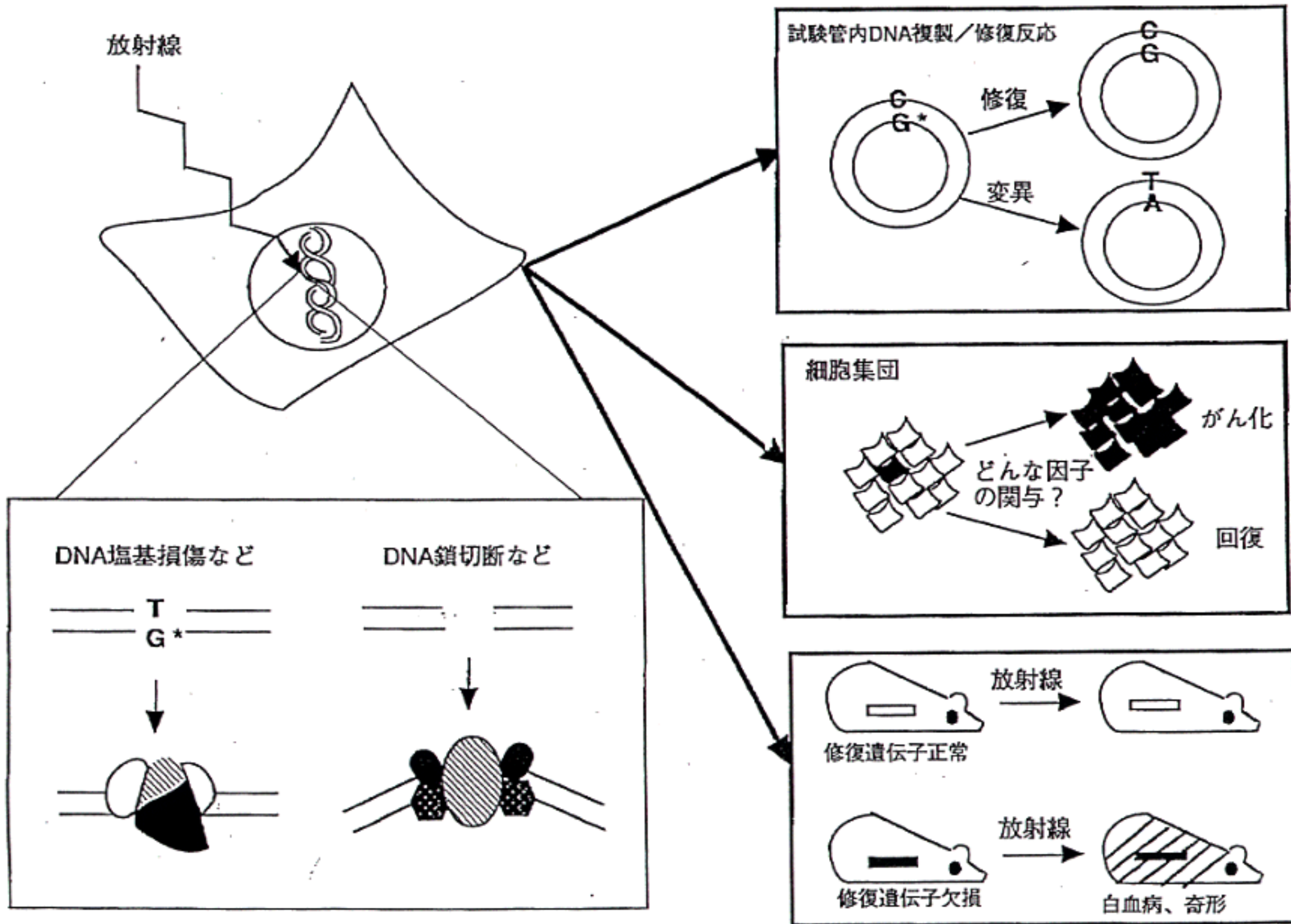
〔平成12年度研究計画〕

平成12年度は、前年度より引き続き生体内での修復や突然変異を反映する試験管内プラスミドDNA複製系の構築を目指しているが、本年度はこの系に用いる細胞粗抽出液中で修復促進や変異抑制に寄与する重要な因子の同定・分析を中心に研究をすすめる。

