

量子ビームテクノロジーの研究開発・利用推進について

報告書

平成18年6月

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
原子力分野の研究開発に関する委員会
量子ビーム研究開発作業部会

目次

はじめに	1
1 量子ビーム施設に係る研究開発の進め方	
1-1 大強度陽子加速器施設(J-PARC)整備の進捗と今後の研究開発計画	2
1-2 RI ビームファクトリー(RIBF)整備の進捗と今後の研究開発計画	3
2 量子ビーム施設の利用システムのあり方	
2-1 ビームラインの整備と施設運営のあり方	
1) 府省間連携・海外ユーザー等に柔軟に対応できる体制整備の必要性	4
2) 産業利用と学術研究利用のバランス	5
3) 量子ビーム利用促進プログラムにおける対象施設・地域の拡大について	6
2-2 共用促進法による J-PARC ビームライン整備の可能性	7
3 各種ビームの横断的利用を支えるプラットフォーム整備と人材育成	
3-1 量子ビームの横断的利用への取組み(プラットフォームの整備)	8
3-2 専門人材の育成・確保の方策	
1) 量子ビーム施設に係る専門研究者・技術者の育成・確保	9
2) 量子ビームプラットフォームの運用に係る人材の育成・確保	10
3-3 量子ビーム利用の意義・成果の普及	11
おわりに	12

はじめに

「量子ビーム」とは、加速器や高出力レーザー装置、原子炉等の施設から供給される、光子、イオン、電子、中性子、ミュオン、ニュートリノ、中間子等の種々のビームが、広範な先端科学技術分野に利用されるに伴い、これらのビームの総称として使われる概念である。

近年、これら量子ビームを発生・制御し、高精度な加工や観察等を行う利用技術である「量子ビームテクノロジー」と呼ぶべき新たな技術領域が形成されてきている。こうしたビーム発生・制御技術の高度化・多様化に伴って、従来の水準を大きく超える高い性能での物質の構造解析や加工・物質創製等が可能となっており、基礎科学研究の新領域への展開が図られるとともに、産業分野での実用段階の応用に至る広範囲に亘る利用が進められている。これら量子ビームの高い潜在能力に立脚し、ナノテクノロジー、ライフサイエンス等最先端の科学技術・学術分野から各種産業に至る幅広い分野での更なる活用が期待されている。こうした観点を踏まえ、第3期科学技術基本計画においても、ナノテク・材料分野の戦略重点科学技術の「ナノ領域最先端計測・加工技術」に包含される技術として量子ビームが取り上げられているところである。

本報告書では、このような状況に鑑み、現在整備中の大型量子ビーム施設を主対象として、研究開発の進め方、利用システムのあり方及び横断的利用を支えるプラットフォーム整備と人材育成について検討した結果を報告する。

1 量子ビーム施設に係る研究開発の進め方

1-1 大強度陽子加速器施設（J-PARC）整備の進捗と今後の研究開発計画

J-PARC は 2001 年度の建設着手から 6 年目を迎え、2006 年度初頭の時点で約 7 割が完成している。2006 年 2 月には J-PARC センターを発足させ、一体的な施設管理・運営が開始された。

今後の計画としては、2006 年度末までにリニアックのビーム試験を開始し、2007 年度に 3 GeV シンクロトロン of ビーム試験、2008 年度には 50 GeV シンクロトロン of ビーム試験に着手する予定である。

J-PARC を構成する 3 つの実験施設のうち、物質・生命科学実験施設（MLF）では 2008 年度初頭にビーム試験を開始し、同年度内には中性子ビームの供用を開始する。原子核・素粒子実験施設（ハドロン実験施設）では 2008 年度下旬にビーム試験を開始し、ニュートリノ実験施設では 2009 年度初頭にビーム試験を開始する予定である（図 1, 2）。

中性子実験用ビームラインについては、現在までに、茨城県の 2 本、日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」）の 2 本、高エネルギー加速器研究機構（以下「高エネ機構」）の移設分 4 本等が予算化され、J-PARC/MLF のパルス中性子源のビーム供用開始に向け設計・整備が進められている。

J-PARC/MLF の世界最大の強度を持つパルス中性子源を用いるビームラインは、学術研究から産業利用までの幅広い分野からの注目を集めている。第 3 期科学技術基本計画では重点推進分野として、ナノテク・材料、ライフサイエンス、環境等が挙げられているが、J-PARC/MLF のパルス中性子による研究はこれらの多くの分野での貢献が期待される。

中性子ビームに代表される量子ビームの利用技術は、今や我が国は世界のトップレベルにあるが、今後のビーム性能の向上及び機器開発等を通じた計測・加工・創製技術の更なる高度化により、新しい現象の発見・原理の解明及びイノベーションの創出に重要な役割を果たすことができる。我が国の科学技術及び産業の国際競争力の強化に大きく貢献するためにも、量子ビームを基礎研究から産業応用までの幅広い分野において効果的に活用する必要がある。

