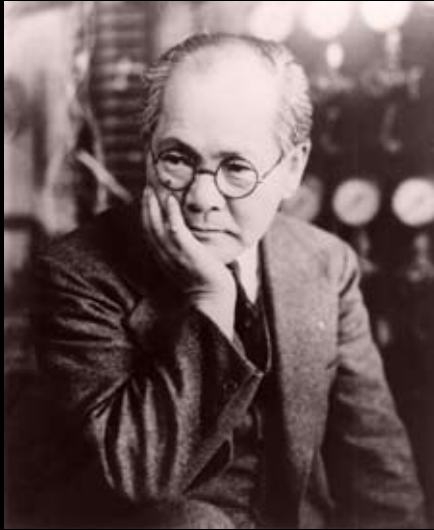




仁科加速器研究センター  
Nishina Center for Accelerator-Based Science



親方の遺志を受け継ぐ



**仁科 芳雄 (1890-1951)**

国内で初めて加速器を建造した、我が国における原子核物理、核化学、放射線生物のパイオニア。日本の現代物理学の父と称され、のちに湯川秀樹、朝永振一郎などを輩出した。仲間からは「親方」の愛称で呼ばれ慕われた。



仁科加速器研究センター長  
えんよ ひでと  
**延與 秀人**

理研に仁科芳雄研究室が開設されたのは1931年のことです。それ以来、理研には80年近い加速器科学の伝統があります。2006年はその伝統に新たなページを開いた年となりました。世界初の超伝導リングサイクロトロンSRCと超伝導RIビーム生成装置BigRIPSを擁するRIビームファクトリー(RIBF)が稼働を開始しました。そしてこの世界に冠絶する性能を誇る実験施設での研究を支える体制として、理研仁科加速器研究センター(仁科センター)が誕生しました。

仁科センターの第一義の使命は、原子核とそれを構成する素粒子の実体を究め物質創成の謎を解明することにあります。さらには、それら素粒子、原子核を農業、医療など産業に応用する技術の開発も重要な使命になっています。総合科学研究所たる理研の特徴を生かした幅広い研究展開は、かつて仁科芳雄自身が拓いたものであり、それゆえ、仁科センターはこの偉大な先達の名を冠することとなりました。

RIビームファクトリー(RIBF)の完成により、原子核物理学の世界は大きな転機を迎えました。今まで得ることの出来なかった数多くの不安定原子核を大量に生成し、その性質を調べ、究極の原子核描像を得ることにより、大宇宙が重元素を生み出した路程をたどる事が可能になります。強力になった重イオンビームは原子核物理のみならず、多くの応用研究も可能とします。RIBFのもたらす研究可能性は広大であり、世界中の研究者がここで輝かしい成果をあげられるよう研究環境と運営体制の整備をはかっていきたいと思えます。

初代センター長、矢野安重は世界に冠絶する加速器を完成させました。この施設から素晴らしい成果を生み出していくことが当センターの今後の使命です。次代の優秀な科学者が存分に活躍できるような仁科センターたるべく尽力していく所存です。関係各位のご指導ご協力を賜りたく、よろしくお願い申し上げます。

# 研究拠点

加速器科学研究の国際的なセンター

理研RAL支所(英国)



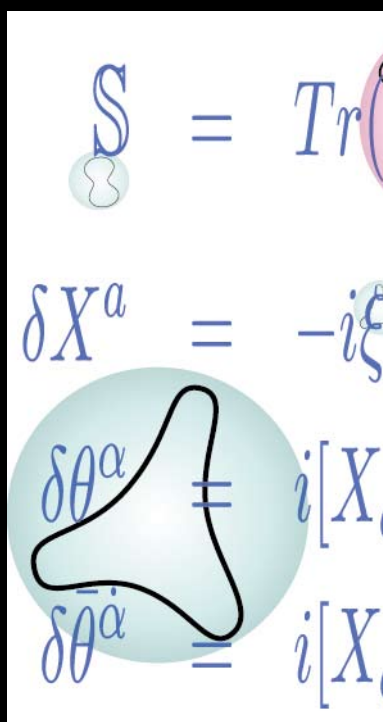
理研BNL研究センター(米国)



RIビームファクトリー(埼玉県和光市)