〔平成12年度概算要求〕

	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	10,223千円	9,343千円
(内 訳)		
(1) 設備備品費	6,500千円	6,500千円
(2) 消耗品費	1,962千円	1,962千円
(3) 雑役務費	1,761千円	881千円

項目名 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)



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)

[研究の目的]

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-微生物複合系（ファイトエコシステム）を用いて回収するバイオリ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12年度研究計画]

平成12年度は、複合系を構成する植物および糸状菌や酵母などの微生物における、核種移行に関与する様々なファクターについて追及する。また、核種の植物、微生物での蓄積について、組織・細胞レベルで解析する。さらに、元素の取り込み・蓄積のメカニズムの解析を進める。

[平成12年度概算要求]

	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	9,607千円	9,607千円
(内 訳)		
(1) 設備備品費	5,500千円	7,500千円
(2) 消耗品費	3,607千円	1,607千円
(3) 諸経費	500千円	500千円

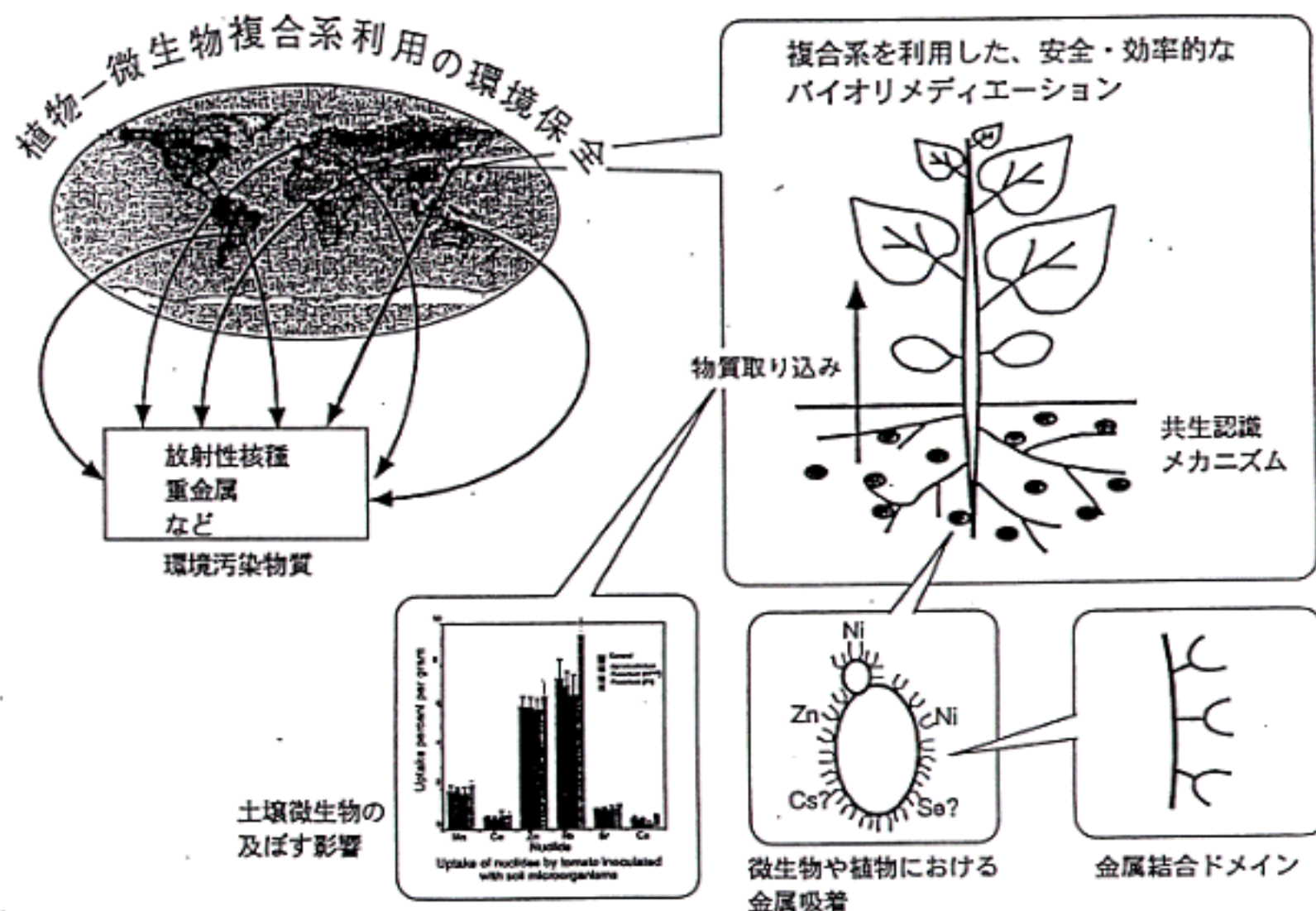
項目名 放射性核種の土壌生態圏における動的解析モデルの研究
(複合系における核種移行及び動的解析モデルに関する研究)

