

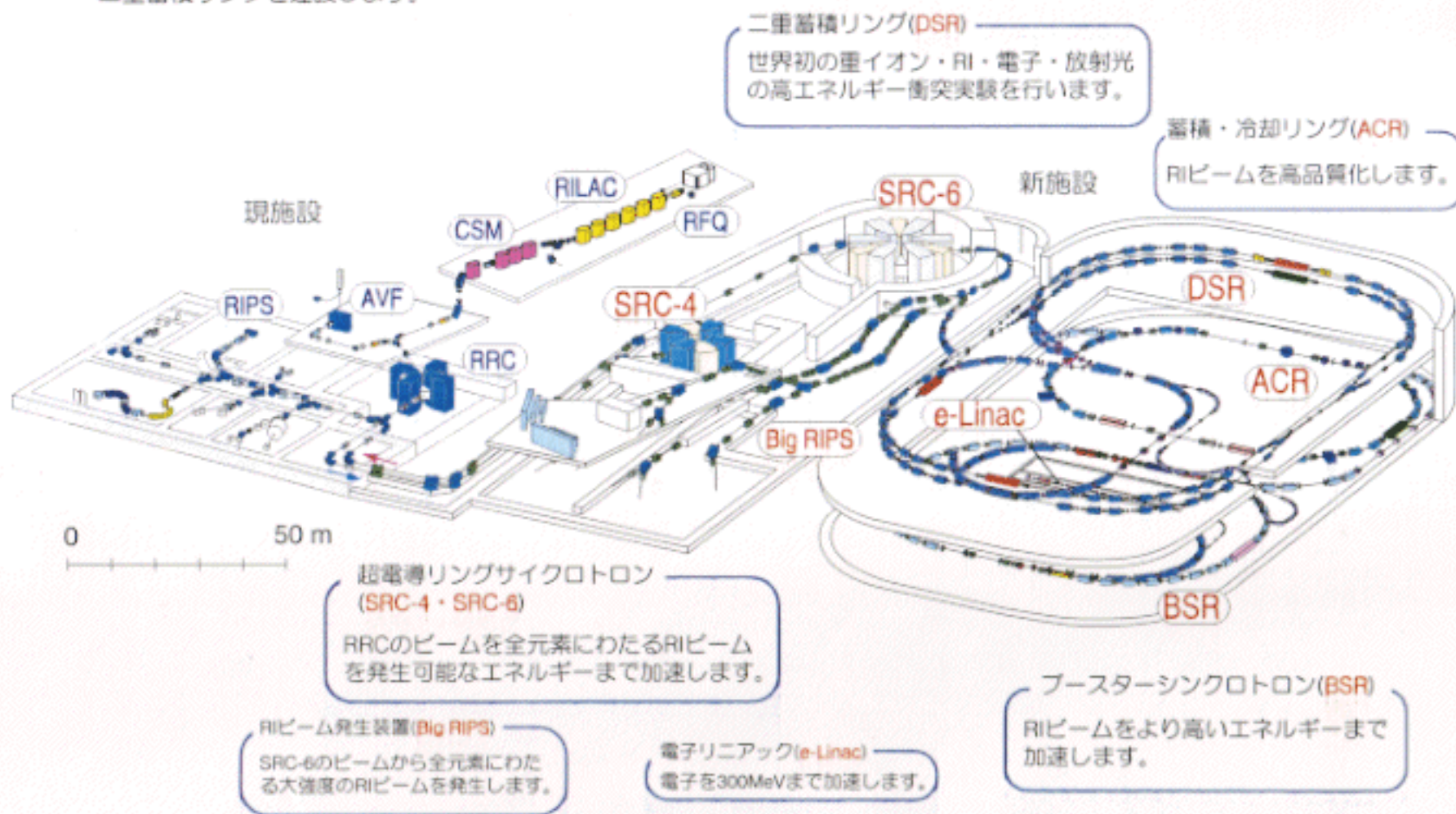
平成11年度研究計画概要

- 1. RIビームファクトリー計画の推進
- 2. 重イオン科学総合研究
 - 重イオン科学総合研究の概要
 - ブルックヘブン国立研究所との研究協力
 - ラザフォード・アップルトン研究所との研究協力
- 3. 原子力基盤技術開発・利用研究
- 4. バイオクロストーク機能研究

RIビームファクトリー計画の推進

RIビームファクトリー概念図

現施設を拡張し、2基の超伝導リングサイクロトロン、蓄積・冷却リング、ブースターシンクロトロン、二重蓄積リングを建設します。



第 1 期年次計画

整備費合計： 245 億円 推進事業費合計： 57 億円

(単位：百万円)

	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14
超伝導 リングサイコロ系				508 (1,902)	1,023	5,369	1,897	371
二重蓄積リ ング系								
ビーム 輸送系							971	979
共通 設備系								635
上記までの 単年度分					11	56	30	21
建屋系			206	255 (1,812)	357	1,571	2,857	3,270
推進事業	55	129	145	490 (945)	490	1,210	1,584	1,716

2 段書きの () 内は補正予算額。

建屋整備(H11年度)

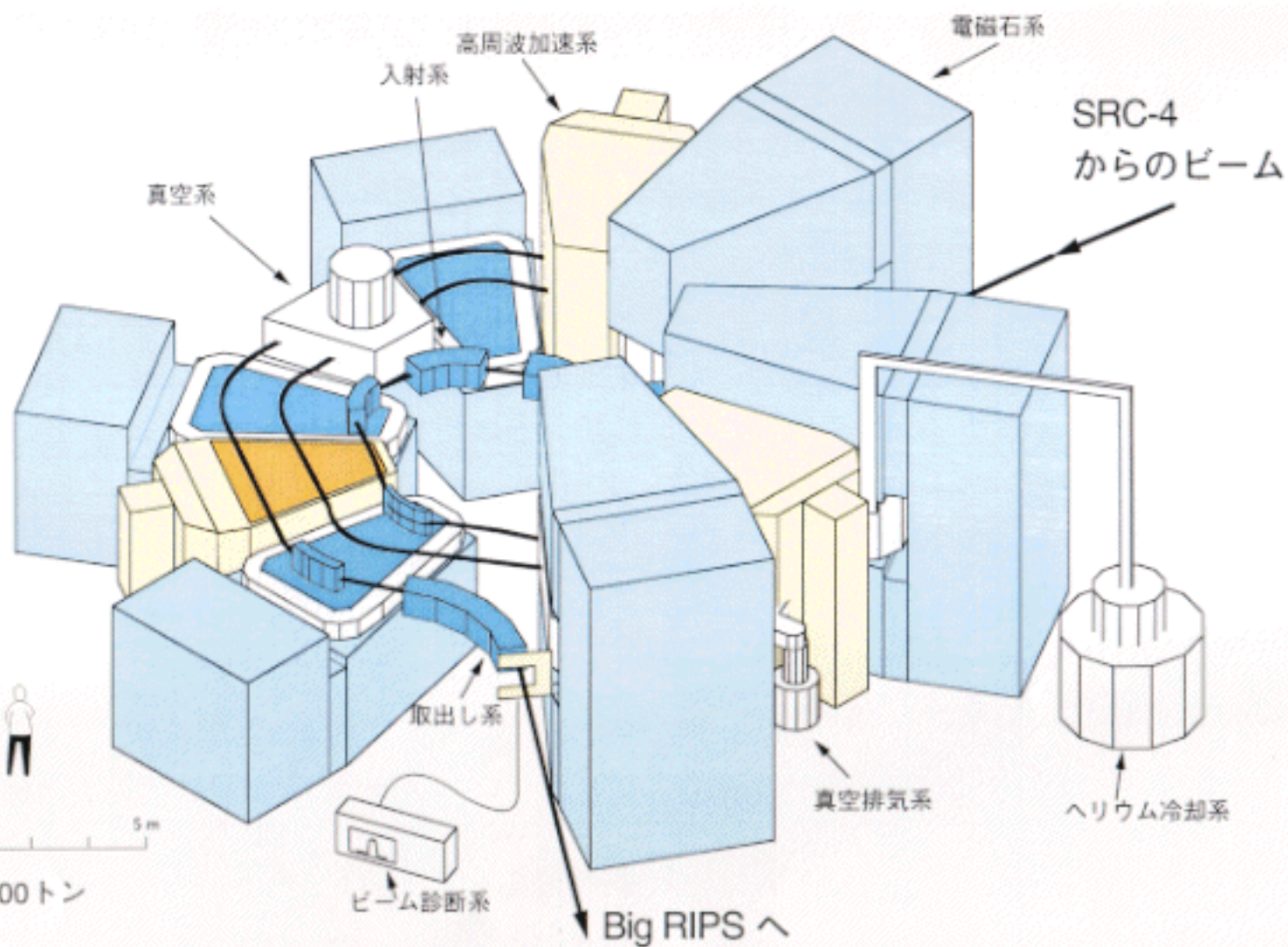
- RIビーム棟第1期分 73億8百万円

平成11年度現金化額 5%
357百万円

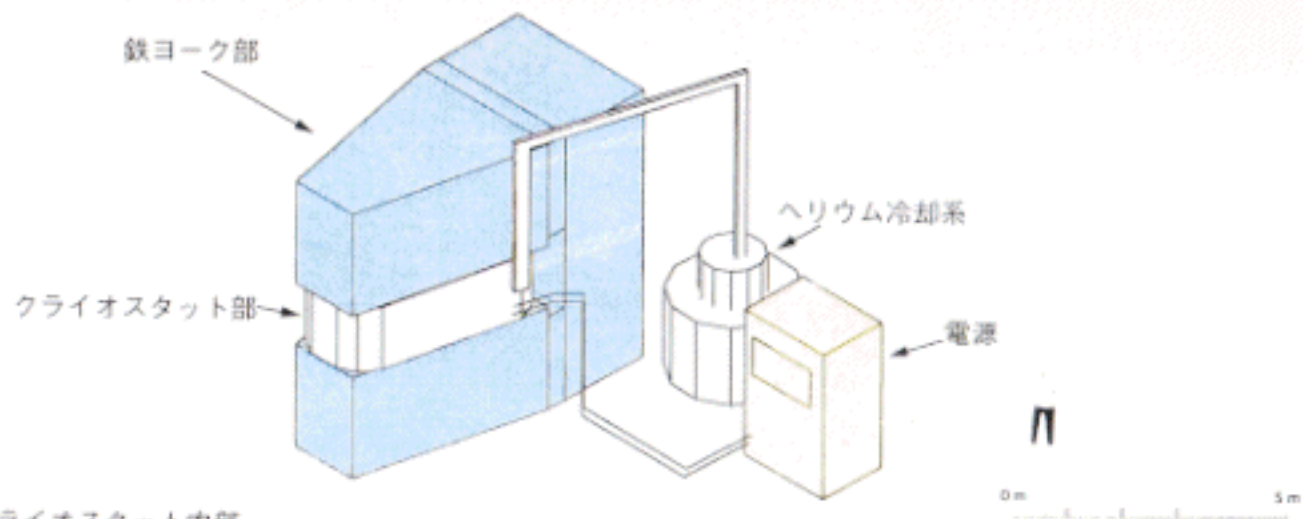
加速器建設(H11年度)

- SRC-4 15%現金化 481百万円
- SRC-6
 - セクター電磁石(クライオ・極低温部)
13%現金化 359百万円
 - セクター電磁石(鉄ヨーク部・総合試験・
総合組立)
12.7%現金化 183百万円

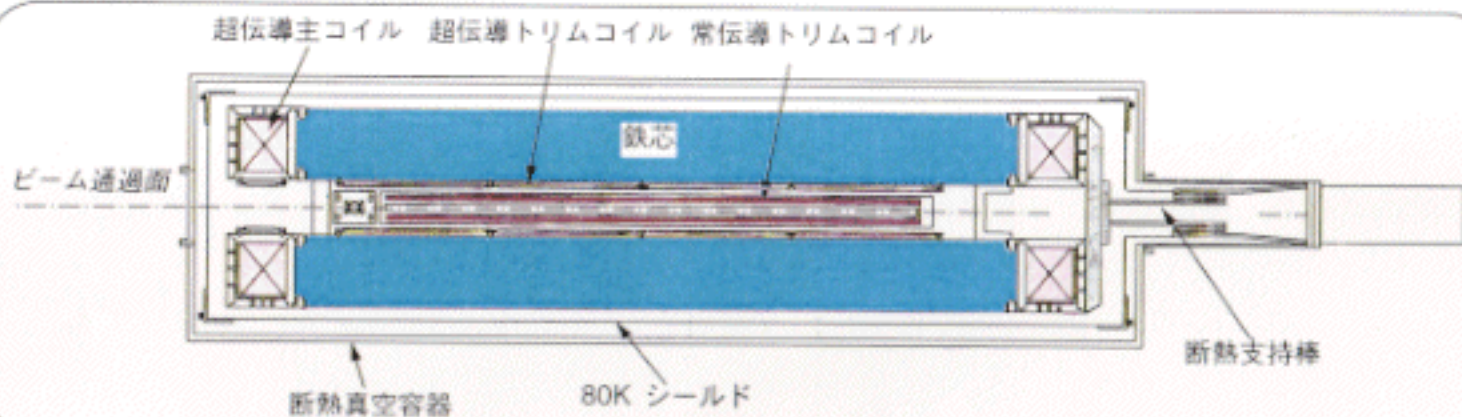
SRC-6 の構成要素



セクター電磁石 (SRC-6)の構成要素



クライオスタット内部



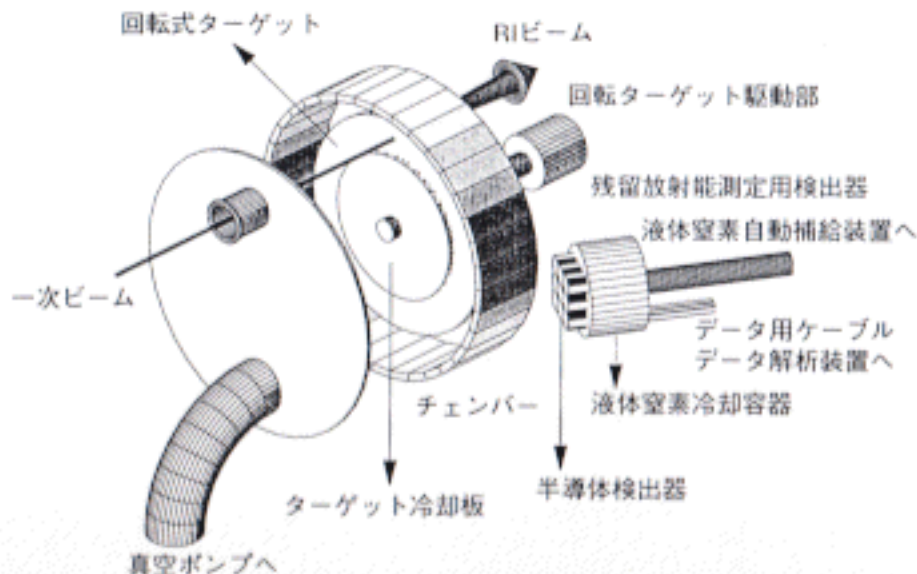
要素技術開発研究(H11年度)

- BigRIPS用モデル電磁石
(170百万円)
- BigRIPS用ターゲットシステム
(80百万円)
- リバンチャー
(100百万円)

Big-RIPS用ターゲットシステム

RIビームファクトリーでは、大強度の高エネルギー重イオンビームをターゲットに照射し、入射核破砕反応によってRIを生成する。ターゲットには重イオンビームによる10KW以上のエネルギーが局所的に付与されるので効率の良い冷却システムの開発が必要となる。同時に、ターゲットは非常に強く放射化される。よってターゲットの交換及びメンテナンス作業は全て遠隔操作によって行わなければならない。これらの要求を満たし、なおかつ信頼性の高いターゲットシステムは現存しない。この様な理由からターゲットシステムの開発を行う。開発は2年度にわたって行われる。平成11年度は詳細な数値シミュレーションを基に冷却システムの設計を行い、試作品を製作する。このターゲットシステムに対して、熱負荷試験を行いシミュレーションの結果と比較する。さらに残留放射能測定を行い、施設の放射線安全対策に必要な不可欠な知見を得る。平成12年度は、前年の成果に基づいて自動交換型のターゲットシステムの設計、試作、熱負荷試験を行う。設計と並行して遠隔操作によるメンテナンスの実現に必要な要素技術の開発を行い、結果を試作品に反映させる。さらにメンテナンス用マニピュレーターを製作し、テストを行う。可能であれば耐久テストも行いたい。