# 組織について

仁科加速器研究センターは「理論研究部門」「素粒子物性研究部門」「RIBF 研究部門」の3つの部門で構成されています



理論研究部門

物理の基本法則の探求、素粒子や原子核に関する理論研究を行っています。



素粒子物性研究部門

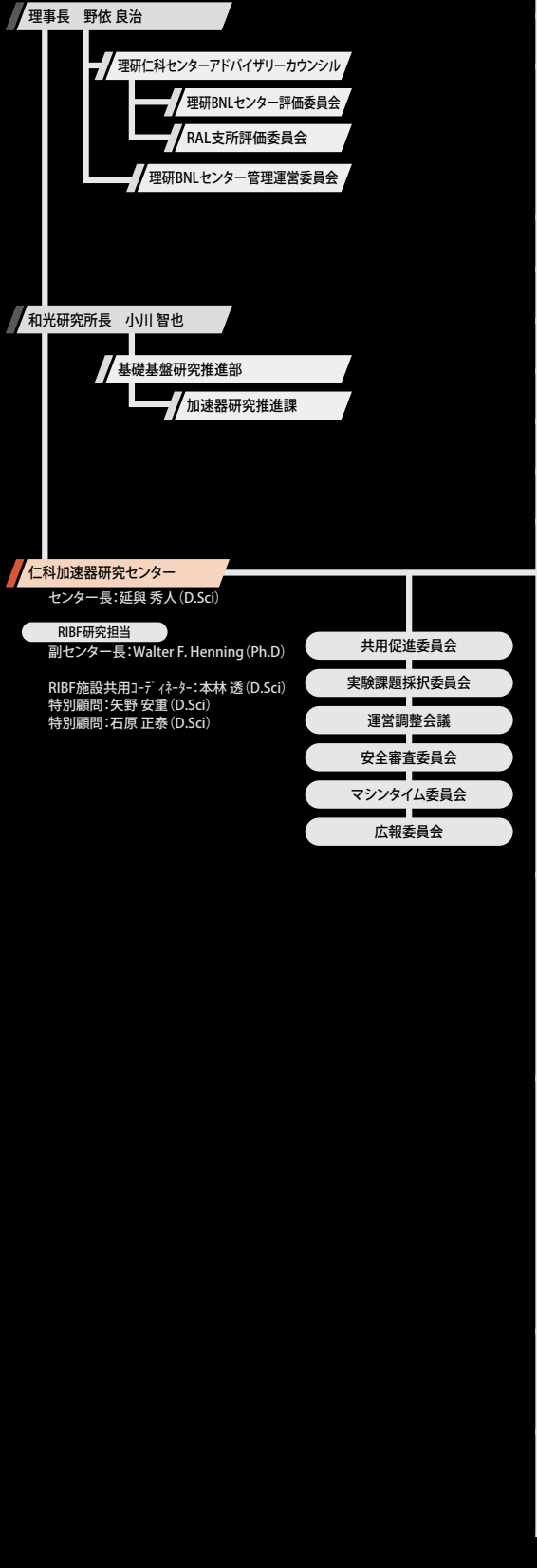
海外にある理研BNL研究センターと理研RAL支所を拠点都市た、陽子・中性子・ミューオンなどを用いた素粒子・原子核・物性に関する実験的研究を行っています。