その一方で、国際的な視野を見た場合、J-PARC/MLF は米国の SNS、英国の ISIS-2 と熾烈な競争下にある。2006 年 4 月にファースト・ビームを発生した SNS 及び 2007 年完成予定の ISIS-2 と比較して、J-PARC/MLF は現行計画で 1～2 年弱遅れてファースト・ビーム発生 of 予定となっており、想定する中性子源 of 性能の高さを勘案しても、国内ユーザー・人材 of 海外流出 of 可能性が指摘される等、国

際競争上厳しい状況にあるといえる。

なお、リニアックの加速性能については、現状では当初計画の 400 MeV に対し、半分の 200 MeV での整備が進められており、中性子強度の不足を招くことになる。中性子ビームの利用効果を最大限高めるためにも、2003 年の科学技術・学術審議会による中間評価での指摘に沿って、加速器の運転開始後速やかに当初の性能に回復すべく、検討を進める必要がある。

1-2 RI ビームファクトリー(RIBF)整備の進捗と今後の研究開発計画

RIBF 計画とは、水素からウランまで全元素の RI ビームを、その種類と強度において現在の世界水準を遥かに凌ぐ性能で発生させる重イオン加速器と独創的な実験設備によって、究極の原子核モデルの構築や元素起源の解明等を主な目的とした研究を行うものである。また、基礎研究のみならず産業界の RI ビーム利用を通じて、学術研究・産業利用の両面において我が国の技術水準を向上させ、国際競争力強化に貢献することが期待されている。

1997 年度から、世界初の超伝導リングサイクロトロン (SRC) と超伝導 RI ビーム生成分離器 (Big RIPS) を主力装置とする「RI ビーム発生系施設」、及びこれら装置類を収容する建屋の整備に着手し、2005 年度には建屋部分が完成した。現在は、2006 年度の RI ビーム発生系施設の完成を目指して装置類の整備を進めており、同年度中にファースト・ビームの発生が予定されている。(図 3)

施設整備に際しては、これまでに蓄積された加速器建設技術のノウハウと、原子核物理、化学、材料、生物、医科学等の幅広い分野における加速器利用研究の成果を結集して進められている。本施設の活用により世界最多となる 4000 種を超える RI ビームを利用し、原子核・元素を対象とする根源的研究や核図表の拡大を図るための学術研究とともに、新しい RI 技術を利用した創薬、材料、医療、環境科学分野への応用と新産業の創出、原子力基盤技術の拡充に貢献することが期待されている。今後は、独創的な実験設備の設置により、RI ビーム利用研究の着実な推進と新たな研究テーマの開拓が可能となる研究環境の整備が計画されている。

施設の運営にあたっては、2006 年 4 月より理論・応用研究、加速器の技術開発・維持管理から国内外研究機関との研究協力、外部ユーザーの支援・開拓までの業務を一元的に管理する「仁科加速器研究センター」が理化学研究所(以下、「理研」)内に発足したことにより、独自性の高い効率的な組織運営が期待されている。

2 量子ビーム施設の利用システムのあり方

2-1 ビームラインの整備と施設運営のあり方

1) 府省間連携・海外ユーザー等に柔軟に対応できる体制整備の必要性

J-PARC/MLF のビームライン整備・運営では、施設設置者（以下「施設者」）の予算による整備や、大学等の第三者研究機関、地方自治体、企業・コンソーシアムによる整備の他、競争的資金を活用した整備も有効であるが、競争的資金での機器開発・整備に当たっては、諸外国における先行事例も参照しつつ、資金助成期間終了後の取扱も考慮した上で、これらの機器に係る運営体制の構築、運転・管理経費の確保に留意する必要がある。

これらのビームライン設置計画については、コスト回収の観点に留意しつつ、科学技術的観点や産業促進の観点、技術的実現性等に基づく評価・決定が不可欠である。

RIBF は、加速器とともに基幹実験設備までを施設者である理研が整備し、付加する測定装置等は各ユーザーが自ら設置するという、全体が共用ビームライン的なものとなっている。また、理研を含む全ての実験課題の公募・審査・ビームタイム割当等は、外部委員を含めた実験課題採択委員会等により決定されるとともに、共用に係る運営システム検討のための専門委員会組織も設置されている。

J-PARC や RIBF のような最先端の大型量子ビーム施設における実験機器の性能向上・更新にあたっては、専用ビームライン設置及び産業利用促進の実績等で先行する大型放射光施設 SPring-8 の各種利用制度を参考にしつつ、対応することが望ましい。