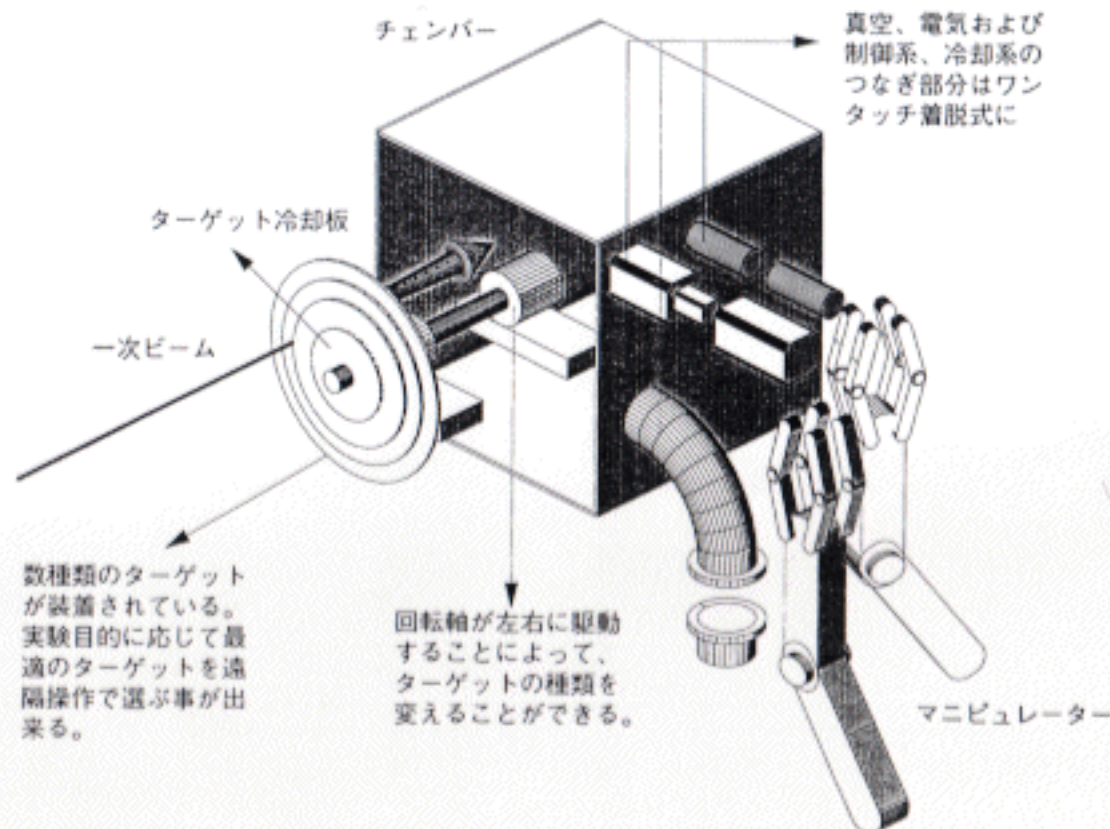
平成11年度
冷却システムの開発
残留放射能測定

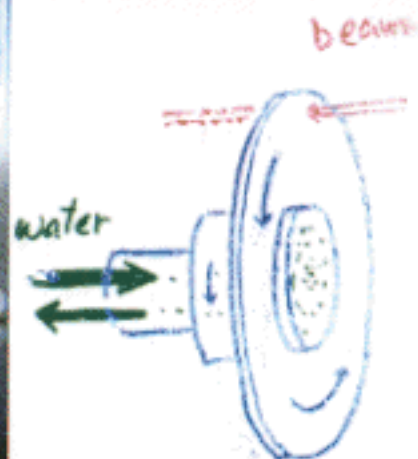
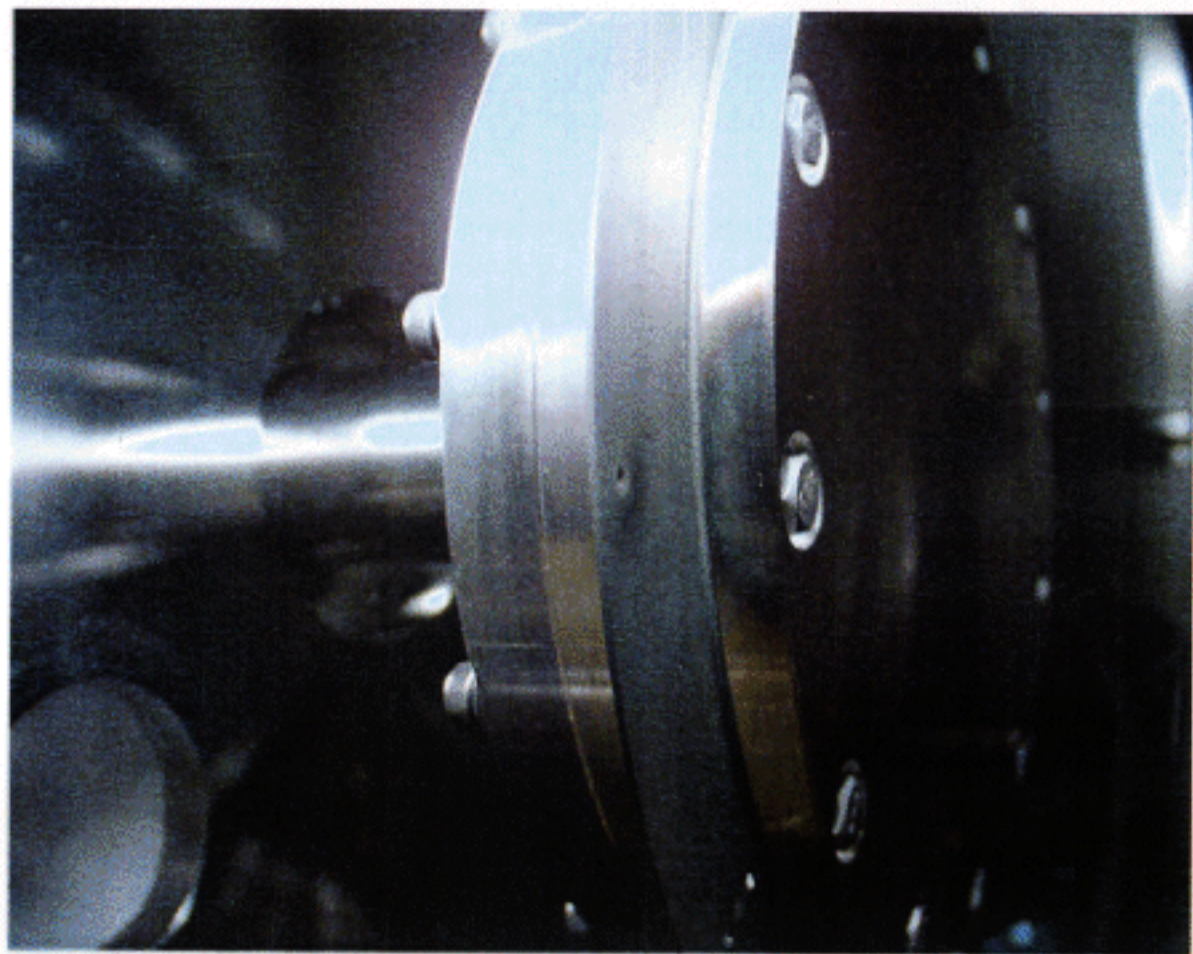


ターゲットが収められるチャンバーの蓋を仮想的に開いた図

Big-RIPS用ターゲットはビームから与えられる熱に対して融けないよう回転式とし、さらに冷却する。効率良い冷却法の開発が必要である。残留放射能値は計算で正確に見積もることはきわめて困難である。施設の安全性確保の観点から、測定は欠かせない。

平成12年度
自動交換型ターゲットシステム
つなぎ部分の要素技術開発
遠隔操作によるメンテナンス方法の確立





$\sim 1 \text{ MW/cm}^2$

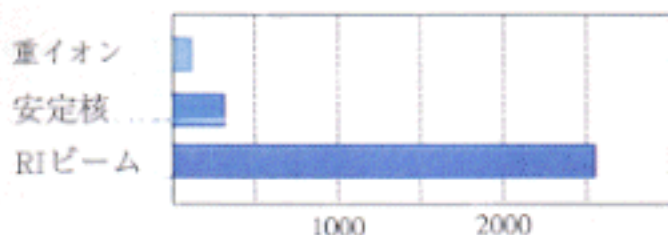
1. RIビームファクトリーとは

ビーム種の制限を打ち破り、
数千種に及ぶアイソトープを使用でき、
研究に最大限の自由度を与えることができる。

その利点を用いて、原子核物理を中心とする
基礎科学、及び応用研究における、
イオン利用の新しい方式を開拓する。

1 利用核種の飛躍的拡大

量が質の変化を呼ぶ



2 RIビームはさらに広いカテゴリーのビームである

3 RIビームの特徴

1. 元素の選択が自由。
2. 植え込みの位置、深さのコントロールが容易。
3. 放射性であるので検出感度が高い。
4. 寿命が選べる。
5. スピンが選べる。

2. RIビームの歴史

1 歴史

- 1974: 入射核破砕反応の発見(Bevatron, Heckmann&Greiner)
- 1985: RIビームによる最初の実験(Bevalac, Tanihata ..)
- 1988: 中性子ハローの発見
- 1990: 理研リングサイクロトロン全施設完成
「世界で最も強いRIビームを供給」

2 RIビームの科学は日本人の手で開拓された。

理研

アメリカ・ミシガン州立大学にあるNSCL

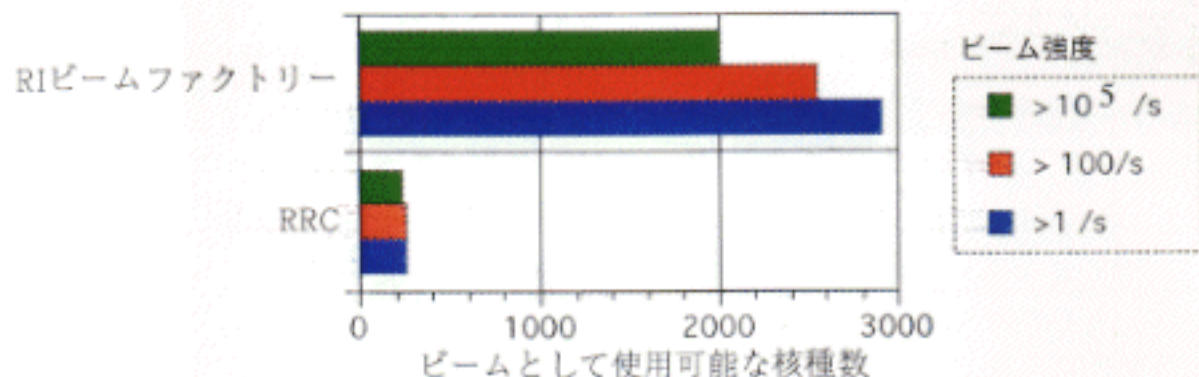
フランス・ガニル研究所(GANIL)、

ドイツ・原子核研究所(GSI)