RIBF 研究部門

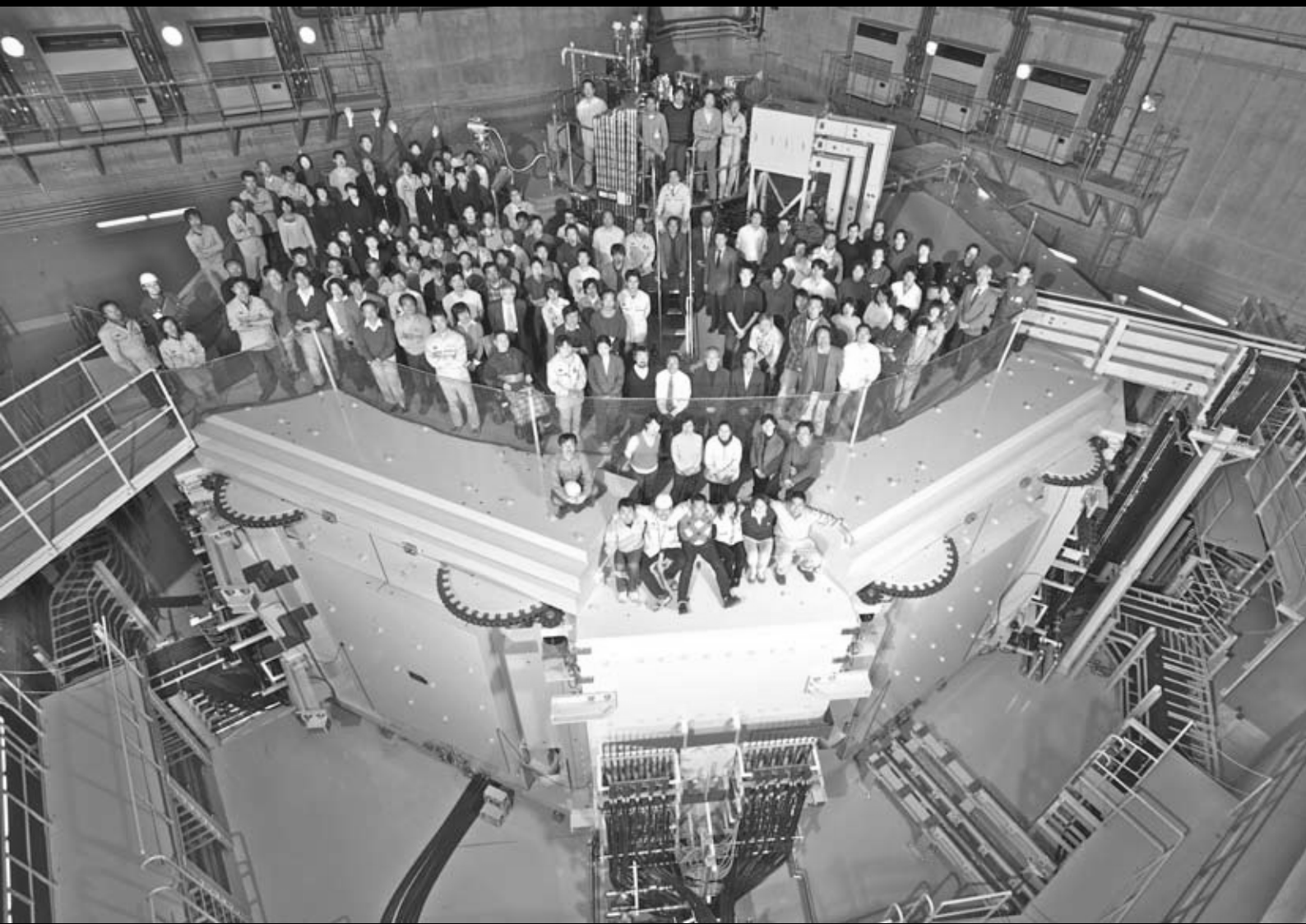
RI ビームファクトリーの重イオン加速器を用いた、さまざまな研究・開発とその利用支援を行っています。

# 組織図



研究部門

私たちが  
物質創成の謎を  
解き明かす。



## 理論研究部門

## 初田量子ハドロン物理学研究室

主任研究員：初田 哲男



我々の研究室では、少数個のクォーク束縛系（陽子・中性子やそれらの相互作用）から、大量のクォーク集合体（中性子星深部の高密度状態が存在すると考えられる）、そして大量のクォーク-反クォーク集合体（クォーク・グルオン・プラズマと呼ばれ、宇宙初期の高温状態で存在していたと考えられる）までを、ゲージ場の量子論に基礎を置く解析的アプローチと数値シミュレーションを併用して理論的に研究しています。さらに、QCD、冷却フェルミ原子気体、グラフィーンなどに共通して現れる強相関現象に関する理論的研究も行っています。

## 中務原子核理論研究室

准主任研究員：中務 孝



陽子・中性子の量子多体系である原子核の構造を解明し、その反応機構を記述する理論の開発を行なっています。原子核の性質を解明することは、物質の質量、核エネルギーの源、元素の誕生と星の進化などを理解することに直結します。RI ビームファクトリーで人工生成される未知の原子核に関する予言、新現象の機構解明も中心的な研究テーマであり、そのための計算科学の発展を積極的に推進しています。