最先端の量子ビーム施設は、大型化やビームの大強度化に伴い、多額の運転経費を要するようになってきている。このため、施設者のみによる運転経費の負担はより困難なものとなってきており、施設者以外の利用に際し、コスト回収の一環として利用形態に応じた適正な料金の徴収が重要となる。その際、ビーム施設の共用を効果的に進めるためには、有償利用を先導する成果非専有の利用をまず促進して施設の有用性を内外に示すべく、当該施設を試用する仕組み（トライアルユース制度）の適用も重要である。

こうした料金徴収によるコスト回収のあり方を検討する際には、多くの経験を重ね制度設計・運用が進められてきた SPring-8、及び大学共同利用施設等の国内先行施設や海外施設における利用体系を見極めた上で、効率的・合理的な利用体系の下、施設者が海外の同種施設に対して十分な国際競争力を有するよ

う留意することが重要となる。

特に、J-PARC/MLF では、施設者である原子力機構や高エネ機構のほか、茨城県等の様々な設置主体間での利用料金体系の整合性の確保が今後の重要な検討課題である。同時に、原子力機構内の他の共用施設との利用料金体系の整合性についても考慮が必要となる。これらを踏まえ、利用者に対し混乱を与えることなく円滑な利用促進を図る上で、透明性ある分かりやすい料金体系の構築が不可欠である。

なお、大型研究施設の「国際公共財」としての位置付けを踏まえれば、海外からの利用の受入れ体制の整備も検討を要する。但し、国内産業振興の観点からは、WTO 等の国際ルールとの整合性等に配慮しつつも、産業界の排他的利用における国際アクセスの制限についての慎重な検討が必要である。

加えて、産業界における利用拡大において、ビーム利用における分析代行サービスをはじめとした各種測定・分析を精密かつ高信頼度で行うにあたっては、「標準物質」作成や分析法標準化への取組みが必須である。従って、標準化への取組みに係る関係専門機関や府省間の連携・協力が一層強化されることが期待される。

2) 産業利用と学術研究利用のバランス

ビーム施設の利用形態には学術研究利用と産業利用があり、学術研究利用については理学に代表される基礎研究(原理的・一般的)と工学的な応用研究(具体的・個別的)、産業利用においては基礎研究に近い応用研究と商品開発を目指した実用化研究をそれぞれ主体とする方向性がある。このような互いの目指す方向性の違い及びその相互関係を踏まえつつ、産学連携等を通じた基礎 応用 開発のリンケージを強化していくためには、学術研究利用と産業利用とのバランスのとれた展開が必要となる(図4)。

ビームラインの設置に当たり、先端的な研究を実施する際には特殊目的化した専門性の高いビーム機器を設置することが多いが、時間の経過とともにこれらが汎用装置として利用される割合が増加する。一般的に、学術研究利用と産業利用の両面において、幅広い研究分野での利用を多数の汎用ビーム機器が支えているのが現状であり、産学が連携して裾野の広い応用研究を促進するための多様なビームライン整備が望まれる。

J-PARC/MLF における中性子利用研究を例にとると、ナノテク・材料、ライフサイエンス等の分野において幅広い活用が期待できる計測・解析に主眼を置いたビームラインの提案がなされており(図5,6)、これと併せて利用予測調査等

が行われている。具体的には、施設の設計上 23 本の設置が可能とされているのに対し、現在までに 28 本の実験ビームラインの設置提案がなされており、このうち既に 11 本が種々の形で予算化されている。また、現在稼働中の原子炉中性子（連続ビーム）利用施設である JRR-3 には、産業利用に供する原子力機構所有の実験装置が 13 本（この他、東京大学物性研究所による大学共同利用のビーム機器 11 本）設置されており、これらの利用状況を踏まえ、J-PARC/MLF への設置提案がされているビームラインの利用予測調査においては、茨城県の提案ビームラインを含め、平均して学術研究利用（大学・公的研究機関等）が 62%、応用研究（産学協同）が 16%、産業利用（産業界独自）が 22%との内訳となるものと予想される。

JRR-3 の産業利用率は、産業利用の前段階である自治体等の利用や企業との共同研究分も含め、2005 年度実績では 6%であったものが、2006 年度上半期の段階で 9%に増加している（図 7）。これは、2006 年度から実施機関：（財）放射線利用振興協会（以下「放振協」）の中性子利用に係るトライアルユース制度や原子力機構による施設共用制度等、新規利用促進プログラムが開始されたことによるものと言える。

このことから、量子ビーム利用における学術研究の成果をベースに産業利用の拡大を図っていく上では、その「橋渡し」の役割を果たす産学連携・協同による個別具体的テーマに係る応用研究の効果的な編成・推進が特に重要であると考えられる。