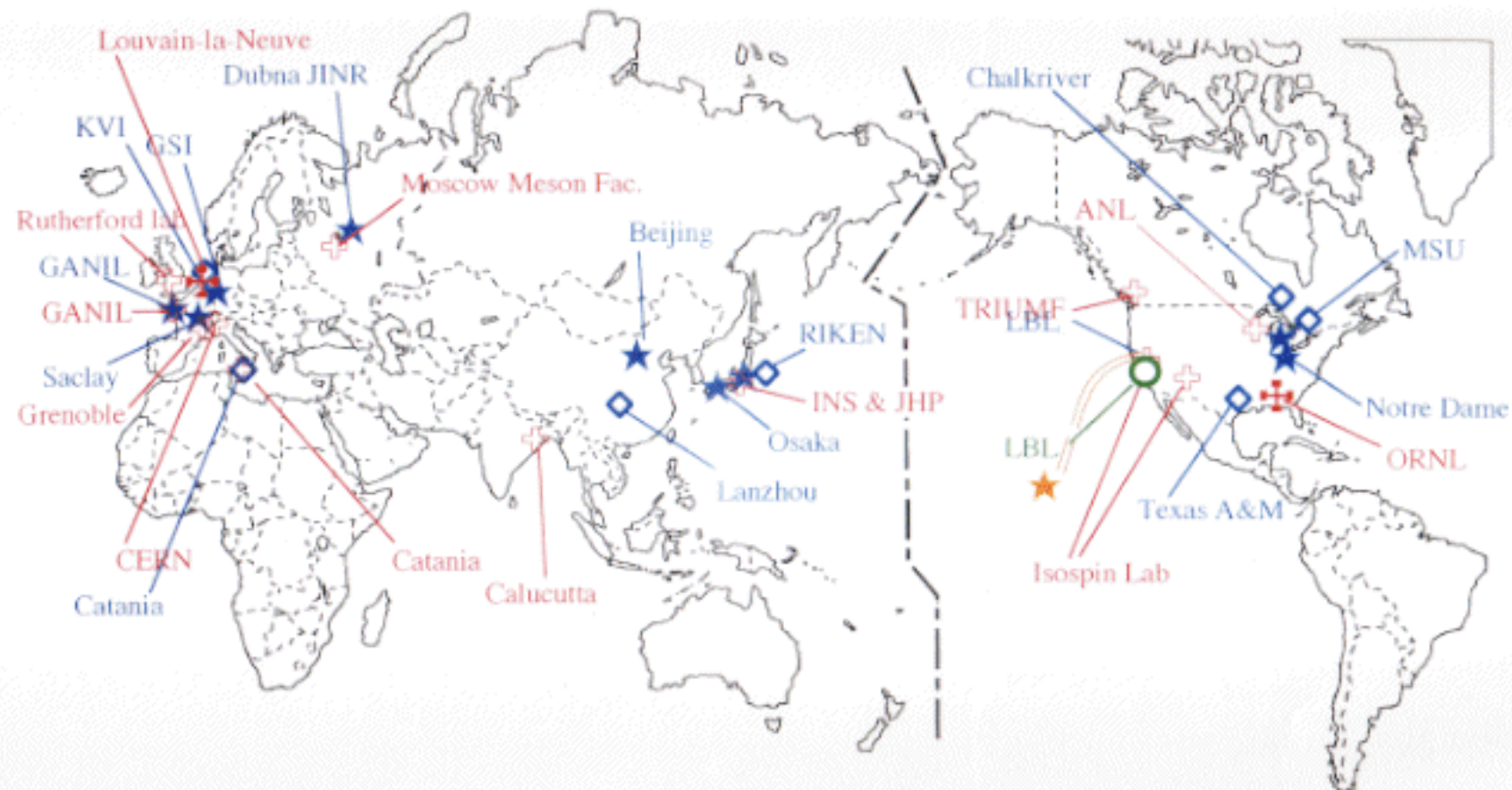
ベルギー・ルーバン新大学

3 現在の優位を保ちつつ世界の流れを作っていく。

4 最も重要なのはそのエネルギーではなく、 使用可能な核の種類とRIビーム強度である。



RIビーム施設をめぐる世界地図



Ten Years Ago

○ Operation starting

Secondary Beam Facilities

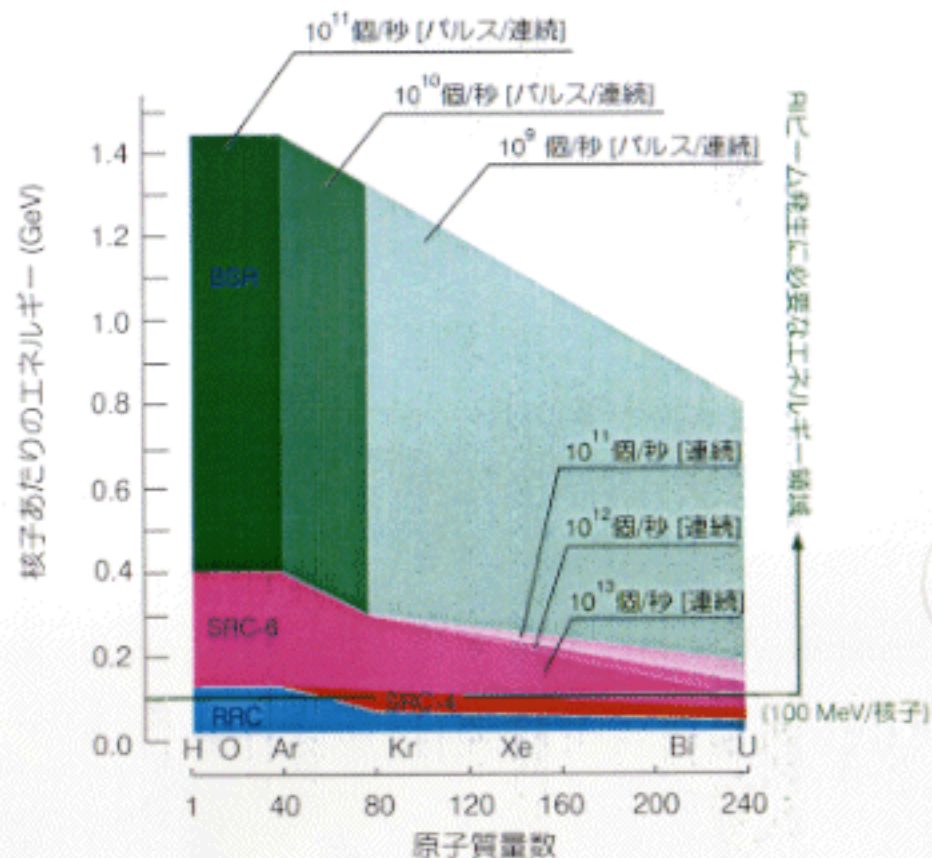
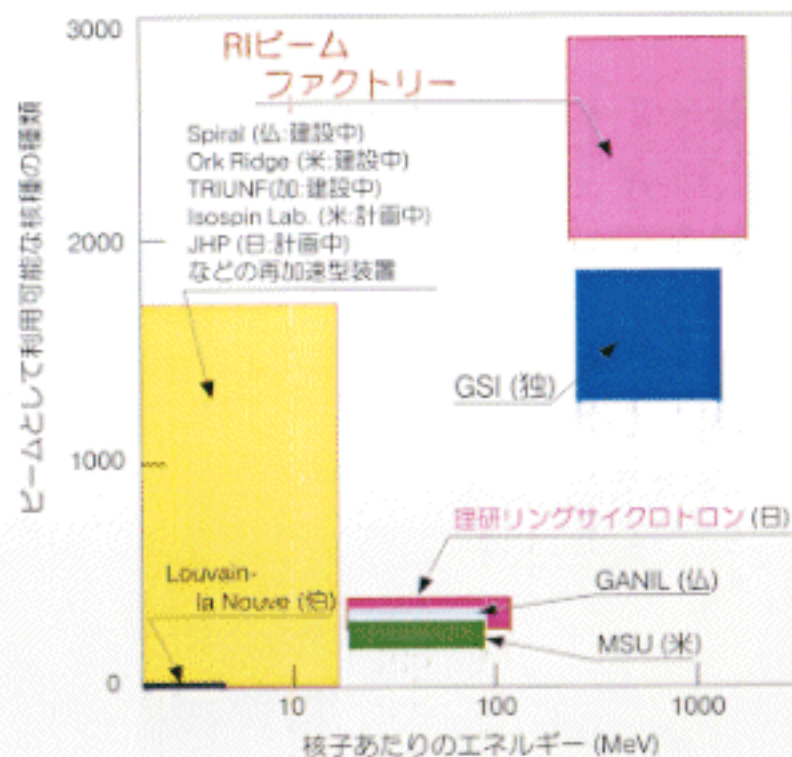
★ Operating
◇ Under construction

Reacceleration Facilities

✚ Operating
✚ Under construction or planning

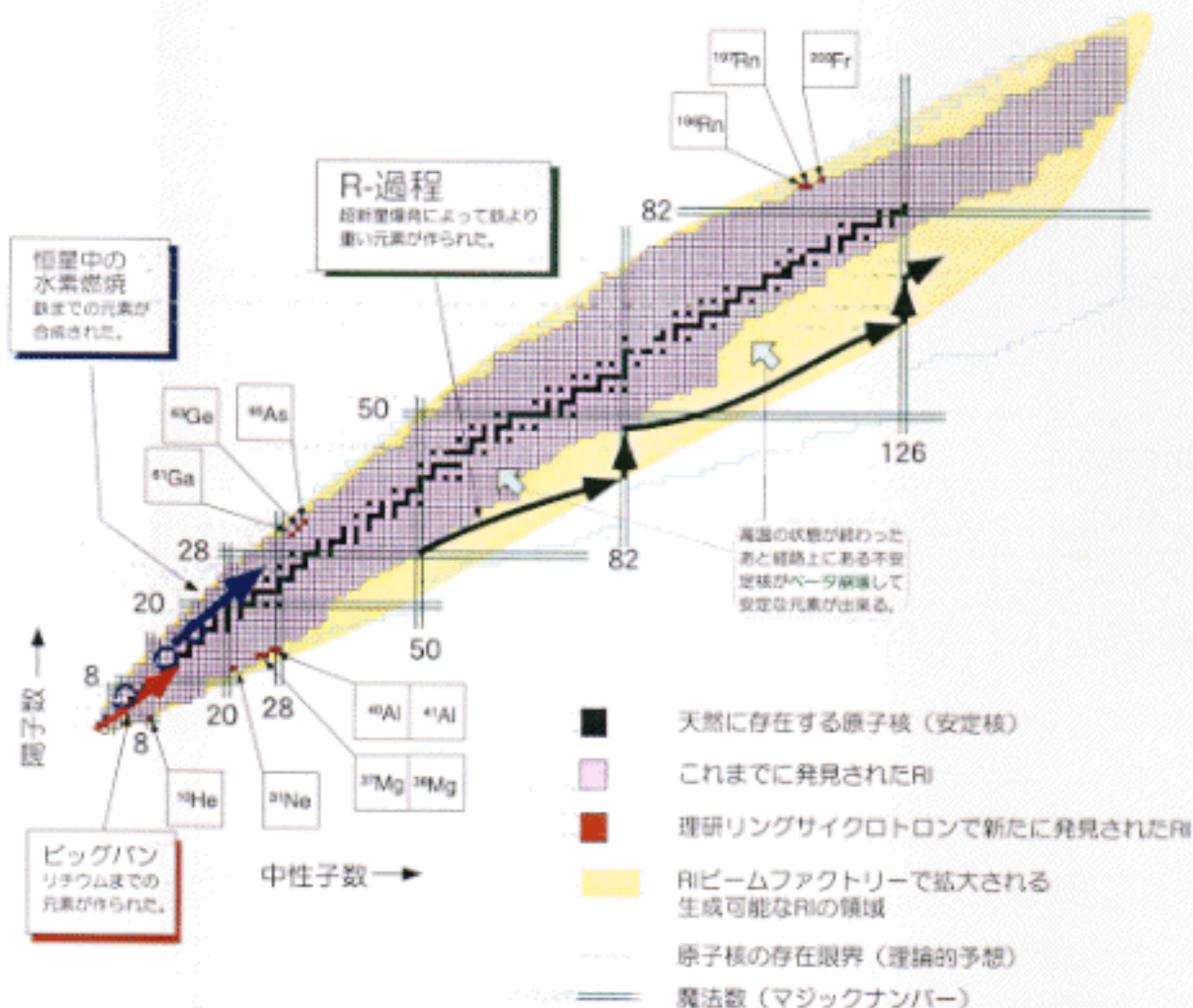
RIビームファクトリーが実現するビーム強度とエネルギー及び、 世界での位置付け

世界最高レベルの加速性能を持つRIビームファクトリーは、その圧倒的な利用核種数により、従来不可能であった様々な研究を可能にし、新しい時代を切り拓きます。

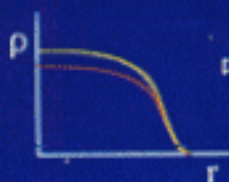
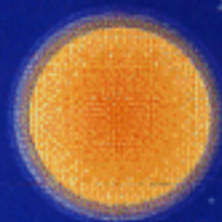


1000個に及ぶ新RIの発見と元素誕生の謎の解明

RIビームファクトリーで得られる重イオン（1次ビーム）エネルギーは、あらゆる核種についてRIビーム発生に必要なエネルギー（核子あたり百メガ電子ボルト以上）を大幅に上回ります。その結果、現在世界トップクラスの性能を誇る理研リングサイクロトロン（RISAC）のビームをもってしても十数個程度しか発見できなかった新RIの種類が飛躍的に増大し、その数は、**千個にも及ぶ**と予想されます。これらの新RIの性質を系統的かつ詳細に調べることが、**宇宙の元素合成のメカニズムの謎を解明する**手掛かりとなります。更には、実験に利用可能な強度が得られるRIの種類も大幅に増加し、**原子核物理学**の分野のみならず**基礎物理学の問題**から**生物・医学**の分野にわたって**新たなプローブを提供**することもできます。

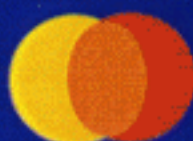


安定核

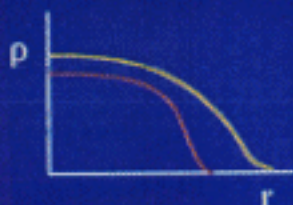
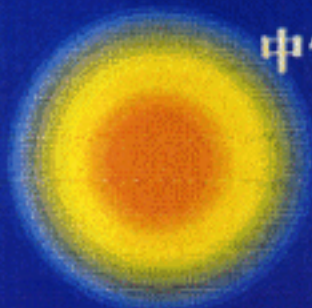


中性子

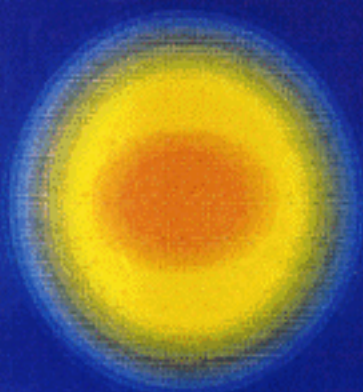
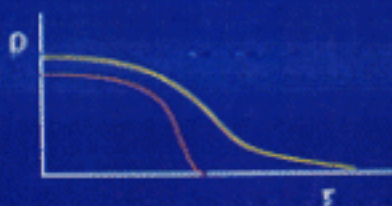
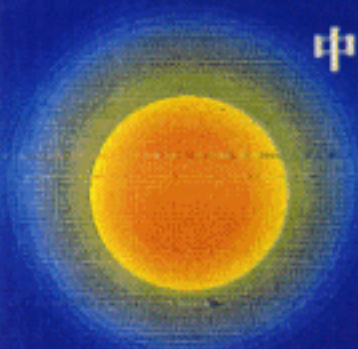
陽子



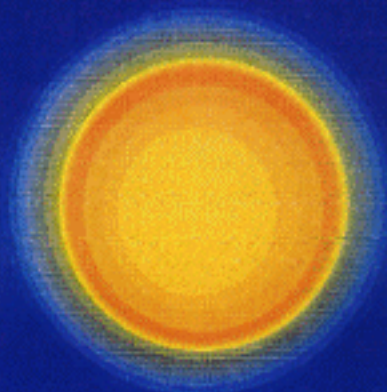
中性子スキン



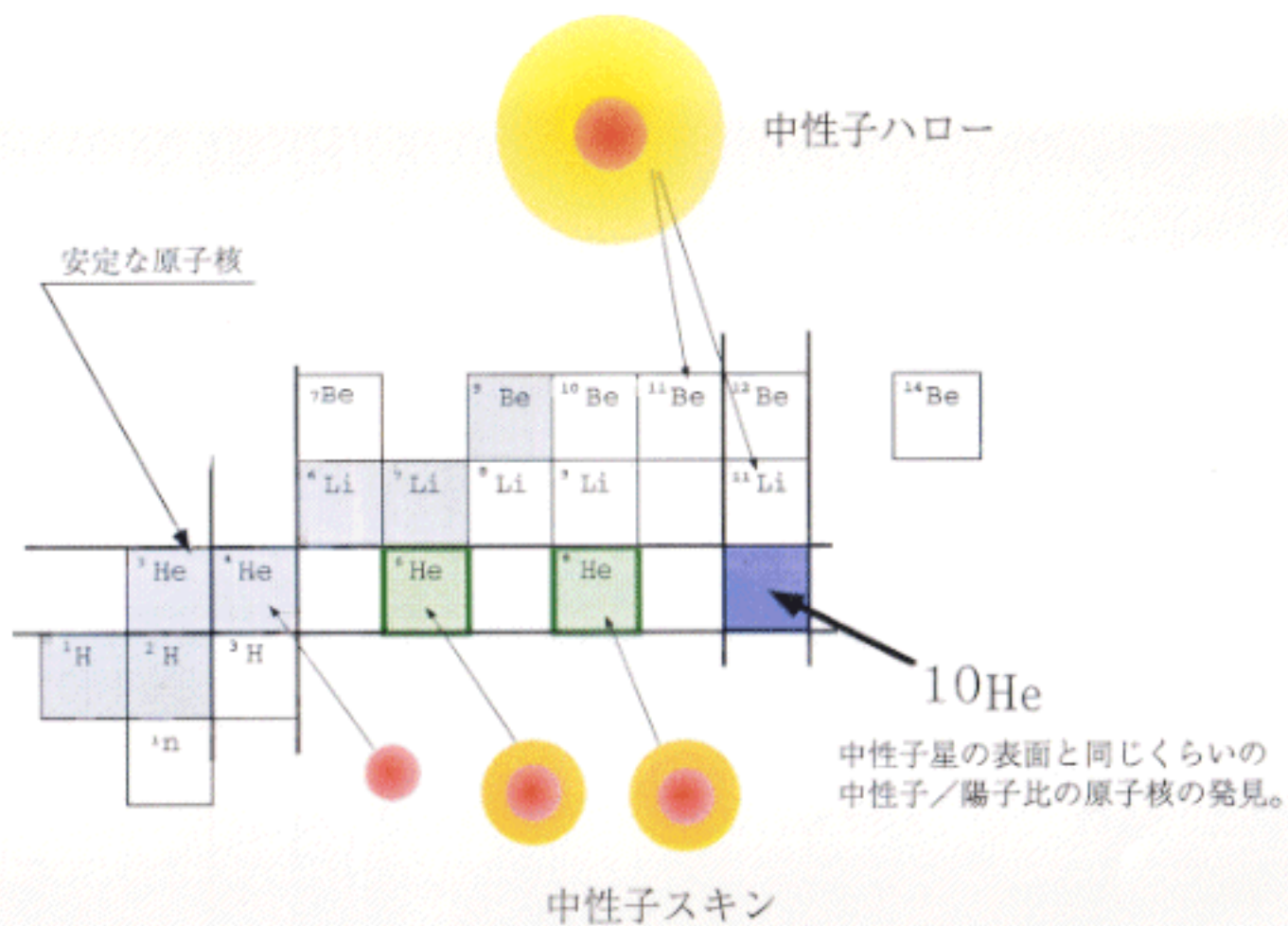
中性子ハロー



異変形



陽子殻構造

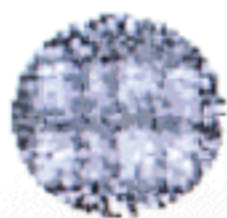
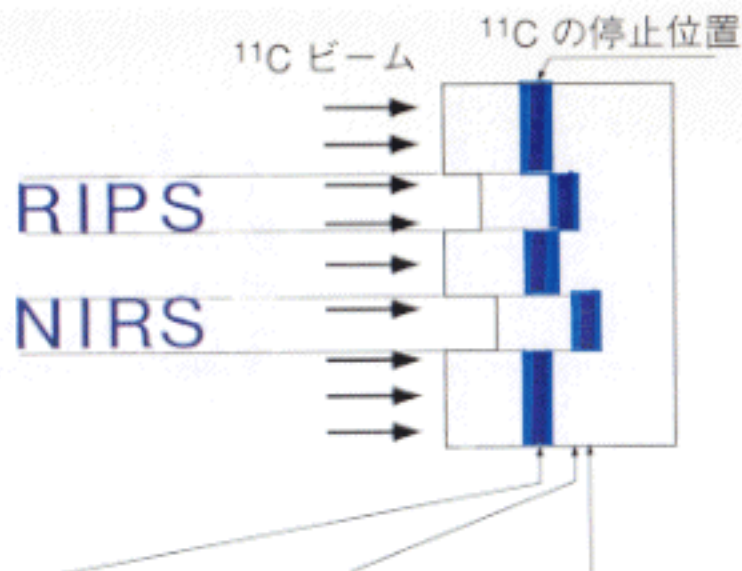


RI ビームとPETの利用

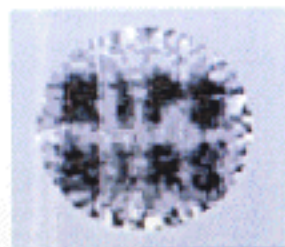
新しいがん治療法の開発

現在の重粒子線がん治療は安定核のビームを用いていますが、より利点のある陽電子放出RIビームとPET (Positron Emission Tomography: 陽電子CT) を組み合わせた新しい治療法の開発を進めます。