## 肥山ストレンジネス核物理研究室

准主任研究員：肥山 詠美子



陽子、中性子の仲間である重粒子には、ストレンジネス（S）を持つラムダ粒子、シグマ粒子、グザイ粒子などがあり、ハイペロンと呼ばれます。このハイペロンと陽子、中性子とで構成される原子核がハイパー核です。このハイパー核を量子力学的3体・4体問題の観点から構造研究を行うことにより、ハイペロンと核子間の相互作用の統一的理解を目指しています。

## 橋本数理物理研究室

准主任研究員：橋本 幸士



物理学における数理的な側面は、多岐に渡る物理学の横断的な理解、そして新しい発見に欠かせないものです。当研究室では、超弦理論の数理とその応用を中心として、素粒子理論と原子核理論、そしてその周辺の理論物理学を研究しています。超弦理論は重力と量子力学を統一的に記述できる数理体系です。宇宙と素粒子の本質の理解に向けて、また、様々な物理理論の新しい側面の発見に向けて、研究を行っています。

## 素粒子物性研究部門

### 延與放射線研究室

主任研究員：延與 秀人



宇宙の開闢ビッグバンの直後、クォークとグルーオンのプラズマ状態が生まれました。それが冷える過程で、中間子が生成され、陽子と中性子が誕生します。質量の99%もこの時期に形成されました。私たちの興味はこれらの過程を理解することです。理研BNL研究センターをはじめとする国内外の加速器を利用した研究を主軸に、高度な測定器開発から大型解析システムの構築にいたるまで、幅広い研究活動を進めています。

### 岩崎先端中間子研究室

主任研究員：岩崎 雅彦



湯川秀樹博士が予言した $\pi$ 中間子より重いストレンジクォークを含んだ $K$ 中間子を「不純物」として原子核に埋め込むことにより、これまでに知られていなかった原子核の不思議な性質が見えてきます。また、 $\pi$ 中間子が壊れてできるミュオンはマイクロ磁気プローブとして物質研究に役立ち、水素同位体中では核融合を引き起こす、極めて有用で魅力的な素粒子です。私たちはこれら素粒子を用いて、物性から原子核まで幅広い研究を行っています。

### 理研BNL研究センター

センター長：Nicholas P.Samios



米国ブルックヘブン国立研究所(BNL)において、加速器RHICと世界最速の専用計算機を駆使し、クォークとグルーオンの物理を研究しています。RHICは世界で初めて偏極陽子や重イオンの高エネルギー衝突を実現した加速器です。特に偏極陽子の衝突実験では、陽子の中に閉じこめられたクォークとグルーオンの様子を調べ、陽子スピンの起源の解明に挑戦します。

### RAL支所

支所長：松崎 禎市郎



英国ラザフォードアップルトン研究所(RAL)に理研-RALミュオン施設を建設し、ミュオンビームの応用研究を行っています。RALの加速器ISISから供給される陽子ビームから大強度のパルス状ミュオンビームを生成し、ミュオン触媒核融合研究やミュオンスピン共鳴法を用いた物性研究、表面界面物理に應用する超低エネルギーミュオンビーム発生研究などが活発に進められています。

#### ■ 理論研究グループ

グループリーダー：Larry McLerran

#### ■ 計算物理研究グループ

グループリーダー：出淵 卓

#### ■ 実験研究グループ

グループリーダー：秋葉 康之

RIBF 研究部門

櫻井 RI 物理研究室

主任研究員：櫻井 博儀



天然に安定に存在する原子核に比べ陽子や中性子が極端に多い、人類がまだ見ぬ不安定核を生成し、そのエキゾチックな核構造・ダイナミクスを調べあげることが私たちの研究テーマです。高速不安定核ビームに適した新手法・検出器の開発に、果敢にかつげり的に挑戦することで、予想を超える新現象・性質を発見することを目指します。元素の起源や中性子星の内部構造にも関連する、非対称核物質の状態方程式の解明にも挑みます。