3) 量子ビーム利用促進プログラムにおける対象施設・地域の拡大について

文部科学省は 2006 年度より、原子力発電施設等立地地域（以下「立地地域」）を対象とした電源開発促進対策特別会計（以下「電源特会」）の放射線利用・原子力基盤技術移転事業の一環として、量子ビームの中でも今後の利用拡大が特に期待される中性子ビームを取り上げた「中性子利用技術移転推進プログラム」を新たに立ち上げることとなった。

本プログラムでは立地地域の産業界や研究機関における潜在的ユーザーに対し、セミナー開催等に加え、中性子源として原子力機構の研究炉（JRR-3, -4）を用い、中性子ビームの試行的な利用の機会を提供する。更には課題の受付・審査・実行に際し、コーディネータによる助言等を行い、ユーザーに対してより効果的な利用技術の移転を図るものである。

本プログラムは中性子ビームの利用技術移転のための施策であるが、各種量子ビームが持つ特性を相補的に利用することで、より大きな成果を生み出すも

のと期待されることから、量子ビーム全般の利活用における技術移転の推進という本来の目的を達成するために、早期に対象とする施設の拡大を検討する必要がある。なお、これについては現行の電源特会事業の趣旨を勘案すれば対応が可能であると考えられる。

一方、対象地域の拡大については現行の電源特会事業を拡充する形での対応は不可能であることから、対応策として

- ・ 現行プログラムを活用しつつ、立地地域以外を一般会計に基づく他の施策で補完する
- ・ 現行プログラムを発展的に解消し、全国共通の一般会計プログラムを改めて創設する

等が考えられる。これらについては現行プログラムの成果を見極めつつ、今後の検討が進展することが期待される（図8）。

2-2 共用促進法による J-PARC ビームライン整備の可能性

第3期科学技術基本計画において、「先端大型共用研究設備の整備・共用の促進」が詠われており、最先端の大型研究施設は、広く共用に供することが世界最高水準の成果の創出につながるものと位置付けられている。こうした現状の下、先端大型研究施設の共用を促進するため、「特定放射光施設の共用の促進に関する法律」の一部改正が行われ、「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」（以下「共用促進法」）として成立した（2006年7月1日施行）。

J-PARC/MLF の中性子実験施設については、世界最大のパルス強度をもつ最先端の大型研究施設であり、ナノテク・材料、ライフサイエンス等の広範な分野において世界最高水準の研究環境を実現するものと期待されている。また、利用受入れの許容量も十分に大きいことから、施設整備機関に所属する研究者のみの利用にとどまらず、産学官の幅広いセクターの研究者の共用に供し得るものと考えられる。以上のことから、J-PARC/MLF は前述の先端大型共用研究設備に相当すると考えられ、共用促進法の対象とする意義は高いと言える。

中性子実験用のビームラインに関しては、現在までに28本が提案され、「多くの利用課題数が期待でき、産業界を始めとする幅広い利用者層に使われるもの」及び「産学連携の橋渡しとなる応用研究について、今後の発展が特に期待できるもの」並びに「先端性が高く、将来の産業利用の飛躍的な拡大が期待されるもの」を基準として共用促進法による整備・運用の適合性についての検討が行われ、共用に供することに相応しい多くのビームラインが見出されつつある。

共用促進法によりビームラインが整備されることにより、専ら外部共用に供する装置の整備予算・運営体制が確保され、専門知識を有しない利用者に対する支援環境の着実な整備が可能となり、産学官に亘る幅広いセクター・分野において利活用が促進されると期待できる。

一方で、J-PARC 全体の施設の安定的かつ十分な稼働・運用の実現を前提として、共用促進法の適用に当たっては、法人固有のミッションと共用部分の切り分け、所有者の異なる装置が混在する中での円滑かつ効果的な課題審査を行う仕組みの構築等を検討していくことが必要と考えられる。

3 各種ビームの横断的利用を支えるプラットフォーム整備と人材育成

3-1 量子ビームの横断的利用への取組み（プラットフォームの整備）

各種の量子ビームは、それぞれ固有の物理的特性等を有しており、これらを有効に生かした複数の量子ビームの相補的な利用によって、対象物質の構造・機能を俯瞰したより高度な計測・分析・加工等が可能となる。このような利用方法の普及を通じて、研究開発・利用等の大きな発展を実現させるためには、各種量子ビーム利用を横断的に進める産学官の「プラットフォーム」の整備が極めて重要となる。