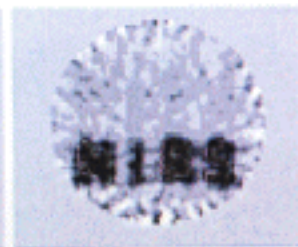
図はRIPSで発生させた核子あたり95MeVの陽電子放出核 (炭素-11) ビームをプラスチックの厚板に照射し、炭素-11が停止した位置をPETにより観測したものです。この方法は、照射位置をリアルタイムで確認しつつ治療できるという特徴をもち、これまで放射線の適用が困難であった小さながんの放射線治療までも可能になると期待されています。



植え込み深さ=23.5 mm



26.5 mm



29.5 mm

放射性核植え込み
直後のPET像

RI ビームファクトリー計画に関する 外部研究者で構成される評価委員会

	評価内容	構成委員	初回開催年月／ 開催頻度	備考
国際諮問会議	・期待される科学的成果 ・性能設定の妥当性 ・整備計画の妥当性	世界の加速器科学において指導的立場にある有識者	初回：平成6年9月 ／3～4年に一度	初回は計画の概念設計段階で実施。 2回目以降は情勢の変化を考慮した中間評価としての位置づけ。
技術検討会議	・システムの構成の妥当性 ・加速器及び実験設備の各構成要素の設計の妥当性	構成要素に係る技術に関する高い学識及び深い経験を有する研究者	初回：平成9年11月 第2回：平成10年5月 ／毎年	評価結果は次回会議及び国際諮問会議に向けて設計等に還元。

理研RI ビームファクトリー計画に関する国際アドバイザリーグループ
構成委員

C. Detraz	フランス国立素粒子原子核研究機構 (IN2P3) 所長 (前国立重イオン大型加速器研究所 (GANIL) 所長)
H. Ejiri	大阪大学核物理研究センター (RCNP) センター長
H. Feshbach (議長)	米国マサチューセッツ工科大学 (MIT) 教授 (原子核理論物理学者)
G. Herrmann	ドイツ マイニンツ大学ヨハネスグーテンブルグ核化学研究所教授 (核化学実験物理学者)
P. Kienle	ドイツ ミュンヘン工科大学教授 (前国立重イオン加速器研究所 (GSI) 所長)
I. Martinson	スウェーデン ルント大学教授 (実験原子物理学者)
G.C. Monson	イギリス バーミンガム大学物理・宇宙研究所所長
K. Nakai	高エネルギー物理学研究所 (KEK) 教授 (文部顧問)
Y.T. Oganessian	ロシア国立原子核研究所 (DUBNA) 所長
J. Schiffer	米国アルゴンヌ国立研究所 (ANL) 教授 (原子核実験物理学者)
R.H. Siemssen	オランダ グロニンゲン大学超伝導サイクロトロン研究所所長
B. Sinha	インド国立サイクロトロン研究所 (VECC) 所長
B.W. Wei	中国国立近代物理研究所所長

理研RI ビームファクトリー計画に関する国際アドバイザリーグループの報告書（1994年11月）

まとめの抜粋

1. 国際アドバイザリーグループは、理研RI ビームファクトリーの建設計画を強く歓迎する。提案されている施設は、現存する理研加速器系を基礎としており、想像力に富み(imaginative)、また経済的な設計となっている。
2. 提案されている施設で可能になる研究から、原子核と原子核反応の性質について、重要で新しい洞察が期待できる。原子物理学、宇宙物理学も同様に非常に衝撃を受けるであろう。
3. 理研のスタッフは現在の施設を生産的に運転してきており、その使用を通して重大な科学的進歩をしているため、最も重要な資源である。この提案のためには、前任スタッフ、若手スタッフ両方の相当な増員が必要であろう。
4. できるだけはやくマネジメントチームを組織することを勧める。
5. 一次ビームの強度を増強後の施設で二桁上げることが重要である。1 MWレベルでのハイパワー重イオンビームの加速と取り扱いには、広範なR&D研究が必要となろう。MUSES（二重蓄積リング）には高いルミノシティが必要である。
6. 世界中の加速器物理学者の経験と知識を利用すべきである。1つの機構は、国内外で、理研RI ビームファクトリーで出くわすであろう問題と類似した問題を取り扱った経験のある国際的な加速器の専門家を含む委員会（TAC）の評価を受けることである。
7. 理研が、国内外から適当な研究所の参加を招くことを勧める。理研は、実験を詳細に組織立て、必要な検出装置の設計を行うため、興味を持つ科学者を招くべきである。
8. 幸運をお祈りする。

重イオン科学総合研究

重イオン科学総合研究

大学等との連携・協力の推進

- 連続重イオンビームの加速では、強度とエネルギーにおいて世界最高レベルの性能（水素で光速の67%）。
- 重イオン線型加速器とAVFサイクロトロンを初段加速器として、その後段にリングサイクロトロンが置かれ、陽子からウランまでの全てを高いコストパフォーマンスで加速。
- 高いエネルギーまで加速した元素を各種の物質に照射して、物理学から生物学までにわたる広範な分野の研究を実施。

内外に開かれた研究活動と施設利用

- 米国ブルックヘブン国立研究所との国際研究協力
スピン物理に関する共同研究を実施（平成2年度～）。
- 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
ミュオン科学に関する共同研究を実施（平成7年度～）。
- 国内外の研究機関105（国内86、国外19）から研究者871人が実験に参加（平成9年度）。
- 海外13カ国の21の研究機関と研究協力協定を締結。
- 国内においては、平成10年4月、東京大学大学院理学系研究科附属原子核科学研究センターと重イオン物理に関する研究協力協定を締結。

目的： 我が国の加速器科学および広範な利用研究の拡大と発展。
効果： 施設の効率的利用の推進、及び加速器実験の機会を望む外部研究者の活性化。後継者の育成。

- 大学等との研究協力協定の締結とそれに基づく外部利用を促進。
- 連携研究の推進とそのための連携研究費・促進費を設置。
- 加速器科学とその利用研究に関する拠点形成。

連携研究テーマ例：

- ・環境ストレス耐性植物作成、重粒子線によるガン抑制遺伝子の機能解明、各種元素と脳機能の関係に関する研究（いずれも生物・医科学分野）
- ・超新星爆発で生成される長寿命核の半減期測定、ベータ崩壊による標準模型の検証（いずれも物理学分野）



リングサイクロトロン（1986年から稼働）

米国ブルックヘブン国立研究所で建設中の 超高エネルギー衝突型加速器(RHIC)



構成： 超伝導電磁石を使用した2重の衝突リング (円周長 3.8 km)

入射： バンデグラフ → ブースター → AGS → RHIC

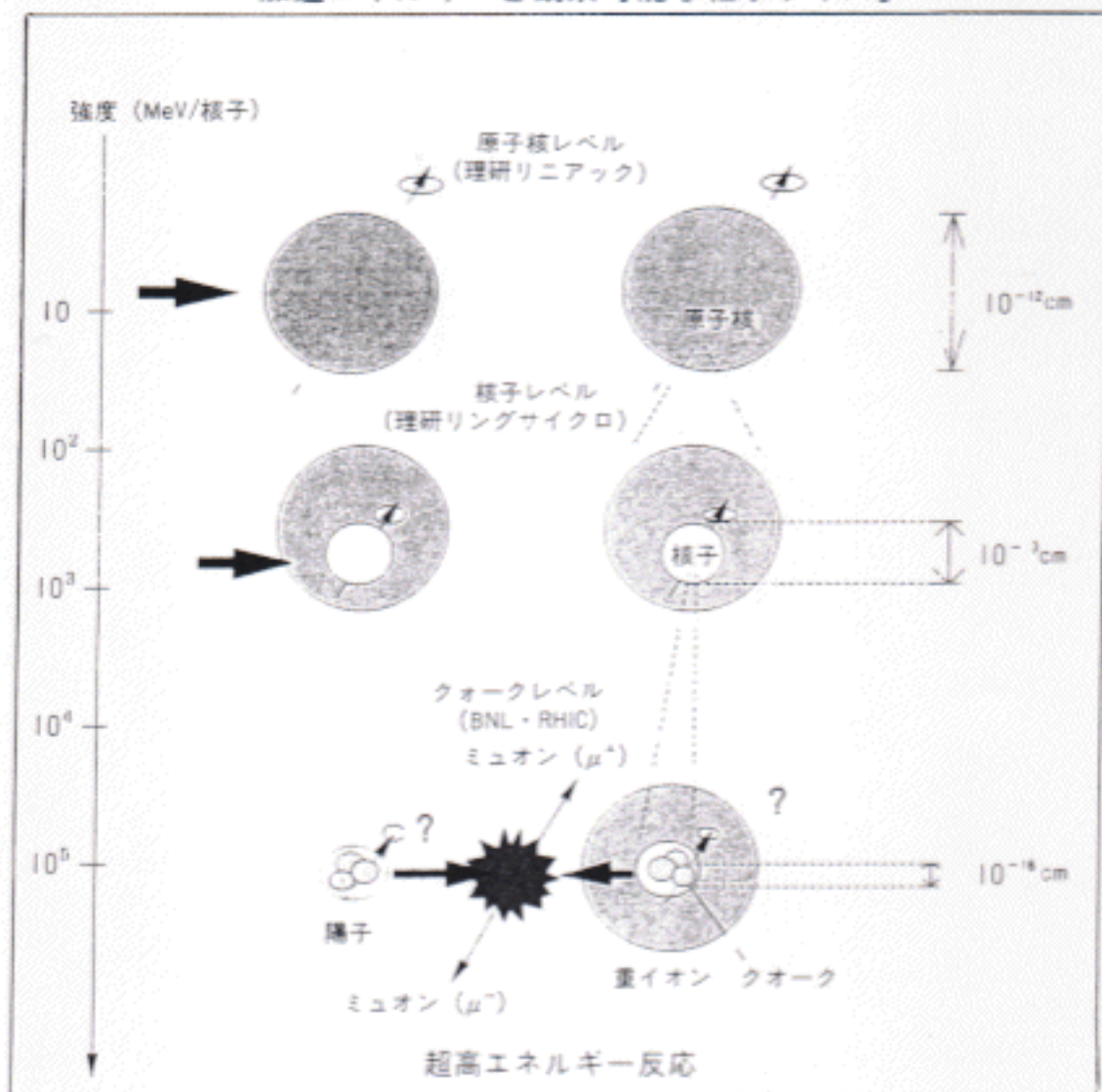
性能：	金+金 衝突	陽子+陽子衝突
ビームのエネルギー	100 GeV/A	250 GeV
ルミノシティ	$2 \times 10^{26} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$	$1.4 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

完成予定 1999年中

「スピン物理」が明らかにする極微の世界

100GeV/核子以上の超高エネルギーでのスピン偏極した陽子と重イオンの衝突から生じる反応を研究すると、 10^{-16}cm 以下の極微の世界における、通常は核子に閉じ込められたクォークやグルーオンのふるまいを観測することができる。スピン物理はクォークやグルーオンの運動の成り立ちをスピンを指標として明らかにし、「強い相互作用」による物質形成の謎を解き明かす。

「加速エネルギーと観察可能な粒子サイズ」



- ・ スピンとは、粒子の自動回転の大きさを表し、粒子の状態を記述する重要な指標となる。
- ・ クォークやグルーオンのスピンは、超高エネルギーでのスピン偏極した陽子と重イオンの衝突から発生するミュオン対の方向・エネルギー等を測定することで、明らかにできる。

現代基礎物理学の課題：物質・宇宙の起源、真空の構造

- ・ 質量の起源
- ・ クォークの閉じこめ（核子から飛び出さないこと）の謎
- ・ 核子のスピンの起源の謎
- ・ クォーク・グルーオンの相転移の物理

理研BNL研究センター

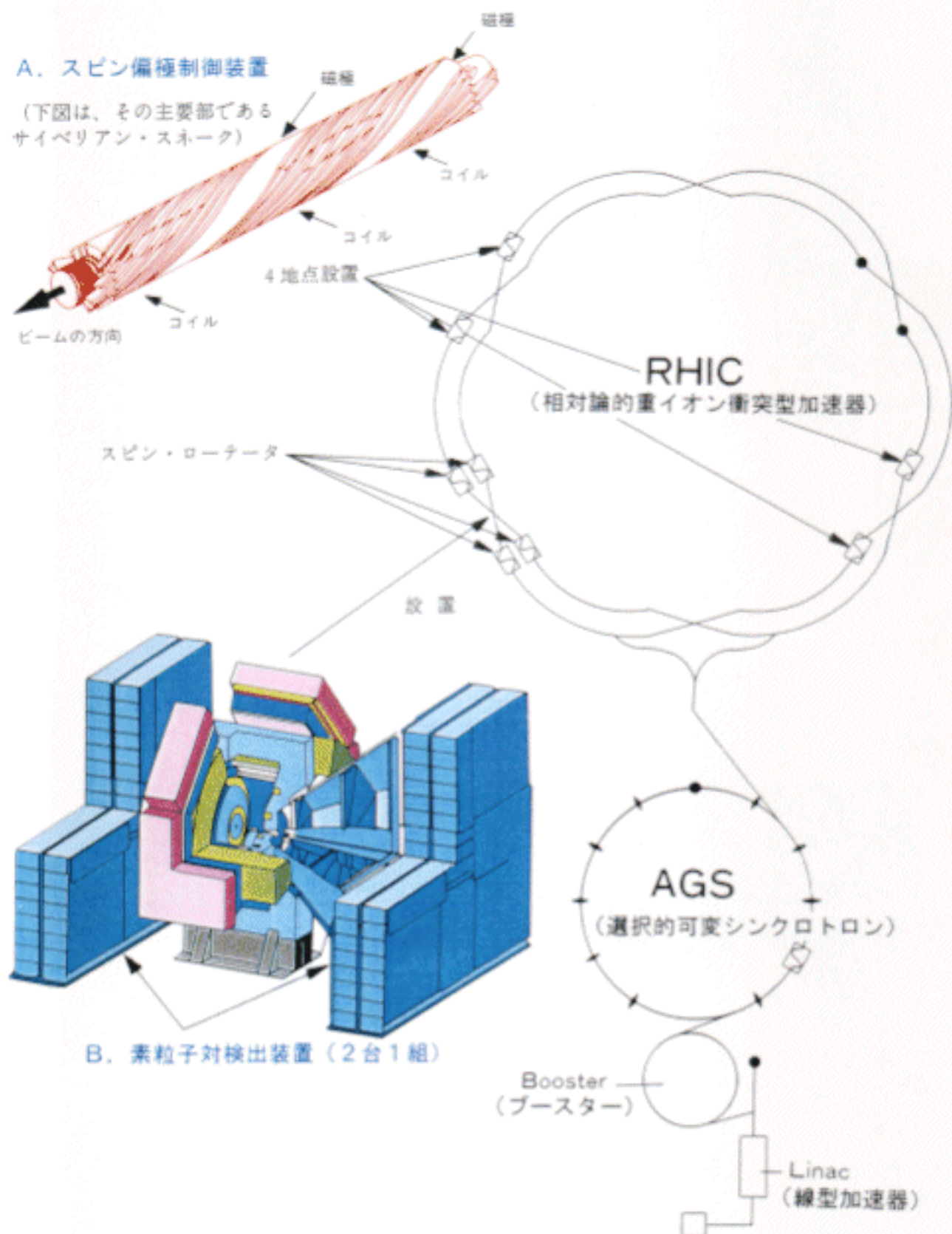
究極の宇宙像・物質像の確立

統一された究極の宇宙像・物質像



実験・研究施設の概要

理研が開発する素粒子対検出装置およびスピン偏極制御装置を、米国ブルックヘブン国立研究所が建設中の重イオン衝突型加速器・RHICに付帯して設置し、スピン物理に関する国際研究協力を実施する。



ブルックヘブン国立研究所との国際協力

本研究システムは、日米科学技術協力協定や本年5月に科学技術庁／米エネルギー省間で締結された包括的实施取り決めの下、国際研究協力の新しい試みとして、関係研究機関等を糾合しつつ、強力に推進する。

日米両国の研究ポテンシャルを結集し、時限的・流動的環境の中で物理学の新しいフロンティアを目指すという、新しい研究システムを設置する。

日米科学技術協力協定

政府間 1988年6月20日締結

基礎科学技術分野の共同プロジェクト協力に関する実施取り決め

科学技術庁／エネルギー省 1996年5月3日締結

超高エネルギー衝突型加速器(RHIC)を利用したスピン物理研究に関する 理化学研究所－ブルックヘブン国立研究所間協定(MOU)

スピン物理研究

理研BNL研究センター

年次計画表

	7年度 1995	8年度 1996	9年度 1997	10年度 1998	11年度 1999	12年度 2000	13年度 2001
素粒子対検出器I	■	■	■				
素粒子対検出器II		■	■	■			
スピン偏極制御装置		■	■	■	■		
理論物理グループ			■	■	■	■	■
実験物理グループ				■	■	■	■
RHIC 実験	■	■	■	■	■	■	■