① 植物-微生物複合系（ファイトエコシステム）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。

② 複合系を構成する植物、微生物などの生体内における核種蓄積部位の組織・細胞レベルでの解析。

③ 複合系における核種取り込み・蓄積メカニズムの物質・分子レベルでの解析。

④ 取り込み・蓄積に関与するタンパク質等生産能の複合系への導入などにより、より安定で効率的な環境保全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)

[研究の目的]

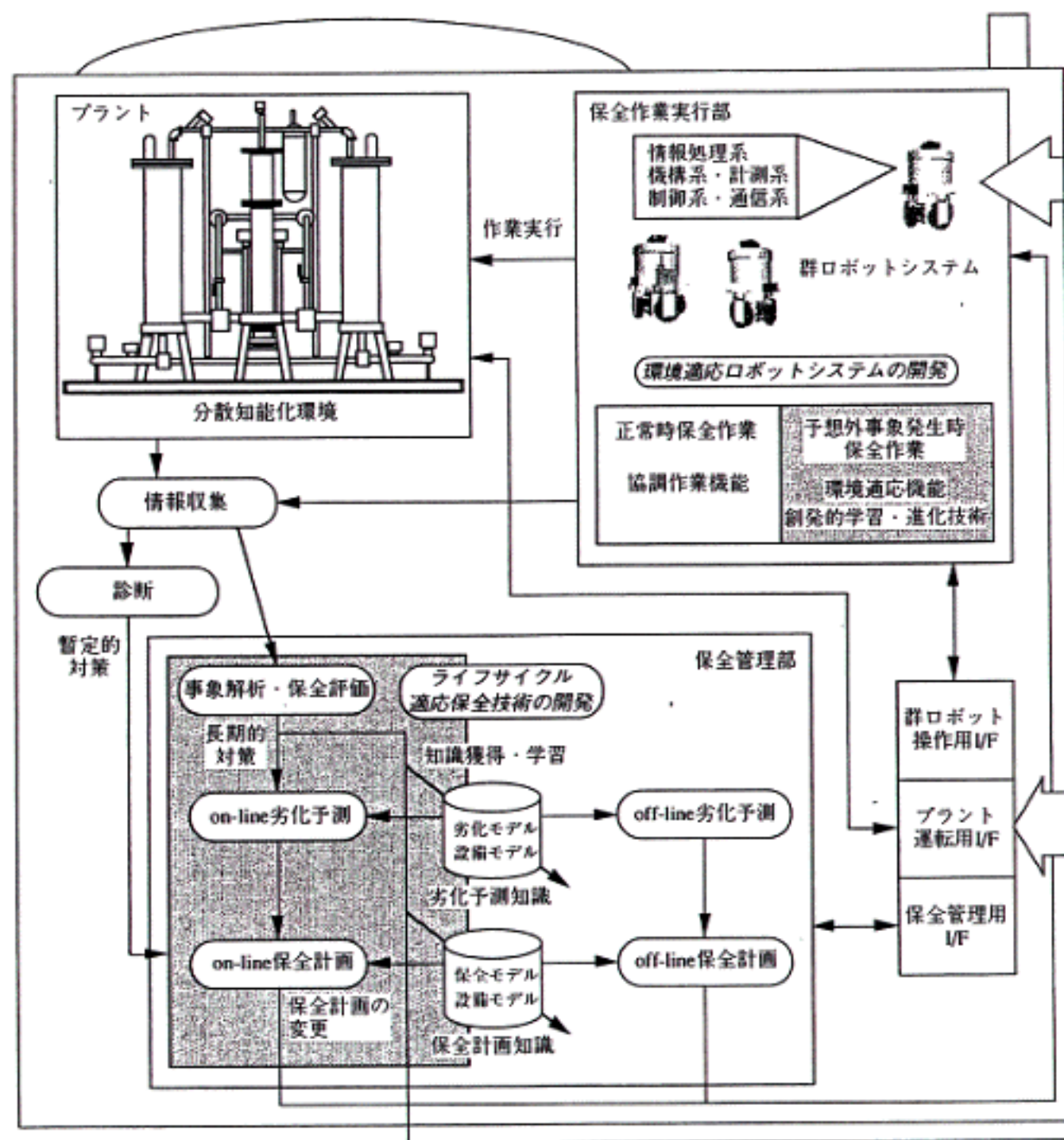
原子力プラントの状態検出に応じて保全の計画を柔軟に変更するためのライフサイクル保全技術開発、予想外のプラント内環境の変化が生じてロボット群で保全を柔軟に実行するための学習機能を伴う環境適応ロボットシステムの開発、さらには極限環境でも信頼性／耐故障性に優れる極限環境ロボット要素技術開発を行い、これらの知能化技術を統合的に原子力プラントに適用することによって、予測と異なった状況での保全計画機能や異常時も含めた作業実行機能が確保された、総合的な原子力プラントの知能化の方法論の確立を図る。

[平成12年度研究計画]

平成12年度は、環境適応ロボットシステム技術として群ロボット適応通信システム、適応学習視覚システムの開発、検討、試作を行う。