上坂スピン・アイソスピン研究室

主任研究員：上坂 友洋



原子核はハドロンの有限量子多体系であり、強い相互作用に司られた自己組織化系です。数千種に及ぶ原子核の世界において、多様性と規則性がどのようなメカニズムを通じて発現するのか？我々の研究室では、そのメカニズムを RI ビームファクトリーで得られる多種多彩な不安定核の実験研究から解明していきます。特にスピン及びアイソスピンという自然界の対称性を具現する物理量を駆使した新しい実験手法を開発し、従来の研究では到達できなかった新状態を生成したり、抽出できなかった情報を引き出すことを、研究の特徴としています。現在は、原子核系を特徴づける魔法数が安定線から離れた領域で発現・消失する現象を解明するため、スピン偏極陽子を用いた研究を進めています。

森田超重元素研究室

准主任研究員：森田 浩介



自然界では原子番号 94 番までの元素が発見されましたが、それ以上の原子番号をもつ元素は、核反応を用いて人工的に合成され、確認されてきました。人工合成されたものも含め、物質は約 100 種類の元素で成り立っています。私たちは、未発見元素や未知核種を探査し、核図表と周期表を拡大します。新元素の発見によって日本発の元素名を提案できる日も近いと考えています。

玉川高エネルギー宇宙物理研究室

准主任研究員：玉川 徹



宇宙の始まりであるビッグバンの直後は、水素とヘリウムしか存在しませんでした。星の内部の核融合や超新星爆発により、宇宙は 137 億年かけて、現在の多様な元素に満ち溢れた世界に進化しました。われわれは人工衛星を用い、天体からの X 線・ガンマ線を観測することにより、元素が創生される、まさにその現場を観測しています。加速器を用いた原子核の研究と合わせ、宇宙における元素合成のシナリオを完全に解明することを目指します。

望月雪氷宇宙科学ユニット

ユニットリーダー：望月 優子



巨大太陽フレアや超新星爆発といった天体現象が地球の成層圏の化学組成へ与える影響と、超新星爆発における重元素合成を理論的にシミュレートします。あわせて過去の大気情報を保存している南極氷床コアのイオン・同位体分析を推進します。これらの理論研究・実験研究を組み合わせ、太陽活動と気候変動との相関、ならびに氷床コア中の銀河系内超新星爆発の痕跡を探ります。我々の銀河系内の超新星爆発頻度がわかれば、まだ未解明の宇宙での重元素の合成に大きな制約をつけることができます。

加速器基盤研究部

部長：上垣外 修一  
副部長：奥野 広樹 (大強度化担当) / 福西 暢尚 (高安定化担当)



7つのチームから構成され、RI ビームファクトリーの重イオン加速器から多種類の重イオンを高強度で長時間安定に加速するための、さまざまな技術開発を行っています。また、施設の維持管理を行い、効率的な運転を目指しています。さらに、ビーム物理の研究を通して、小型で効率的な加速器の開発も行っています。

■ 加速器高度化チーム

チームリーダー：奥野 広樹

■ イオン源開発チーム

チームリーダー：中川 孝秀

■ リニアックチーム

チームリーダー：池沢 英二

■ サイクロロンチーム

チームリーダー：坂本 成彦

■ 運転技術チーム

チームリーダー：福西 暢尚

■ 低温技術チーム

チームリーダー：奥野 広樹

■ 加速器施設業務チーム

チームリーダー：加瀬 昌之

実験装置開発室

室長：若杉 昌徳



実験装置開発室では、RI ビームファクトリーの基幹実験設備を開発・建設をおこなっています。現在提案している基幹実験設備群は、多くのユーザーに研究の場を提供できる共通的设备と一つの目的に特化したユニークな設備により構成されています。この基幹実験設備群により、RI ビームファクトリーで繰り出される史上最強のRI ビームのもつ潜在能力を余すことなく引き出します。

- 低速RIビーム生成装置開発チーム  
チームリーダー：和田 道治
- 短寿命核質量測定装置開発チーム  
チームリーダー：若杉 昌徳
- 偏極RIビーム生成装置開発チーム  
チームリーダー：上野 秀樹
- RI・電子散乱装置開発チーム  
チームリーダー：若杉 昌徳

実験装置運転・維持管理室

室長：久保 敏幸



実験装置運転・維持管理室は、超伝導RIビーム分離生成装置 (BigRIPS) を始めとするRIビームファクトリーにおける基幹実験装置や関連する機器・システムの運転・維持管理と高度化を担当するグループです。また、同時に基幹実験装置の建設や関連する研究・技術開発も行っています。本グループは、RIビームファクトリーで繰り出される研究アクティビティや国際競争力を継続的にかつ効率的に発展させていくため、研究基盤と原動力を生み出していきます。