「スピン物理」 平成 11 年度研究計画

スピン物理 年次計画表

(概算 単位 百万円)

	7 年度 1995	8 年度 1996	9 年度 1997	10 年度 1998	11 年度 1999	12 年度 2000	13 年度 2001
素粒子対検出器I	150	150	200				
素粒子対検出器II		250	100	150			
スピン偏極制御装置		250	200	300	250		
設計監督付帯事務費	3	14	10	13	2		
開発研究 (検出器総合調整等)			22	28	28		
研究交流、推進費	5	5	13	11	5		
設備維持費				25	50	100	100

これまでの主な経緯

素粒子対検出器I (ミュオン電磁石、ミュオン識別用鉄壁) は平成 9 年度に完成

素粒子対検出器II (粒子飛跡検出器、ミュオン識別用検出器) 平成 10 年度に完成予定

平成 11 年度研究計画

スピン偏極制御装置を完成させる

ビーム実験に備えて諸装置の調整を行う

加速器による実験を開始する

理研BNL研究センター

本研究システムは、日米科学技術協力協定や平成9年度に科学技術庁/米エネルギー省間で締結された包括的実施取り決めの下、国際研究協力の新しい試みとして、関係研究機関などを糾合しつつ、強力に推進する。

日米両国の研究ポテンシャルを結集し、時限的・流動的環境の中で物理学の新しいフロンティアを目指す新機軸の研究室システムを設置する。

理研BNL研究センター

センター長：T.D. Lee (李 政道)

理論グループ
(平成9年度発足)
グループ長：T.D. Lee

研究チーム
基礎理論
現象論
計算物理

ハードウェア
QCD専用計算機

実験グループ
(平成10年度発足)
グループ長：石原正泰

研究チーム
実験データ解析
実験技術開発

ハードウェア
高速大容量データ解析
システム

	H7年度 1995	H8年度 1996	H9年度 1997	H10年度 1998	H11年度 1999	H12年度 2000	H13年度 2001
素粒子対検出器I	■	■	■				
素粒子対検出器II		■	■	■			
スピン偏極制御装置		■	■	■	■		
理論物理グループ							
基礎理論			■	■	■	■	■
現象論			■	■	■	■	■
計算物理			■	■	■	■	■
実験物理グループ							
実験技術				■	■	■	■
データ解析				■	■	■	■

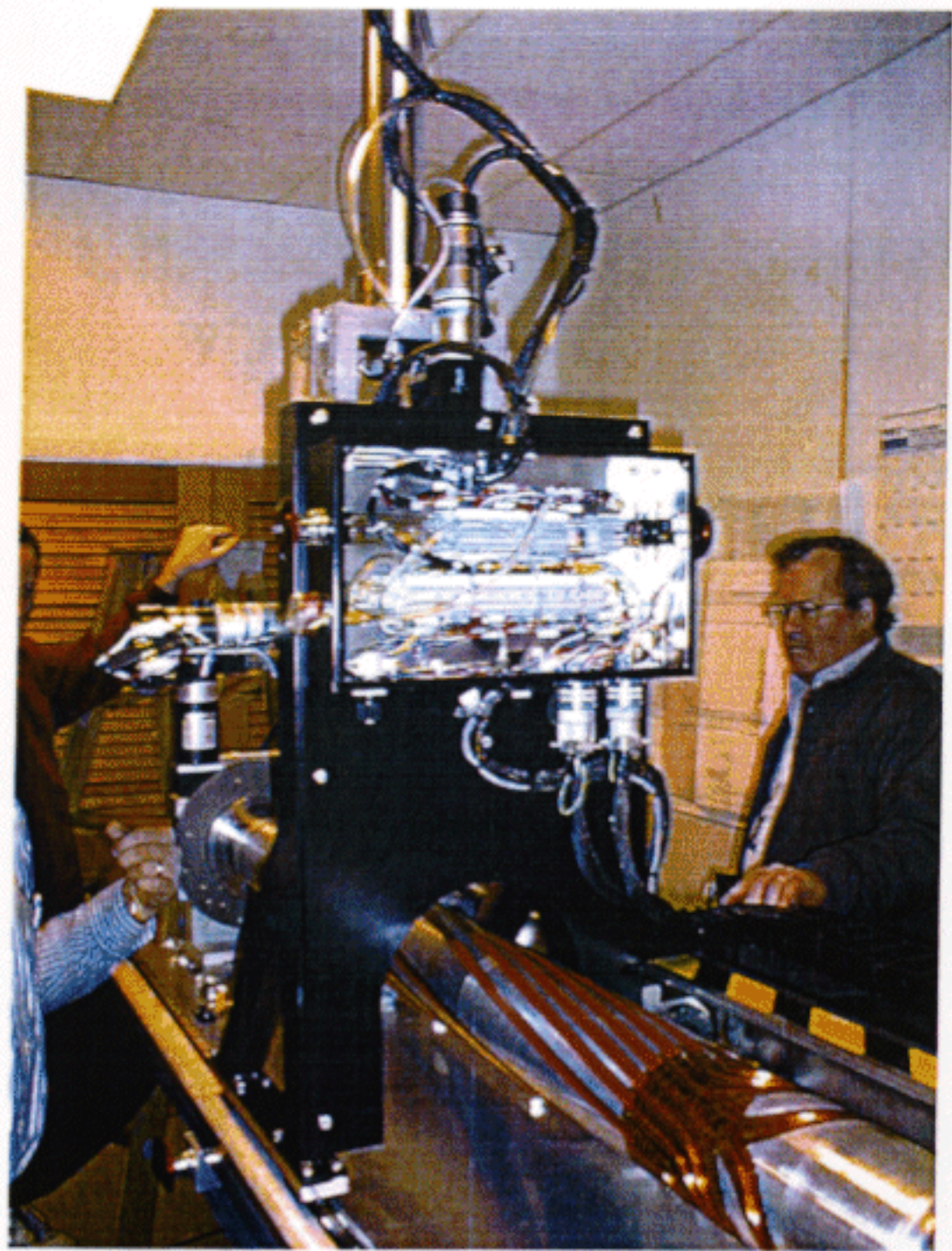
完成したミュオン電磁石（素粒子対検出装置 基幹部）の性能試験の様様

三菱電機 神戸製作所にて1997年2月26日に撮影

（本装置は1997年4月にブルックヘブン国立研究所に搬入されました）



スピン制御装置用
ヘリカル双極子電磁石の試作



BNL 研究センター 平成 11 年度研究計画

理研BNL研究センター 年次計画表

(概算 単位 百万円)

	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度	14年度	15年度
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
理論物理グループ							
実験物理グループ							
研究者経費	85	238	350	427	427	427	427
(人数合計)	(13)	(27)	(34)	(37)	(37)	(37)	(37)
QCD専用計算機	100	100	100				
QCD専用計算機維持費	7	20	23	40	40	40	40
先進データ処理技術開発		20	120	280	280	150	150
高機能事象抽出法の開発		22	20	20	20	150	150
研究推進事務費	14	31	35	35	35	35	35

平成 11 年度概算要求の主要眼目

平成 11 年度に予定される RHIC 実験の開始に合わせ

(1) 実験グループの研究活動を本格的に立ち上げる。

ー高速大容量「実験データ解析システム」の製作
(及び利用)に着手し、実験結果の解析を始める。

(2) 研究者の最終的な増員を画り、センターの研究組織を強化させる。

ー 27 名 (平成 10 年度) ⇒ 34 名 (平成 11 年度)

RHIC スピン「実験データ解析システム」

目的：RHIC SPIN 実験のデータ解析

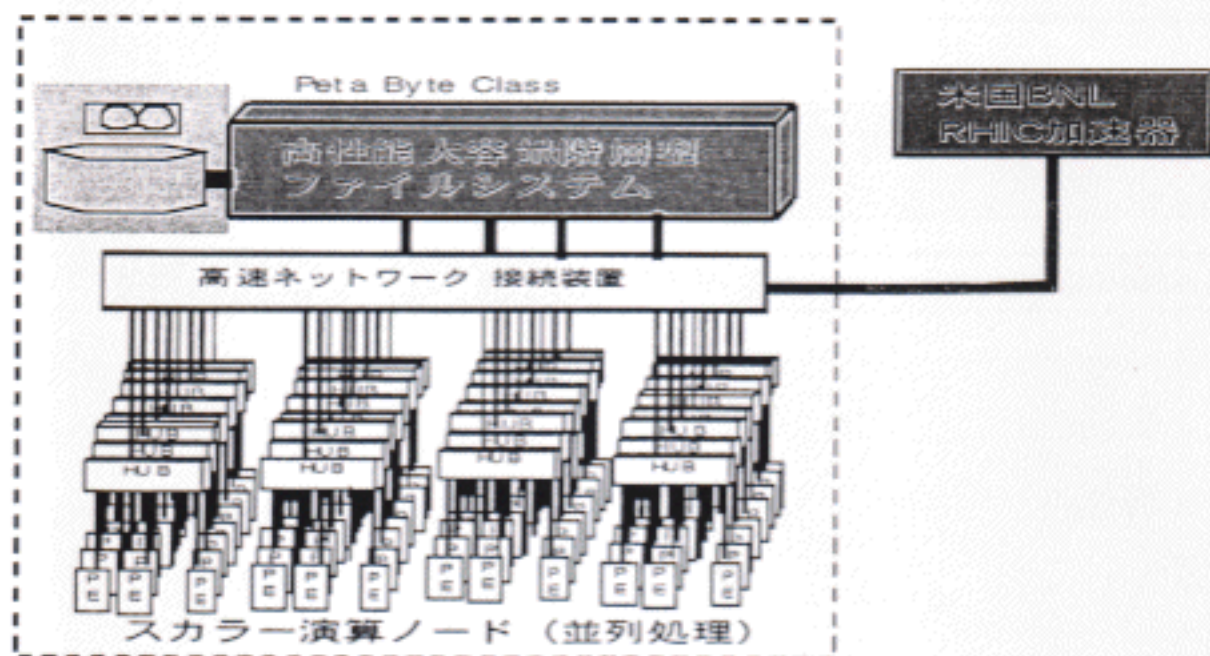
- 実験後いち早く物理的結果を引き出す。
- 最大限の研究成果の獲得。

RHIC 実験： 年間 500 TB の実験データが発生。
(例 100 GB；理研リングサイクロ
50 TB；FERMILAB Tevatoron)

データ解析

- (1) Peta Byte 級のデータを扱う（前代未聞の規模）
 - 新方式の高性能大容量ファイルシステムの構築
 - 実験事象データのデータベース化
- (2) 3000 SPECint95 の演算処理能力
 - PentiumII / Alpha CPU 200-300 台相当で構成される並列処理 (PVM 等) システム

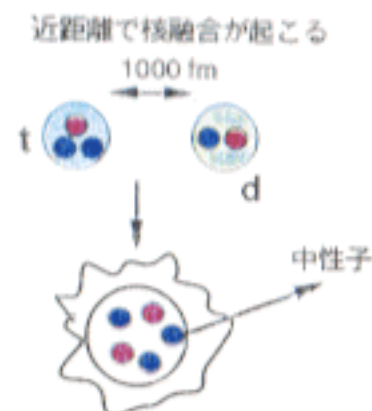
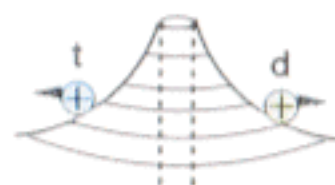
年次計画：平成11年度より3年間で建設（初年度より使用）



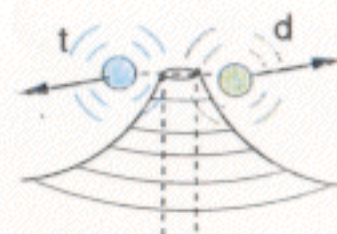
”重い電子” 負ミューオンは、正の電荷をもった重陽子(D)と3重陽子(T)をひきよせ、小さな分子をつくり、核融合反応を誘発させる。1個のミューオンが、寿命の間に、150回も連鎖的に核融合を起こすことが判った。さらに回数をあげる方向づけが判り、ブレークイーブンであるミューオン1個当り300回をこす核融合反応を起こすことをめざして研究が進んでいる。

ミューオン触媒核融合

クーロン反発力

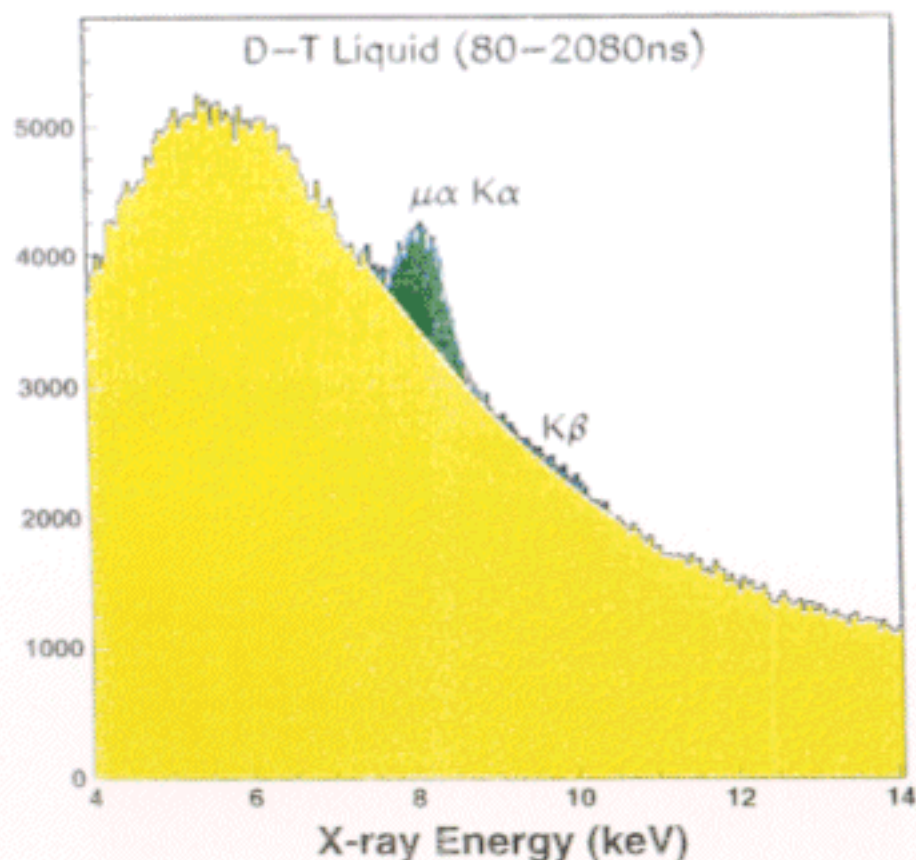
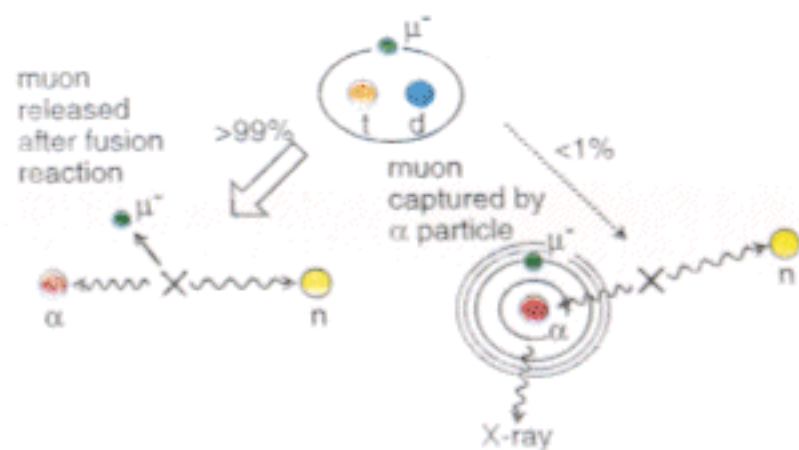