プラットフォームの整備は、筑波研究学園都市をはじめとした公的研究機関や民間企業の研究開発部門など高密度研究集積地域において取組みが推進されている。量子ビームプラットフォームの構築例として、原子力機構、理研、物質・材料研究機構等を核とし、大学・関係機関・産業界等の連携によりナノテク・材料分野の先端的研究開発を行う構想が検討されている。本構想は、中性子、イオン、電子、放射光、レーザー等の量子ビーム施設の横断的利用を通じて、超伝導材料等の革新的材料研究や燃料電池等のエネルギー材料研究を行い、科学技術の発展による産業競争力の強化と、国際競争に勝ち抜く力を養うことを目的とするものである（図9）。

こうした広範なプラットフォームを活用した研究開発の一環として、実際の量子ビーム施設を活用した研究に先立ち、先端的な計算科学・情報処理技術等を活用したシミュレーションを実施し、最適の利用条件を探索することも、ビーム利用に係る費用節減や成果創出までの時間短縮の観点から有効な手段と考えられる。

プラットフォームの運用に当たっては、これに係る新たな公的運営機関の設立は事実上困難であることから、放振協、(財)高輝度光科学研究センター等の既存ビーム施設の利用促進を担う公的機関の機能・体制の拡充が望まれる。ま

た、量子ビーム施設利用者を支援するコーディネータ等を配置した関係専門機関、及び自治体の効果的連携・協力の下、ニーズ即応型の課題設定・体制整備、窓口機能・サービスの体系化や柔軟な制度運営等を通じ、各地域及びこれを横串に貫く形でのより幅広いプラットフォーム構築を目指した取組みを進めることが重要である。

3-2 専門人材の育成・確保の方策

1) 量子ビーム施設に係る専門研究者・技術者の育成・確保

量子ビームの主たる供給源となる加速器等に係る研究開発の進展を図り、更なる高度化・多様化するビーム機器を整備・運用するに当たっては、当該分野における高度な技術・知識を有する専門人材の育成・確保が継続的に必要となる。特に、加速器本体の高性能化、ユーティリティ（操作性）向上等に必要な技術・機器開発及び加速器の機器整備や運転等の役割を担う研究者や技術者が必要とされる。こうした専門人材の育成には、理学・工学系の大学・大学院において専門的な知識教育・訓練を受けるだけでなく、量子ビーム施設を直接取扱う研究・実験を通じて経験的・実践的に知識や技術を習得できる環境の整備が必要である。

その方策としては、専門人材の育成・確保に向けた大学・大学院教育の充実・強化及びポスドク制度等の活用、量子ビーム利用を支える専門技術者を対象とした研修・訓練の充実、大学学部生等を対象とした先端的な量子ビームの教育・研修制度の創設等が必要と考えられ、その一部については既に総合研究大学院大学や東京大学工学系研究科（原子力専攻（専門職大学院））のプログラム等により具体化されている。

その他、優秀な人材を惹きつけられるように、量子ビーム開発・利用研究において中核的役割を担う複数の量子ビーム関連学協会（日本中性子科学会、放射線化学会、他）等の横断的連携・協力の強化を図ることにより、「入口側」である学部・大学院学生等の若手人材に対し、「出口側」である企業等への将来のキャリアパス展開のイメージを明確に示すことも重要である。

こうした人材育成に当たっては、横断的な量子ビームプラットフォームを整備し、育成のための共通基盤として活用することが不可欠と考えられる。その際、機関間連携の確保・強化による人材流動性の向上を通じ、主要加速器の整備・運用サイクルに応じた最適のフェーズで、これら専門人材の全国ベースでの配置・活用を図ることが有効と言える。

更に、J-PARC 等の大型量子ビーム施設の国際公共財としての位置付けを踏まえ、これら施設を、アジア諸国をはじめとする量子ビーム開発利用研究者・技術者のための共通の研究・研修のプラットフォームとして、各種の国際協力・人材育成プログラム等に積極活用していくことも政策的に重要である（図 10）。

2) 量子ビームプラットフォームの運用に係る人材の育成・確保

産業界を中心とした大型量子ビーム施設利用を円滑に進めるために、量子ビームプラットフォームを継続的かつ安定的に運用することは重要である。そこで、各種量子ビームの利用条件等について相談に応ずるコーディネータや産業ユーザーに代わって装置運転やデータ測定・解析等を実施ないし支援する役割を担う技術支援者等のプラットフォームの運用に係る、大型施設利用を支援する人材の育成・確保が必須と言える。

大型施設等の共用研究施設では、産業界等の外部ユーザーが成果を上げることが重要であり、これら支援人材とユーザー間の緊密な協力・緊張関係が必要とされている。そのためには、実験装置や利用制度の整備とともに、複数の専門分野や多様な最先端分析技術等のスキルと産業界課題の理解・解決に向けての高い意欲等のマインドを持った人材を、コーディネータや技術支援者等として配置することが重要である。