[平成12年度概算要求]	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	35,500千円	15,250千円
(内 訳)		
(1) 設備備品費	20,139千円	0千円
(2) 消耗品費	4,455千円	4,455千円
(3) 外部研究者招聘費	10,906千円	10,795千円

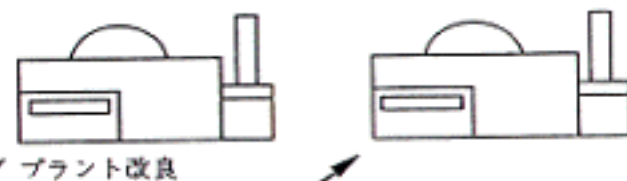
項目名 人間共存型プラントのための知能化技術の開発
(ロボット群を用いた適応型保全システムの開発研究)



極限環境ロボット要素技術の開発

ロボット群を用いた
適応型保全システムの開発研究

第3期（平成11年度～15年度）で
研究開発を行う部分
（予想外事象発生時に特に重要となる）



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連成問題のシミュレーション技法の開発)

〔研究の目的〕

原子力機器の信頼性、安全評価技術の高度化、機器の長寿命化による経済性の向上等が要求されており、原子力用機器寿命の高精度な予測の技術開発が必要とされている。

本研究では、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、熱流動と腐食き裂の関係を明らかにし、き裂の成長を精度良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。