熱核融合
熱運動により壁を越える

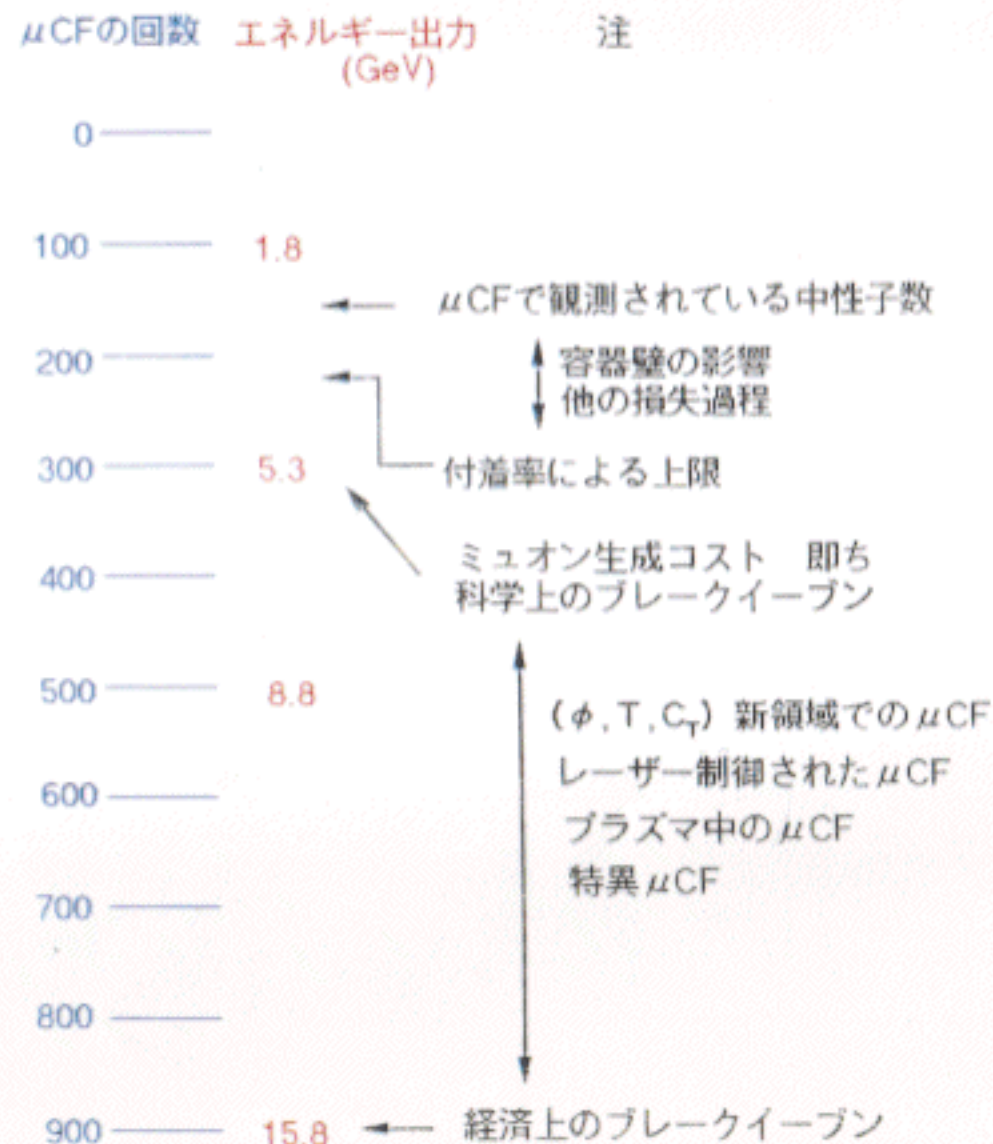


ミューオン触媒核融合
小さな中性原子を作り
クーロン障壁が消える

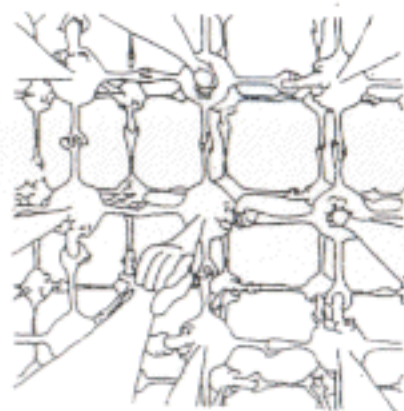




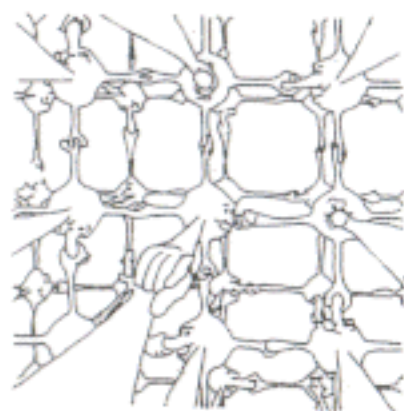
ミュオン触媒核融合からのエネルギー生産



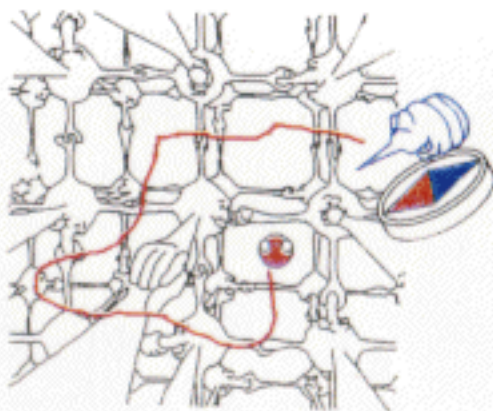
微視的”磁気コンパス”である正ミュオンを生体中の蛋白質に打ち込むと、減速中に電子を1つ伴って止り、分子の一部と化学結合する。その際に電子が放出され、”蛋白質中の電子伝達”を反映した運動をする。その様子をミュオンの磁気コンパスで高感度に記録できる。光合成や体内のエネルギー貯蔵など、生体物質の基本機能である電子伝達が、ミュオンによって微視的にとらえられることが判った。

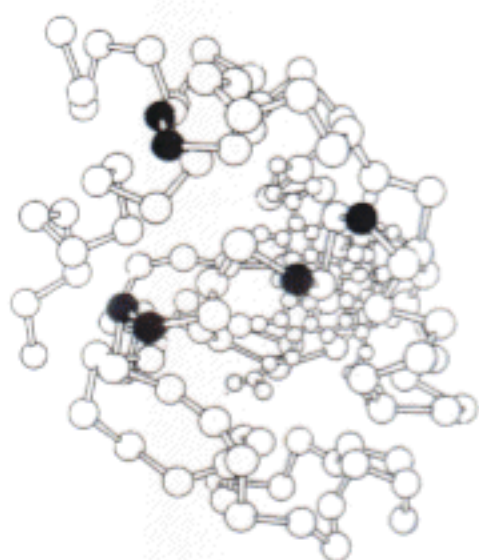
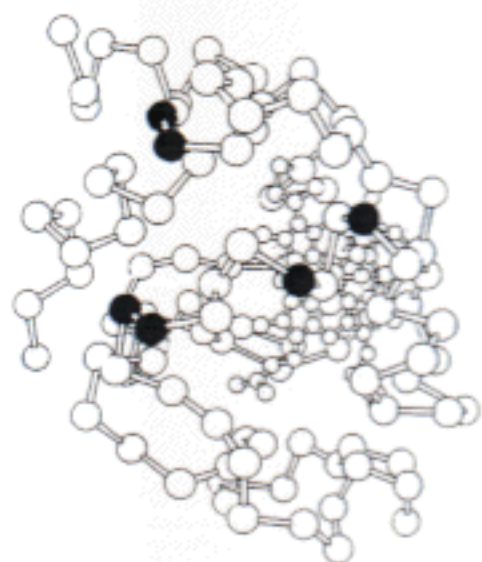


ミュオン

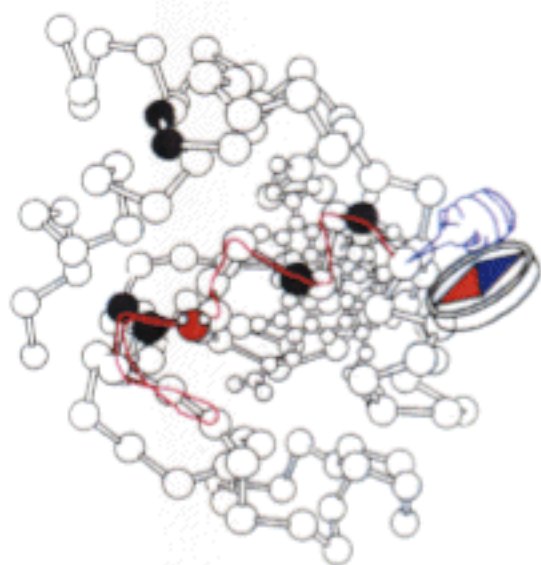


電子





electron



原子力基盤技術開発・利用研究

第3期原子力基盤クロスオーバー研究テーマの概要

研究分野	研究テーマ	研究課題	参加研究室	共同研究機関
1. ソフト系科学技術分野	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	基盤技術部	船舶技研 電総研 動燃からノウハウ提供
2. 放射線生物影響分野	放射線障害修復機構の解析に よる生体機能解明研究	DNA傷害の修復と遺伝的影響に関 する生体機能の解明	細胞生理学研究室 研究基盤技術部	原研、放医研 国立感染症研 国立医薬品食品研
	放射性核種の土壌生態圏にお ける動的解析モデルの開発	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	微生物制御研究室	原研 放医研 環境研、気象研、
3. ビーム利用分野	高品位陽電子ビームの高度化 及び応用研究	偏極陽電子ビーム利用技術の高 度化および応用研究	サイクロトロン研究室	原研 無機材研 電総研
	マルチレーザーの製造技術 の高度化及び利用研究	マルチレーザー自動分離装置 の開発及び新規計測手法への利 用研究	サイクロトロン研究室	放医研 無機材研
	高速量子現象計測のためのアト 秒パルスレーザー技術の開発	アト秒パルスレーザーの発生と 計測に関する研究	レーザー物理工学研究室	電総研 融合研
4. 計算科学技術分野	計算科学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	素形材工学研 情報環境研	原研 金材研 電総研

マルチトレーサーの製造技術の高度化と先端科学技術研究への
応用を目指した基盤研究



RIBF計画推進室/サイクロトロン研究室 矢野安重（榎本秀一）

Multitracer in bio-trace element research since 1994

Multitracer

in bio-trace element research

since 1994

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	**															
* Lanthanoid			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
** Actinoid			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

マルチトレーサー法の特徴

- (1) 十数倍から数十倍の高効率化（量的革新）
- (2) 完全同一条件下での各種元素間の比較が実現
（質的革新）
 - * * 特に試料差、個体差の大きい環境試料、生体などに極めて重要
- (3) これまでトレーサーの利用が考えられなかった新しい対象への適用
- (4) 意外な発見の可能性
- (5) 周期表上のほとんど全ての元素を網羅
- (6) シングルトレーサーとしても貴重な放射性同位体を含む

RRC

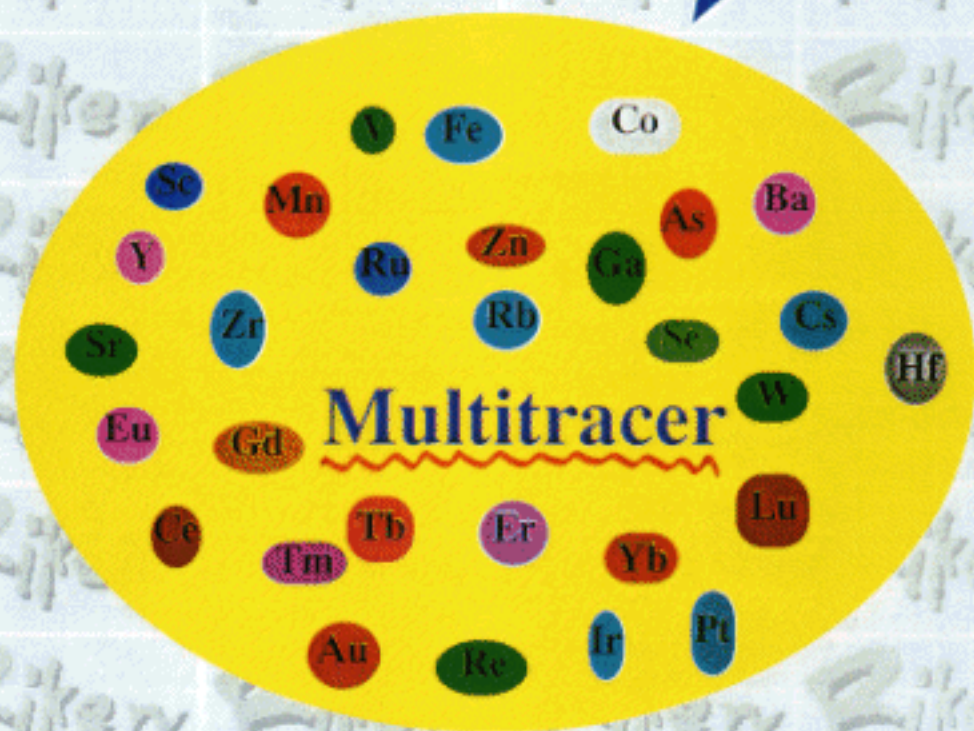
Heavy Ion Irradiation

(135MeV/nucleon)

Target Nucl.

Au

Nuclear Fragmentation



Chemical Separation

Au

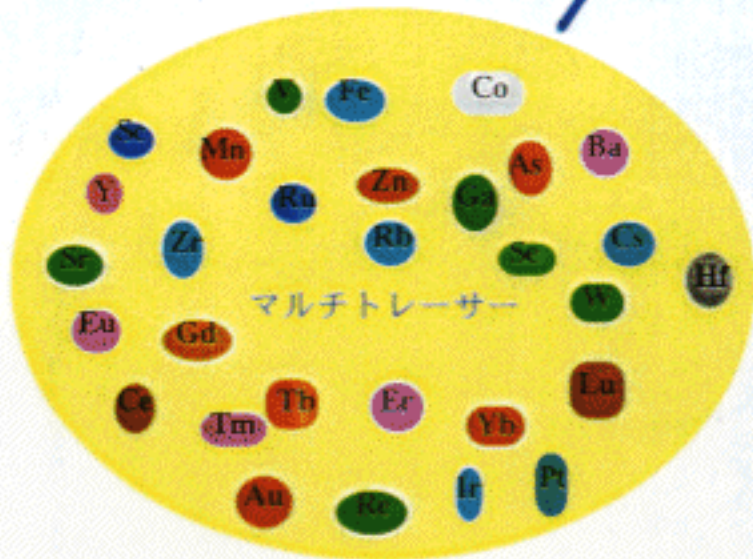
Carrier Free and Salt Free Multitracer Solution

理研リング
サイクロトロン

重イオンビーム照射
N-14ビームなど

Au

核破砕反応



化学分離 (金の除去)

フラーレン金属包接化合物
の化学的性質

化学

マルチトレーサー
(Carrier Free)

生物学

極限環境（過重力、微小重力など）
病態モデル動物、トランスジェニック動物
各種植物などを飼育、栽培、培養



一定時間後解剖、解体、遠心分画

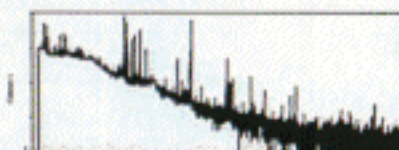
代謝解析装置
高速遠心器
高速液体クロマトグラフ装置
キャピラリー電気泳動装置

酸性雨の影響
土壌への核種移行

環境

微量元素の移行
微量元素の機能

ガンマ線測定





マルチトレーサーのニーズと使用計画 (1997.7.9アンケート結果)

RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN

アンケート発送数 196 件 (対象: 放射化学討論会参加者、大学等RI施設および担当者、医学薬学農学系研究者 等)

回答数 134 件 現在利用中 16 件 将来利用希望 23 件 関心あり 48 件 予定なし 47 件

近い将来使用を希望している研究機関

奈良県立医科大学医学部
東北薬科大学薬学部
東京大学総合文化研究科
工業技術院生命工学工業研究所
東北大学金属材料研究所
大阪薬科大学
京都薬科大学
京都大学薬学部
九州大学アイソトープ総合センター
信州大学医学部
北里大学医療衛生学部
山梨県環境科学研究所
名古屋大学工学部