こうした支援人材の確保のために、第一専門・第二専門など複数の専門技術の習得（ニーズ対応とスキルアップ）、分析技術と産業利用課題の理解（要求）、早期の成功体験（仕掛け）等の育成方策が考えられている。これら方策を通じて、個人のスキルとモチベーションを向上させることが有効である。

また、産業利用の目的・目標時期や利用形態の多様性を踏まえれば、支援人材に必要とされる専門分野も極めて多様である。そのため、特定学問分野の出身者によって形成された制度・文化が産業利用展開への障害とならないよう配慮しつつ、学術研究利用がメインとなる理学系出身者に加え、工学系出身者や民間経験者など様々なバックグラウンド、幅広い知識を有する人材を確保することが必要と考えられる。

コーディネータ並びに技術支援者の育成には、実務を通じて得られる知識・経験も重要である。多くの産業ユーザーは課題解決型の対応を望んでおり、施設のコーディネータや技術支援者には相応の課題解決能力が必要とされる。その課題解決能力は、主にユーザーと直接議論するような地道な活動の継続等、実務を通じた情報・知識の蓄積によって向上すると言える。更に、こうした情報・知識の蓄積が組織的に行われることによって、多分野に亘り情報・知識の

共有が図られ、個々の課題解決能力の更なる向上にもつながる。こうした課題対応のための情報・知識の蓄積を円滑に行うためには、ユーザーと支援者間に強い信頼関係を構築することが重要であり、前述の早期の成功体験や組織的な機密保持等の対応が効果的かつ必要と考えられる。

また、こうした支援人材（組織）の育成・確保及び配置とともに、ユーザーニーズに即応した最先端の設備、柔軟かつ効果的な利用制度等の整備は、大型施設としての「総合力」の強化を促し、成果を創出するために必要不可欠である一方、人材の能力を効果的に発揮・向上させていくための環境整備としても重要である。

今後の課題としては、評価指標の設定が困難なユーザー支援業務に対する業績評価、特定施設に固定されがちな従事者の将来の処遇、研究開発から分析サービスまでの多様なニーズへの対応、24時間稼働施設での支援のあり方等についての検討が必要と考えられる。

3-3 量子ビーム利用の意義・成果の普及

産業界をはじめとする一般を対象にした量子ビーム利用の意義・有用性に係る啓発・プロモーション活動の更なる強化は、一般の関心・理解を深化させると同時に、新たな利用ニーズの顕在化をもたらしものと期待される。特に、潜在ユーザーへの働きかけとビーム利用未習熟者への対応等を通じて新規ユーザーを開拓するといった外部ユーザー数の引き上げに向けた取組みは、より幅広い分野に亘って施設利用の促進を図る上で必要不可欠である。

こうした量子ビーム利用の意義・成果の普及を促進する方策としては、各種メディアを通じて、量子ビーム施設の動向・成果につき、積極的かつタイムリーに情報発信していくことも重要である。その際、多様な人材の参画を得つつ、各種量子ビームの特性や強みをできる限り分かりやすい形で発信・アピールしていくことが重要であり、そのためにはこうした広報・アウトリーチ活動に豊富な経験を有する専門人材を配置し、各種学会誌・専門誌やインターネットを通じた発信等、人材活用やメディア開拓に関する工夫も必要と考えられる。

また、量子ビーム利用による成果を基にした製品化は、一般にその有効性を身近に実感・周知させるとともに、更なる利用ニーズを生み出し、利用の拡大を連鎖的に引き起こすものと期待される。こうした意味での「成功事例」を早期に創出していくことは、各分野での量子ビーム利用拡大を図る上で極めて効果的であると同時に、量子ビーム利用の将来を担う優秀な人材を国内外から広く惹き付ける観点からも有効であると考えられる。