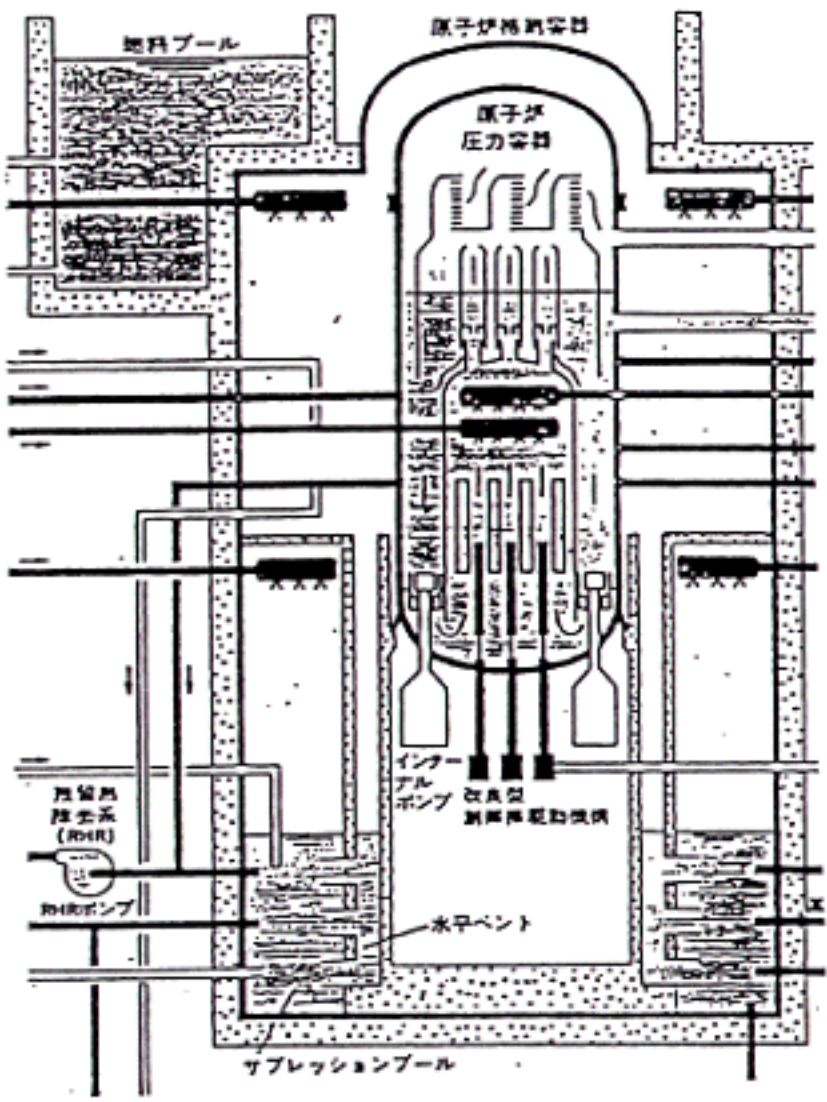
〔平成12年度研究計画〕

平成12年度は、開発を行った、固体内の熱伝導と変形を精度よく計算できる非線形・弾塑性FEMコードと、高温高圧下での乱流現象を精度よく求め、不均一な温度分布の計算を可能にする流体コードを、既知の実験と比較し、検証を行うとともにモデルの精度向上を図る。