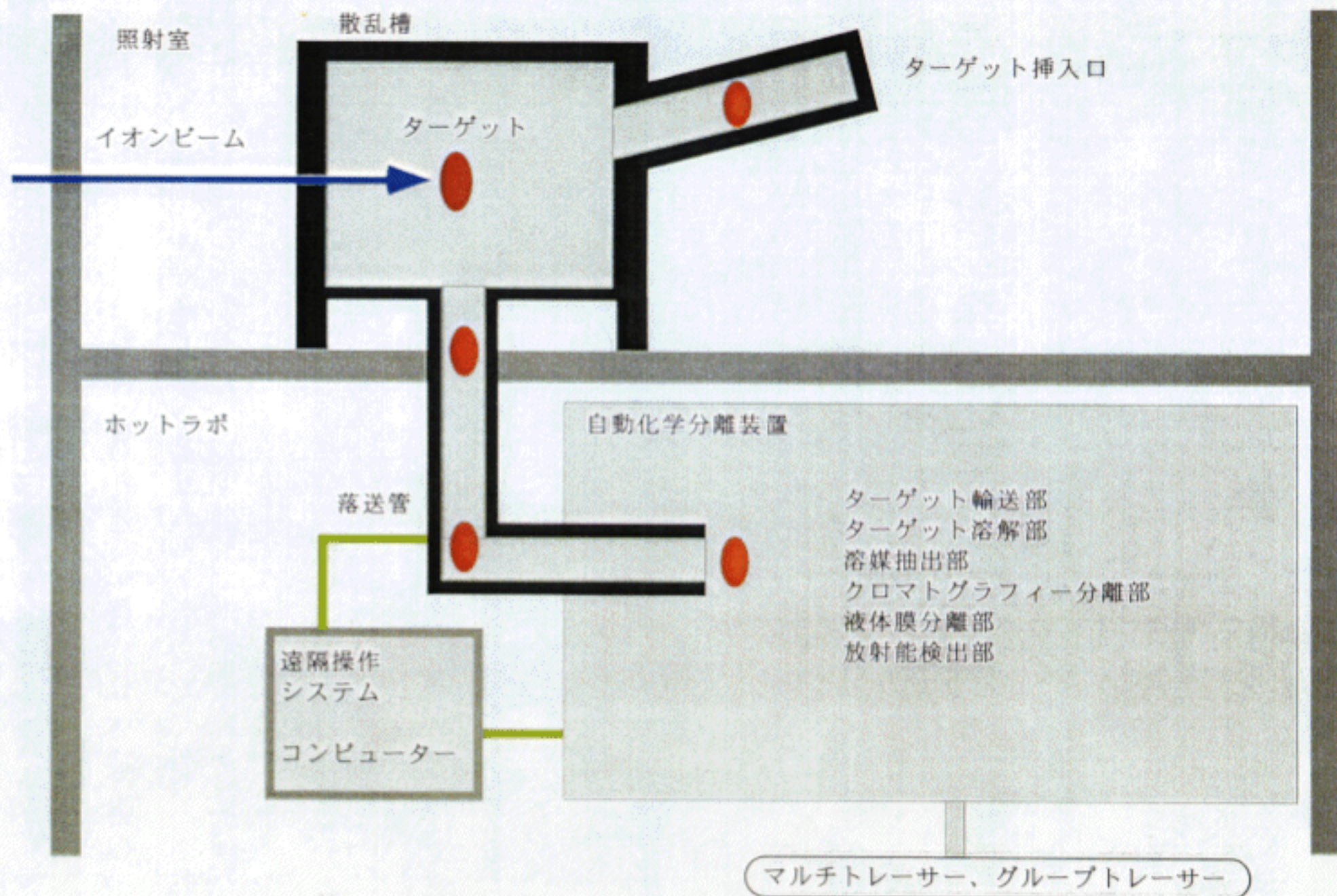
国立医薬品食品衛生研究所
東京理科大学生命科学研究所
岡山県環境科学研究センター
北里大学医学部
京都薬科大学薬学部
東洋大学生命科学学部
九州大学薬学部
東京慈恵会医科大学
徳島大学薬学部
岐阜薬科大学
神奈川大学理学部

RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN

The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN)



RI・マルチトレーサー設備（落送管式マルチトレーサー製造装置および自動化学分離装置）





MT-GEIの開発のメリット

RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN

ダブルトレーサー法：物理的半減期の差を利用した測定法

ガンマカメラとコリメーターを利用したガンマ線エネルギーが200KeV程度までしか測定できない装置、多種類の元素の同時測定不能

高いエネルギー領域での測定が可能なガンマカメラの開発が急務

数種から数十種類の核種の同時測定が可能なMT-GEI

- * コリメーターを必要としない多核種イメージング装置
- * 組織または病変部集積性の異なる放射性標識化合物を患者もしくは実験動物に投与し、同時に転移や病変部位の特定が可能
- * 本装置の開発は金沢大学医学部核医学教室、慶応大学医学部放射線科学教室、群馬大学医学部核医学教室などの多くの国内外の核医学研究者が期待

RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN RIKEN

The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN)



マルチトレーサー製造技術の高度化

Nuclear Fragmentation
によるマルチトレーサー
理研リングサイクロトロン

(理研)

Nuclear Fission
によるマルチトレーサー
原子炉

(理研、放医研)

Nuclear Fragmentation
によるマルチトレーサー
HIMAC

(放医研)

マルチトレーサー自動化学分離装置

自動化学分離装置

(理研)

モジュール型遠隔
化学分離装置

(放医研)

溶媒抽出部

(無機材研)

ガンマ線検出断層撮影装置 (MT-GEI)

MT-GEI
検出半導体部分
(理研)

MT-GEI
総合解析ソフト
検出部、本体
(放医研)

応用研究の推進

基礎医学、環境科学研究 (理研)

基礎医学、臨床医学研究 (放医研)

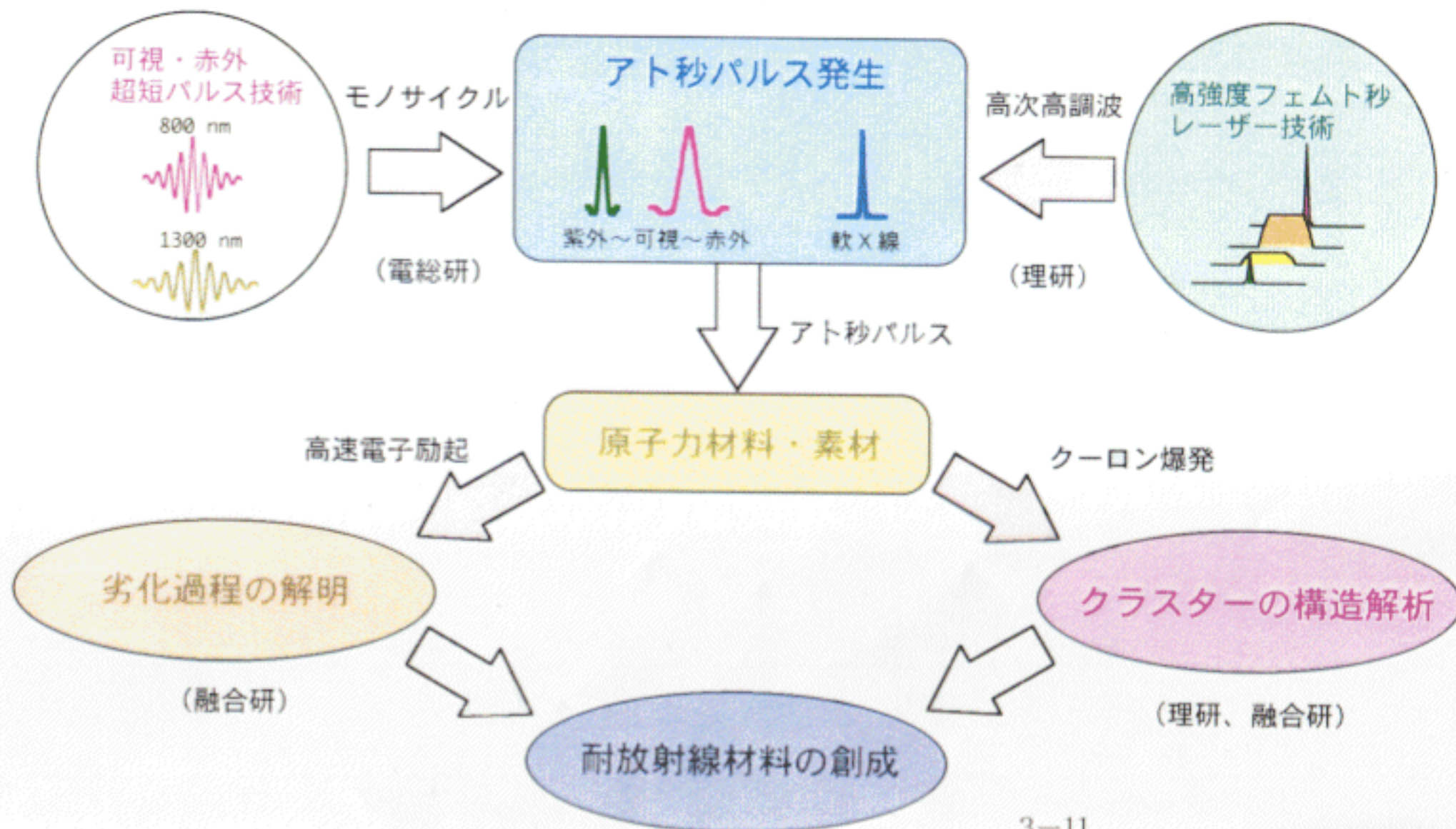
材料物性研究 (理研、無機材研)

原子力基盤クロソオーバー研究
第3期研究テーマ（新規）

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および計測に関する研究）

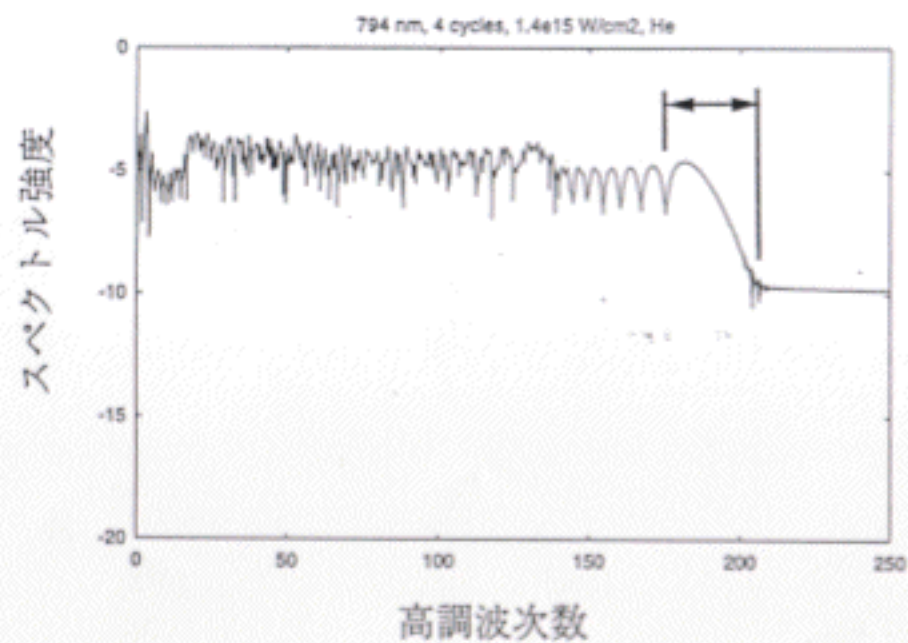
高速量子現象計測のためのアト秒技術の開発

アト秒パルス技術は、放射線照射による原子力材料・構造材の劣化過程の解析、分子・クラスター生成のメカニズムの解明による耐放射線材料の創成など原子力分野における先端的研究を展開するための基盤技術として広範な用途を有する。本研究では、アト秒パルスの発生技術・計測技術を確立し、その利用研究を推進することを目的とする。

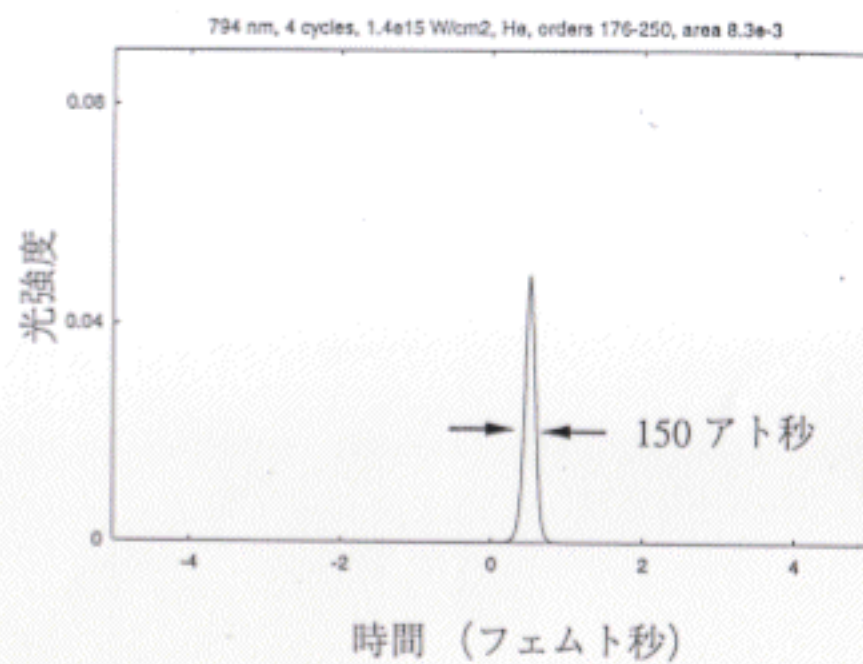


アト秒パルスの発生 (計算)