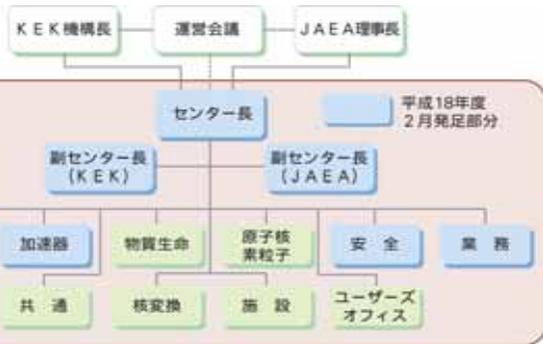
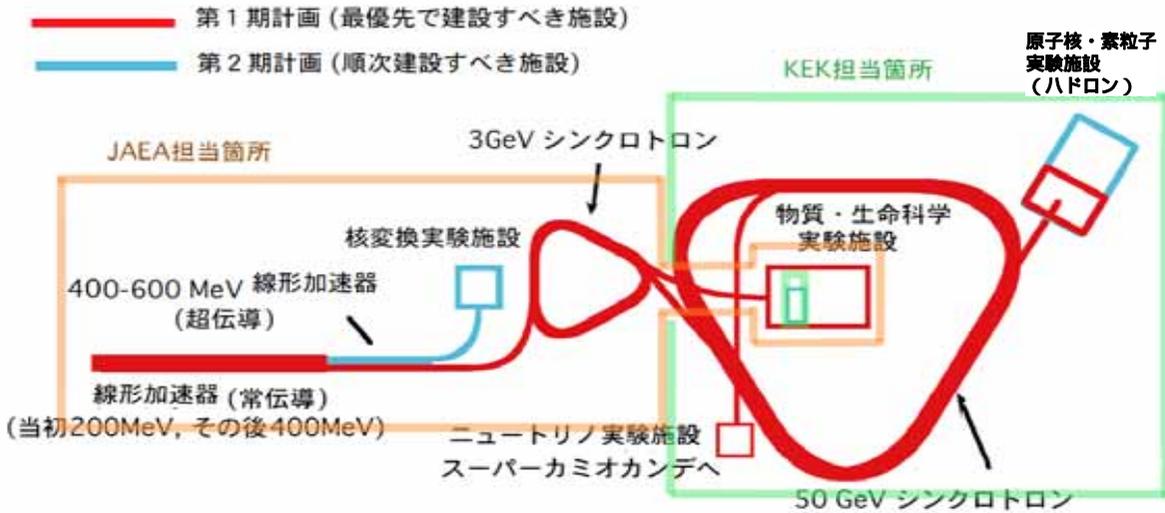
おわりに

本作業部会としては、本報告書に示した見解・提言を踏まえ、今後量子ビームの研究開発・利用の効果的・体系的推進方策について、国、関係機関及び産業界等の然るべき場で、より掘り下げた検討・討論が進められることを期待したい。折しも、2006年度からスタートした第3期科学技術基本計画においては、明確な成果目標の設定を前提として、5年間で計25兆円の高い政府研究開発投資目標の設定がなされたところである。今後の多彩な量子ビームの研究開発・利用推進にあたって、本作業部会の見解・提言が有効に活かされ、産学官の協調した取組みにより、早期の成果創出・社会還元及びこれによる産業競争力の強化が図られれば幸甚である。

量子ビーム研究開発作業部会の委員

	浅田 浄江	WEN（ウイメンズ・エナジー・ネットワーク）代表 消費生活アドバイザー
主査	井上 信	京都大学名誉教授
	上坂 充	東京大学大学院工学系研究科教授
	神谷 研二	広島大学原爆放射線医科学研究所教授
	田川 精一	大阪大学産業科学研究所教授
	田中 俊一	日本原子力研究開発機構 特別顧問
	田中 隆治	サントリー（株） 技術監 （財）サントリー生物有機科学研究所 副理事長
	中西 友子	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	庭野 征夫	（株）東芝 執行役専務 （（社）日本電機工業会 原子力政策委員会 最高顧問）
	橋本 治	東北大学大学院理学系研究科教授

図1 J-PARC の概要と工程

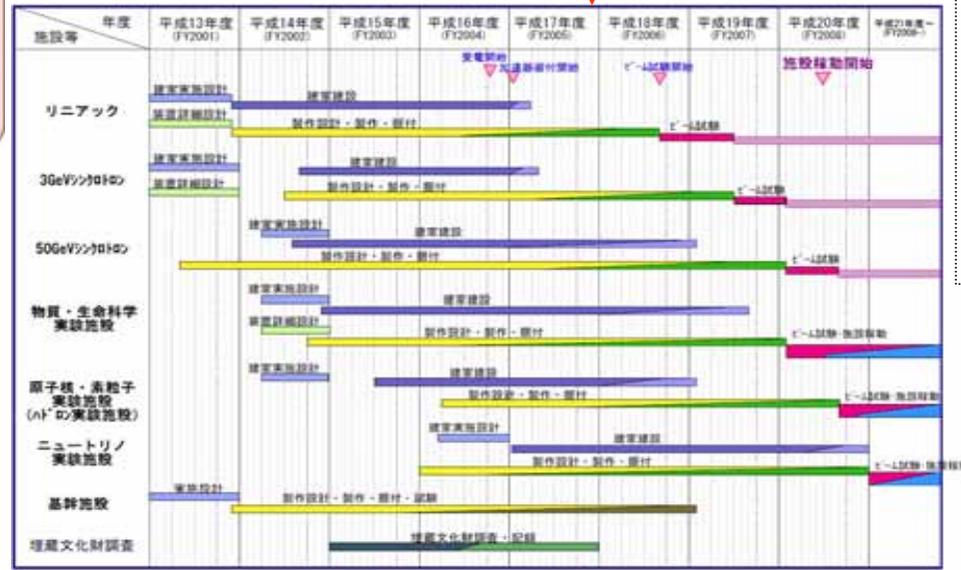


J-PARCセンター: 1つの運営組織が J-PARC の運営を一体的に管理。
(中性子等で複数の組織体がビームライン建設を行っても、統一的に運営)