〔平成12年度概算要求〕

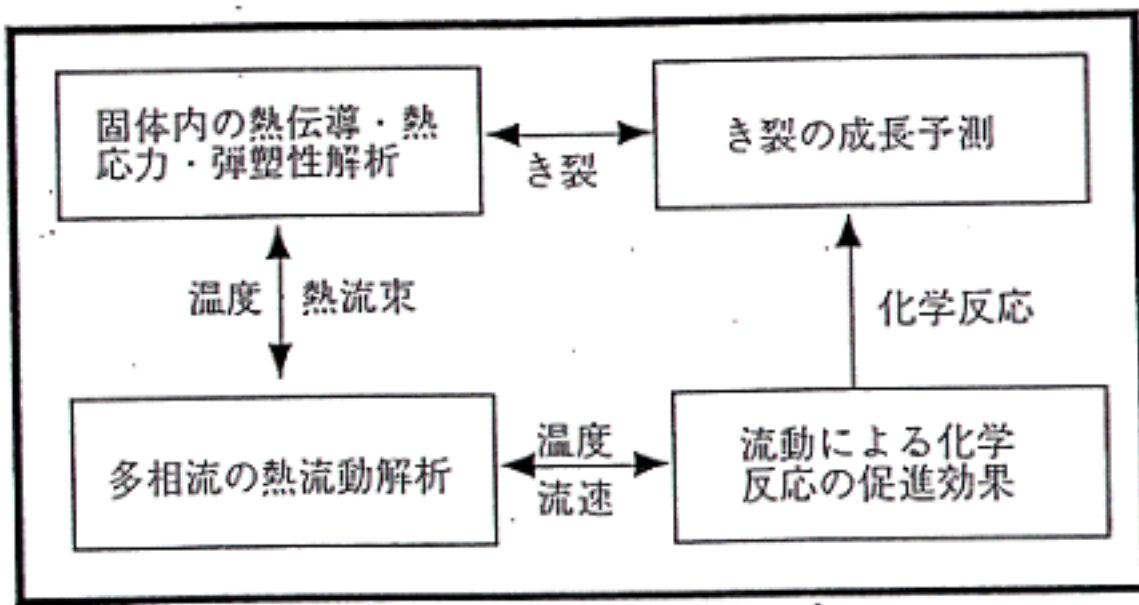
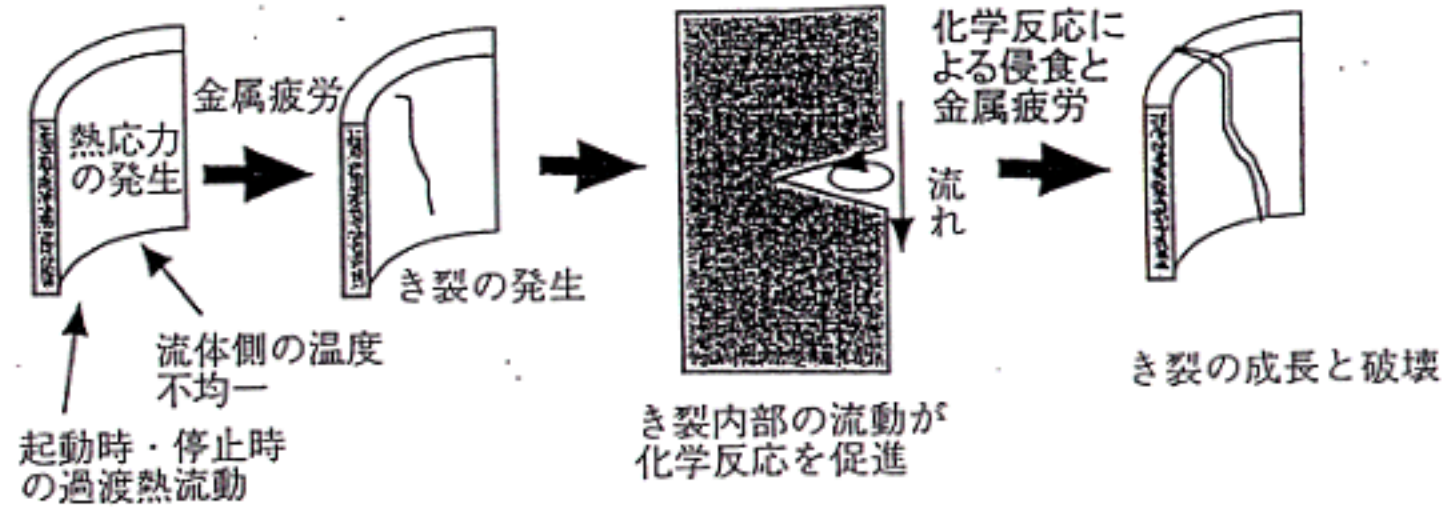
	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	40,393千円	14,398千円
(内 訳)		
(1) 設備備品費	5,200千円	5,200千円
(2) 消耗品費	606千円	606千円
(3) 業務委託費	12,776千円	3,194千円
(4) 若手研究者招聘費	21,811千円	5,398千円