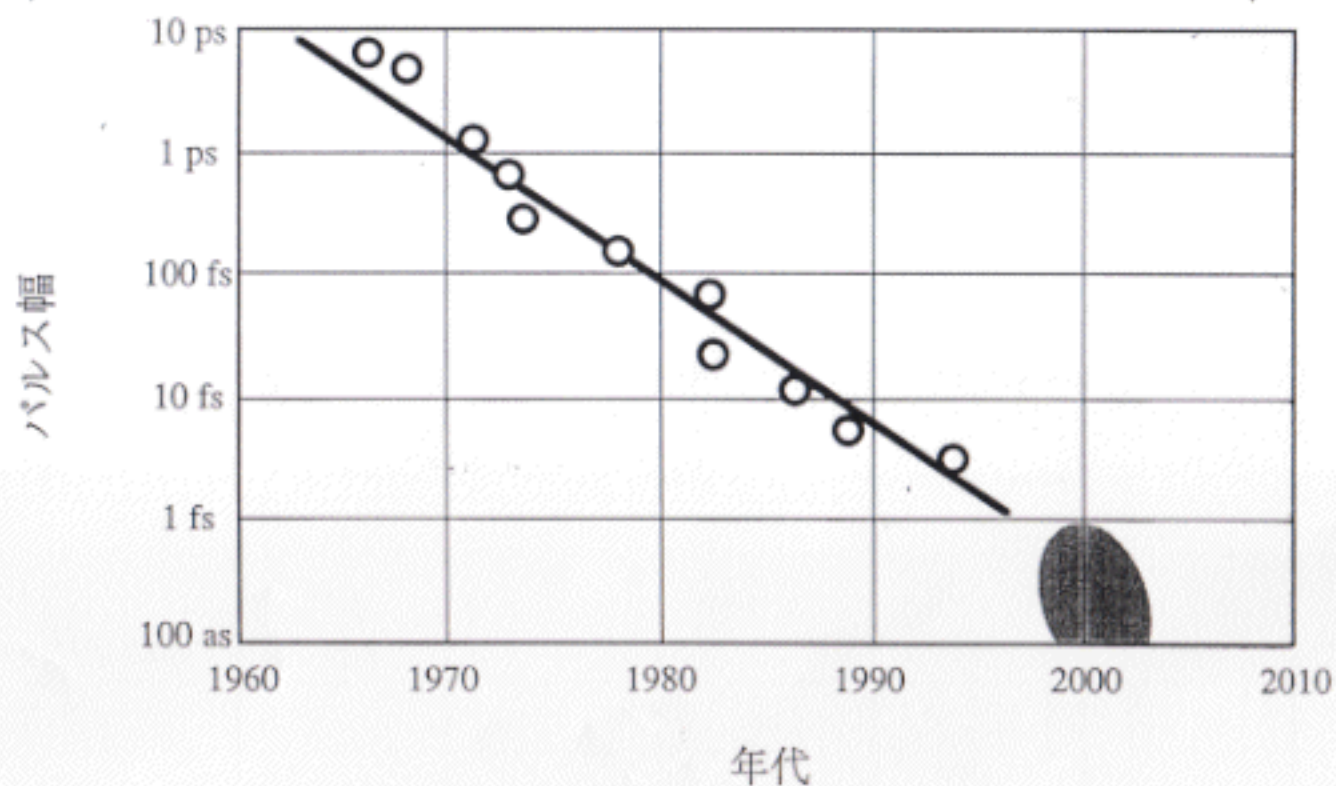
スペクトル



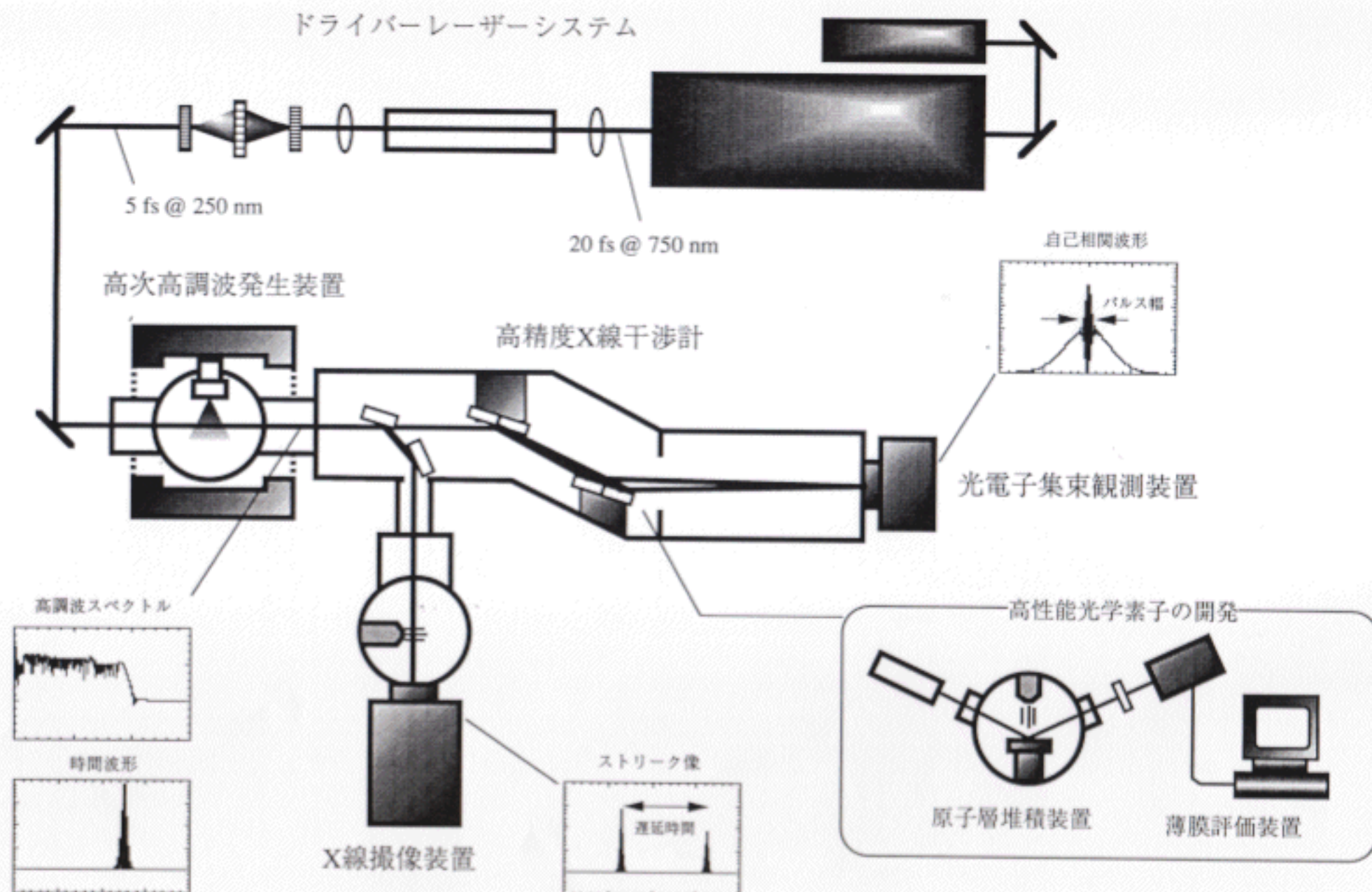
パルス波形



短パルスレーザーのパルス幅の変遷

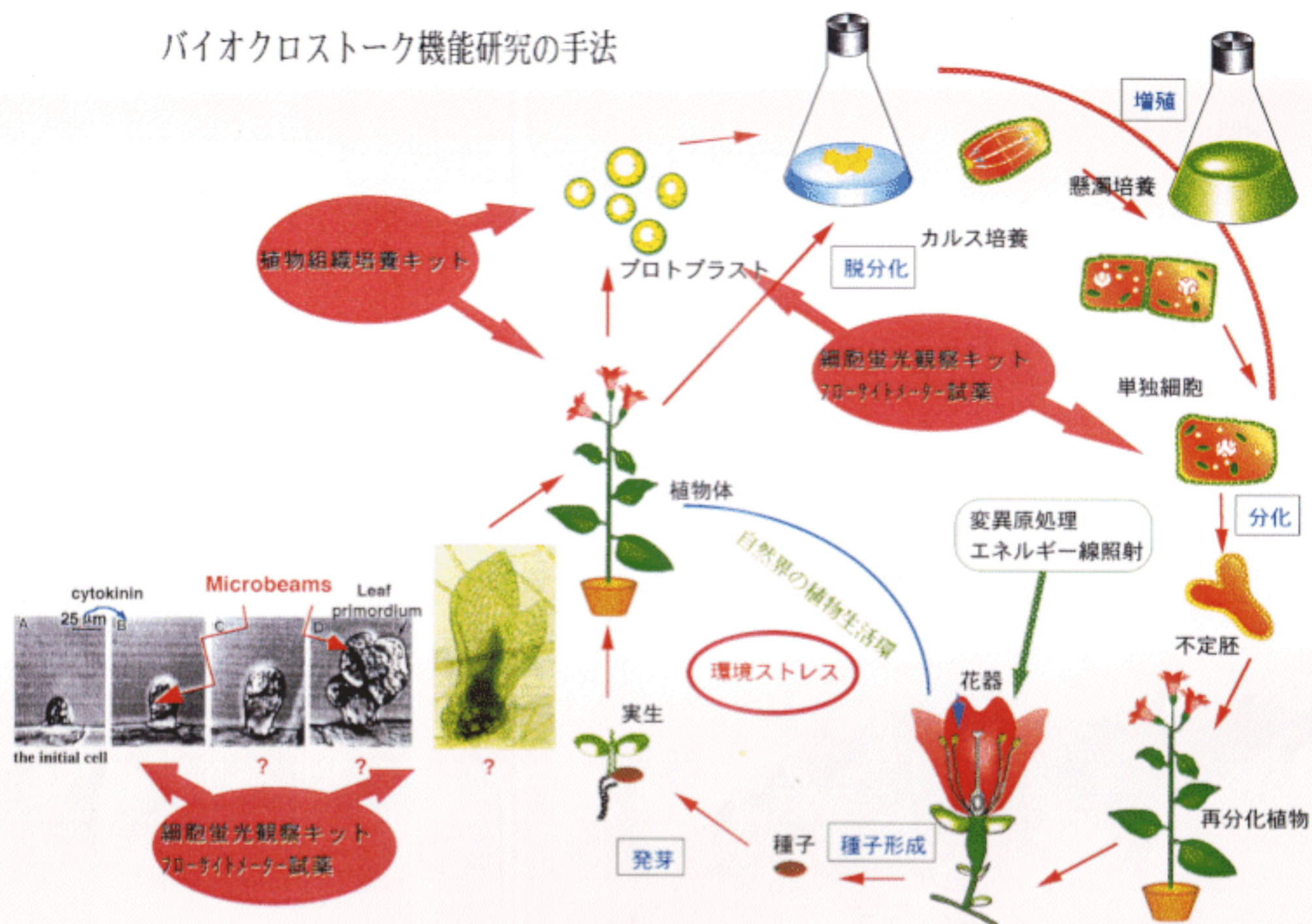


アト秒パルスレーザーの発生と計測に関する研究



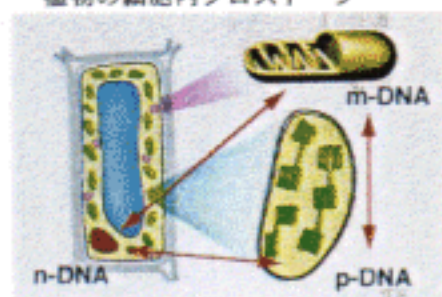
バイオクロストーク機能研究

バイオクロストーク機能研究の手法



バイオクロストーク研究 (植物)

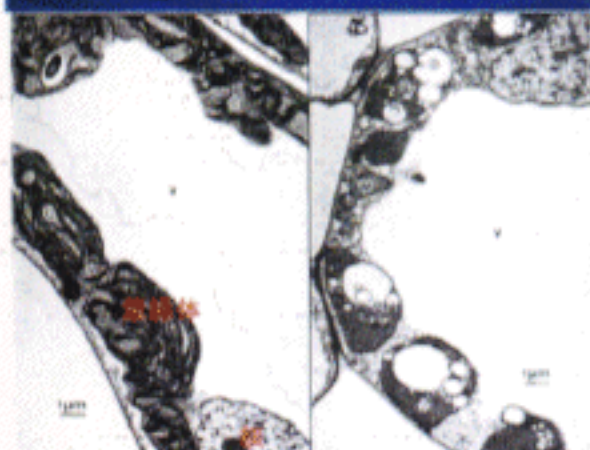
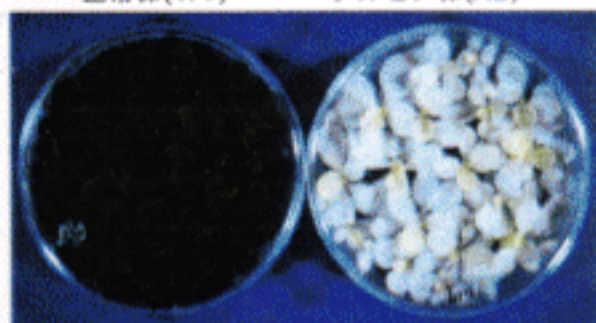
植物の細胞内クロストーク



重イオンビーム照射により誘発されたクロストーク変異株

正常株(WT)

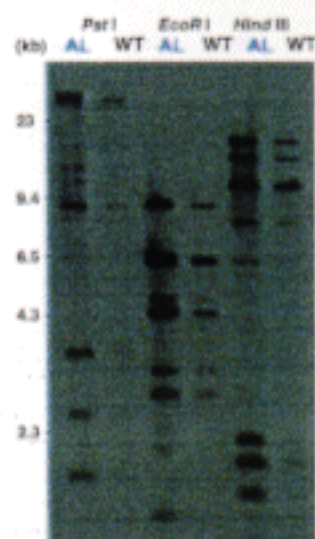
アルビノ株(AL)



正常細胞電顕

アルビノ細胞電顕

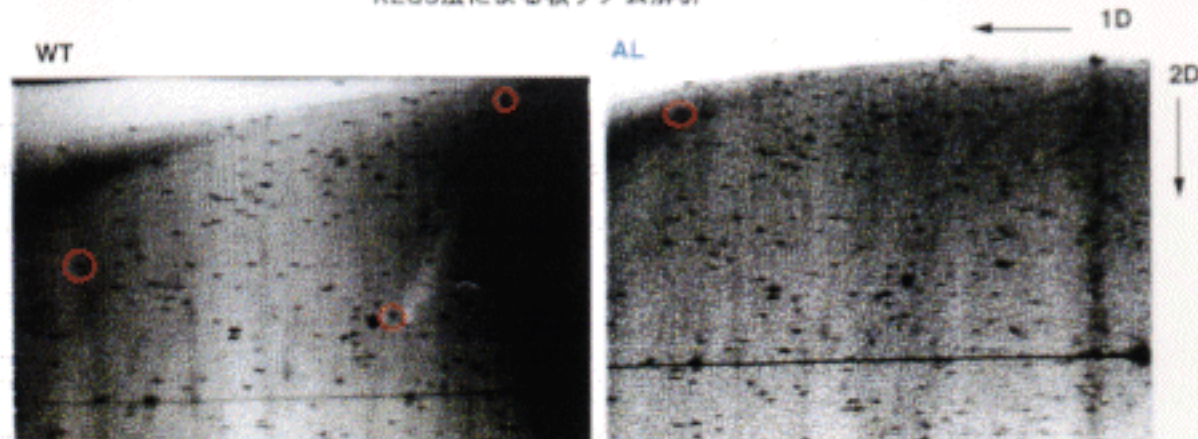
葉緑体ゲノム解析



葉緑体遺伝子の発現解析

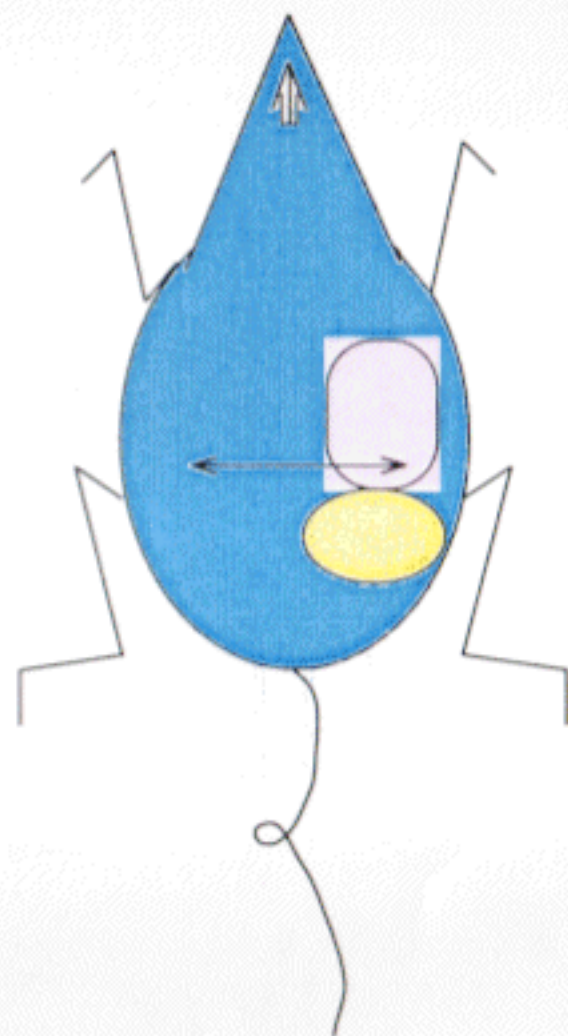
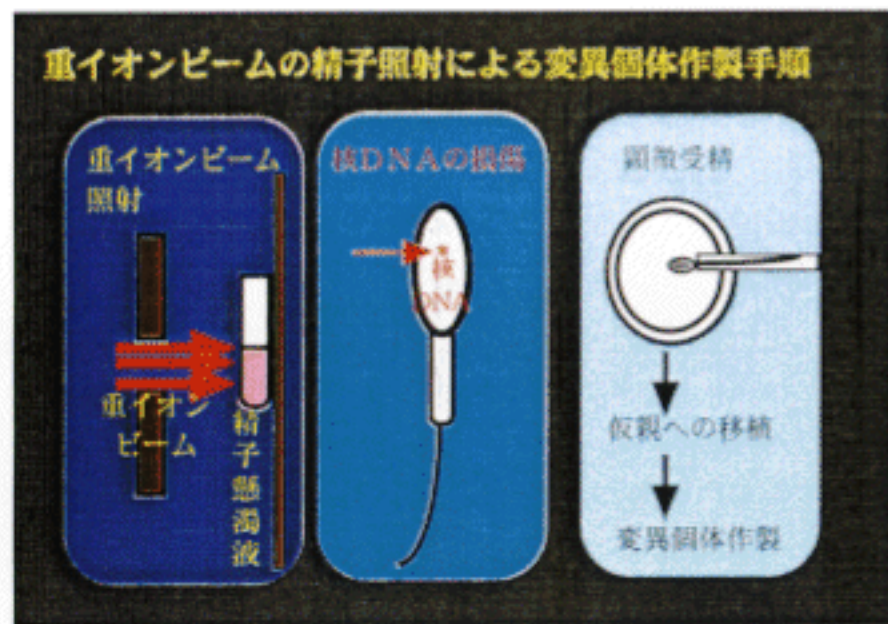


RLGS法による核ゲノム解析



重イオンビームを用いた変異動物の作製

モデル動物としてのマウス、特に変異遺伝子を有するミュータントはヒト疾患の病因解明や遺伝子機能の研究において、極めて重要な役割を果たしている。我々は、理研・リングサイクロtronを利用した重イオンビーム照射によって各染色体上の遺伝子座に変異を誘導し、有用な変異動物の作製が可能かどうかを検討している。現在、雄マウスの精巣に照射して生殖細胞に変異を誘導する方法と、雄から採取した精子に照射し、照射精子を用いた顕微受精により個体作製を行い、変異個体の検索を行っている。これまでに、右の写真の様な変異個体が効率良く得られており、今後、変異動物および新しい疾患モデルマウスを体系的に効率よく作製する上で重要な方法となることが期待される。



内臓の左右反転異常