- 超重元素分析装置チーム  
チームリーダー：森本 幸司
- 情報処理技術チーム  
チームリーダー：市原 卓
- RIビーム分離生成装置チーム  
チームリーダー：吉田 光一
- 計測技術チーム  
チームリーダー：竹谷 篤
- 多種粒子測定装置開発チーム  
チームリーダー：本林 透

応用研究開発室

室長：阿部 知子



重イオンビームは、原子核の研究以外にも化学・生物・工学・環境研究など多くの分野で利用されています。応用研究開発室では、全国の研究者と共同で、重イオンビームによるRIトレーサーの製造と応用、植物の品種改良、DNA損傷の研究などを行っています。また加速器技術を用いた微量分析技術の開発も行っています。

- 生物照射チーム  
チームリーダー：阿部 知子
- RI応用チーム  
チームリーダー：羽場 宏光

共用促進・産業連携部

部長：酒井 英行  
副部長：上野 秀樹 (共用促進担当)



RIビームファクトリーは世界的な性能をもつ施設です。多彩な研究者による幅広い利用をはかり、その性能を最大限に発揮する研究を推進することは、共用促進・産業連携部の重要な使命です。内外の研究者による施設利用の促進、加速器を用いた実験の支援、加速器ビームの産業応用研究の展開および利用者の開拓を行います。

- 共用促進チーム  
チームリーダー：上野 秀樹
- 産業連携チーム  
チームリーダー：吉田 敦

安全業務室

室長：上養 義朋



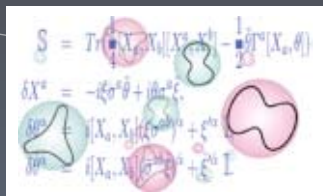
大強度重イオン加速器施設やRI実験施設を安全に運用するには、周辺環境への放射線の漏えいを十分許容できる低いレベルに保ち、実験者の放射線被ばくを合理的に可能な限り低く抑えることが必要です。安全業務室は日常の安全管理に責任をもつとともに、放射線管理の技術開発を行っています。

# 宇宙の始まりから今この瞬間まで137

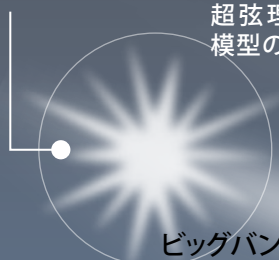
——マイクロとマクロをむすぶ加速器科学

## 究極理論を求める

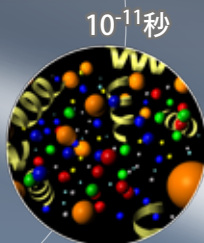
この宇宙がどのように始まったのか、その謎にせまるためには、自然界のもっとも基本的な物理法則を理解する必要があります。究極の理論と呼ばれている超弦理論を完成させることによってそれが可能になると私たちは考えています。



超弦理論を定式化する行列模型の数式。



ビッグバン

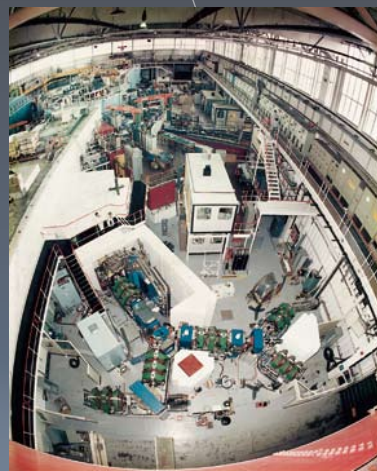


10<sup>-11</sup>秒

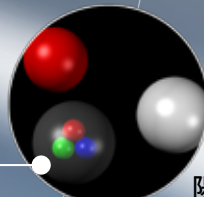
質量の誕生

## 不安定粒子による物質研究 素粒子で物質・原子核を探る

加速器で生み出される様々な粒子は物質の性質を研究する上で極めて有用なプローブとなります。ミュオンは物質内の磁場のマイクロプローブであり、水素同位体に埋め込むと核融合を誘発します。また湯川秀樹博士が予言した中間子は、原子核内の性質を調べるのに非常に適しています。