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
 (流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)



改良型BWR

原子力機器のき裂発生から破壊にいたるまで



機器の寿命予測

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)

[研究の目的]

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。近年、フェムト秒レーザーの登場により極短時間領域の現象が解明されつつあるが、さらにそれより短いアト秒パルスレーザーを利用することによってこのような原子力分野における劣化過程の解析が飛躍的に進展する。また、アト秒パルスを利用した分子・クラスターなどのダイナミックな構造解析により、その生成・成長過程を把握し、原子力分野に有用な新素材の開発に発展させることができる。

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。

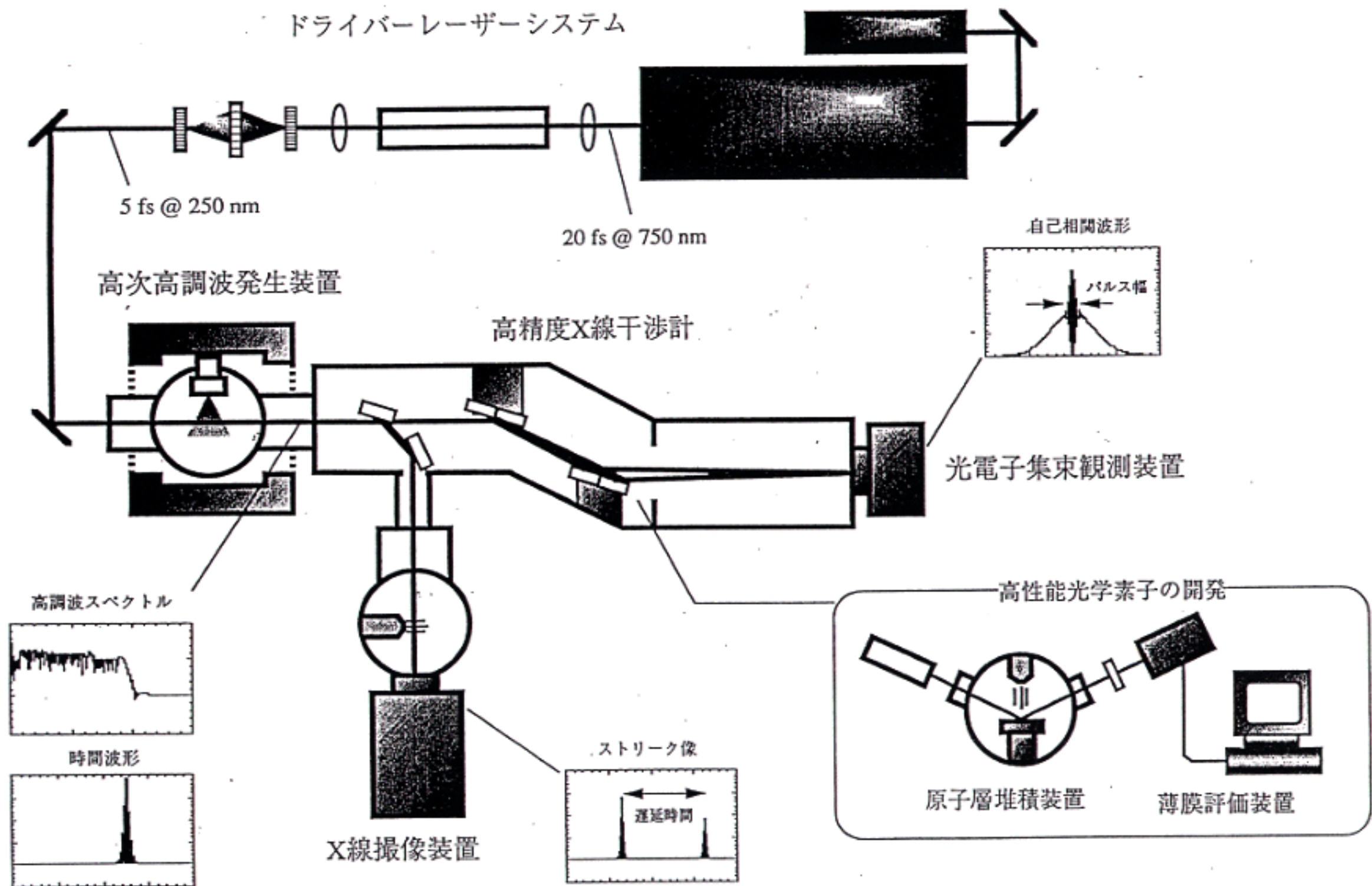
[平成12年度研究計画]