英国ラザフォードアップルトン研究所に建設した理研ミュオン施設。



10<sup>-4</sup>秒

陽子、中性子の誕生



3分

軽元素の誕生

## はじめの元素、陽子、中性子の誕生

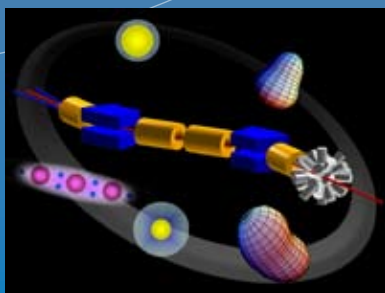
ビッグバンで生まれた超高温の宇宙は膨張しながら冷えていき、0.0001秒後には3つのクォークがグルーオンによって結び付けられ、はじめの元素、陽子と中性子が誕生します。このもっとも単純な元素の謎に、米国ブルックヘブン国立研究所(BNL)と共同で挑戦します。



金原子核同士の衝突で発生する粒子群。このような反応を解析してクォークとグルーオンのプラズマ状態や陽子の内部構造を解明する。

## 極限原子核を知る

不安定な原子核は重い元素を創り出すのに重要な役割を担っています。RIビームファクトリーでは世界最多の約4,000種類のRIビームを駆使し、未知の不安定核の寿命や質量、大きさ、形状などをさぐります。満月に暈(かさ)がかかったような原子核やバナナ型など特異な私たちの原子核の研究から、今までの常識をぬりかえる発見が期待されています。



ゼロ度スペクトロメータ。ウランまでの重い原子核に対応する多機能ビームライン。

## 金やウラン元素誕生の謎を解き明かす

星の内部で炭素から鉄までの重元素が誕生します。重元素は生物にとっても重要な元素。そして21世紀に残された人類の大きな謎は、鉄からウランにいたる重い元素がどこでどのようにして創成されたのか。RIビームファクトリーでは非常に中性子過剰で極限的な不安定核の研究に挑戦し、初めてこの金やウラン元素の生成過程を解き明かします。



稀少RIリング。世界に類のないユニークな方式で質量を測る。

# 億年をつなぐ架け橋

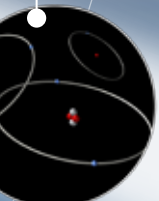
## 人類がまだ見ぬ、原子核・元素を創る

現在2,900種類もの原子核が知られています。しかし理論的には約10,000種類の原子核の存在が予測されています。RIビームファクトリーでは人類がまだ見ぬ原子核を1,000種類以上発見し、原子核ワールドを飛躍的に拡大させます。そして元素の世界も広がります。2004年7月、私たちは研究者の夢の一つである超重元素・113番元素を発見しました。さらに重い元素の発見をめざした探究も続いています。



史上最も高性能な超伝導リングサイクロトロン。光速の約70%まで重イオンビームを加速できる。

38万年



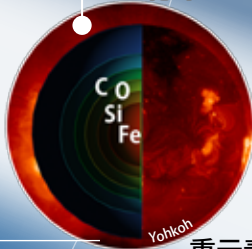
中性原子の誕生

4億年



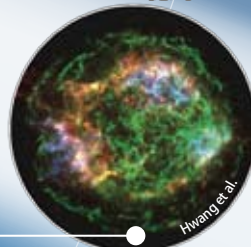
最初の星の誕生

4億年～



重元素の誕生

4億年～



超新星爆発と元素の拡散

## 学際連携で超新星を探る

重い星の末期の大爆発が超新星爆発です。超新星爆発は炭素より重いすべての元素を宇宙空間にまき散らします。しかし金やウランが本当に超新星で創られたのかどうかはわかっていません。天文衛星を用いて金やウランの元素合成の現場を特定します。さらに南極の氷に秘められた、超新星爆発の痕跡を探ります。