高次高調波発生装置を試作し、前年度開発のドライバレーザーと組み合わせて高次高調波発生実験を行い、この結果をもとにアト秒パルス発生に適した高調波成分とその発生条件について検討する。また、相関法によるアト秒パルス幅計測のための高精度干渉計を開発する。

[平成12年度概算要求]

	平成12年度要求額	平成11年度予算額
概算要求総額	31,470千円	25,962千円
(内 訳)		
(1) 設備備品費	17,772千円	17,772千円
(2) 消耗品費	2,792千円	2,792千円
(3) 外部研究者招聘費	10,906千円	5,398千円

項目名 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)



⑧原子力基盤技術総合的研究推進費

[研究の目的]

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12年度概算要求]

平成12年度要求額

平成11年度予算額

概算要求総額

28,057千円

33,495千円

(内 訳)

(1) 研究交流委員会開催費	2 交流委	2 回	1,691千円	0千円
(2) 研究会	2 研究会	1 回	3,525千円	3,525千円
(3) 大学連携研究費	2 大学		2,800千円	3,000千円
(4) 研究分科会開催費			0千円	2,005千円

[エネルギー対策関係費]

(1) 研究交流委員会開催費	5 交流委	2 回	4,228千円	3,382千円
(2) 研究会	5 研究会	1 回	8,813千円	8,227千円
(3) 大学連携研究費	5 大学		7,000千円	7,000千円
(4) 推進委員会開催費			0千円	1,676千円
(5) 研究分科会開催費			0千円	4,680千円

5. 機動的先端研究（継続）

(1) バイオクロストーク機能研究

〔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R I ビームの利用に役立てる。

本研究は、理研の研究ポテンシャルを基盤に、理研内外の優れた研究者を一定期間集結し、機動的かつ柔軟に研究を推進する機動的先端研究として実施する。

〔平成12年度研究計画〕

マイクロビームの大気中照射技術の開発研究を実施する。

〔平成12年度概算要求〕

平成12年度要求額

平成11年度予算額

概算要求総額

80,229千円

79,766千円

（内 訳）

（1）マイクロビーム大気中照射技術開発費等

32,541千円

32,541千円

（2）研究者経費

47,688千円

47,225千円

マイクロビーム生成照射装置概念図

低エミッタンス
ビーム形成部

本体室

放射線シールド

真空箱

エミッタンス
モニター

真空ポンプ

ダブルスリット

リング
サイクロトロン