南極ドームふじ基地で掘削された氷床コア。百万年の記録が眠る。

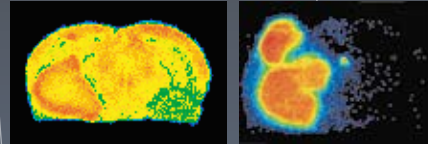


観測衛星「すざく」

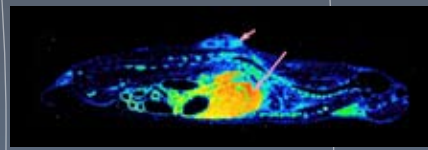
## 生体の機能を一網打尽に解明する マルチトレーサー

応用

生体は色々なイオンを通じて情報伝達を行っています。不安定な原子核でできたイオンのカクテル(マルチトレーサー)を生体に注入し、その崩壊をみることによって



ネズミの脳。不安定核のイオンがある部位に集まっている様子。



生体の機能伝達の様相が一網打尽に分かります。将来は人間の難病の診断にも利用できると考えられています。

## 重イオンビームで新しい植物を作る

応用

重イオンビームの照射によって突然変異を効率よく起こせることに着目し、植物の新しい品種改良法の開発を行っています。最近では、海水の25%の塩分濃度がある塩害水田でも育つイネを開発しました。このような研究をとおして、食糧問題や環境問題にも貢献します。

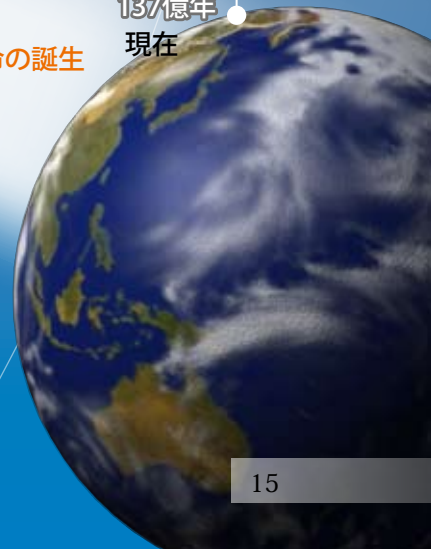


重イオンビームによる蘭の品種改良の一例。写真提供：(株)向山蘭園

137億年

現在

生命の誕生

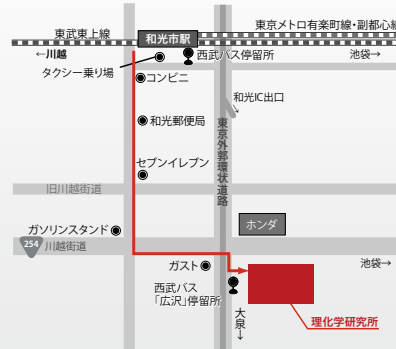


## アクセスマップ

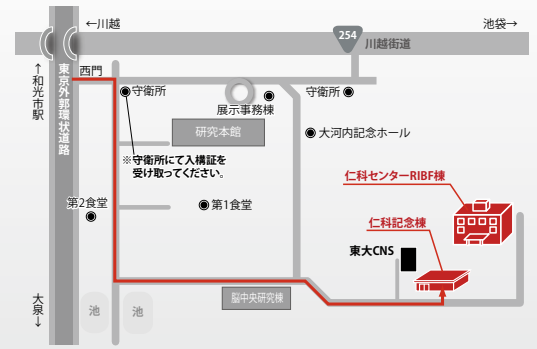
### 電車で和光市駅まで



### 和光市駅から



### 理研入口から仁科センターまで



### 電車 東京駅から和光市駅

東京駅 — 池袋駅

東京メトロ丸の内線 (約 17 分) 又は JR 山手線 (内回り) (約 23 分)

池袋駅 — 和光市駅

東武東上線・急行 (約 12 分) 又は 東京メトロ 有楽町線または副都心線 (約 19 分)

### 車 首都高速から

都心方面より首都高速 5 号線 高島平ランプ下車

三園 2 丁目交差点を左折 笹目通り直進

和光陸橋下交差点を右折 国道 254 号線 (川越街道) 沿い左側

### 外郭環状道路 (外環道) から

三郷、常磐道方面より和光 IC 下車

外環道側道沿いに直進し、理化学研究所前交差点直進、左手より入口



独立行政法人 理化学研究所 和光研究所  
仁科加速器研究センター

〒 351-0198

埼玉県和光市広沢 2-1

Tel : 048-467-9452

Fax : 048-461-5301

URL : <http://www.nishina.riken.jp/>