工程

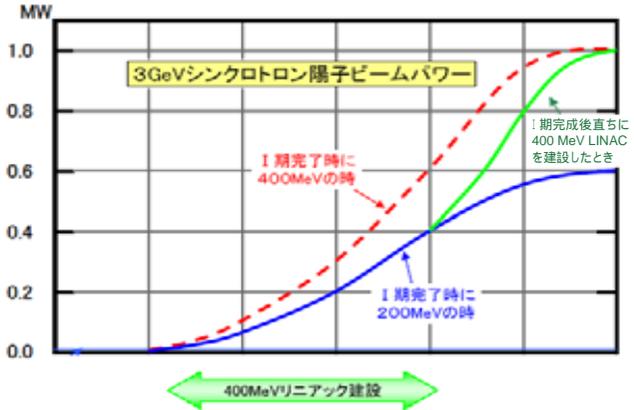
平成20年度内
ビーム供用開始

J-PARCセンター発足



概要

第1期総額: 1,527億円
 JAEA (日本原子力研究開発機構) 56%
 KEK (高エネルギー加速器研究機構) 44%



リニアックの加速エネルギー回復:

第一期計画については、まず実験を開始することが重要であることから、リニアックについては、200MeVで当面建設を進めることが適切である。しかしながら、長期的には研究に影響があるため、当初求められている400MeVまでリニアックの性能をできるだけ早く回復する必要がある。したがって、200MeVでのリニアックの運転開始後速やかに整備に着手し、3年程度で完了することが適当である。

平成15年12月
 科学技術・学術審議会
 「大強度陽子加速器計画中間評価報告書」
 より抜粋

リニアックの当初計画性能への回復に向けた取組を継続すべきである。
 平成18年10月
 総合科学技術会議
 「平成18年度概算要求における科学技術関係施策の優先順位について」
 (大強度陽子加速器計画の推進 留意事項)
 より抜粋

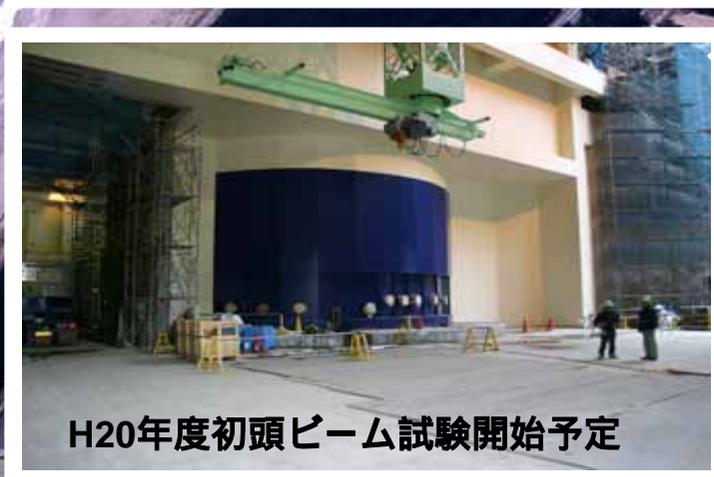
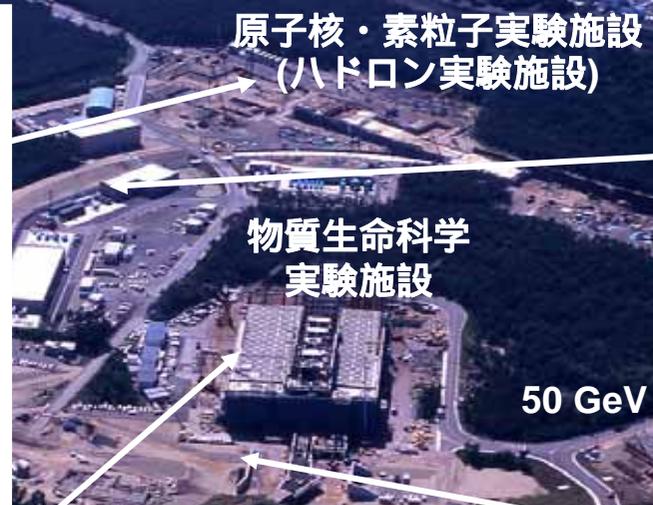
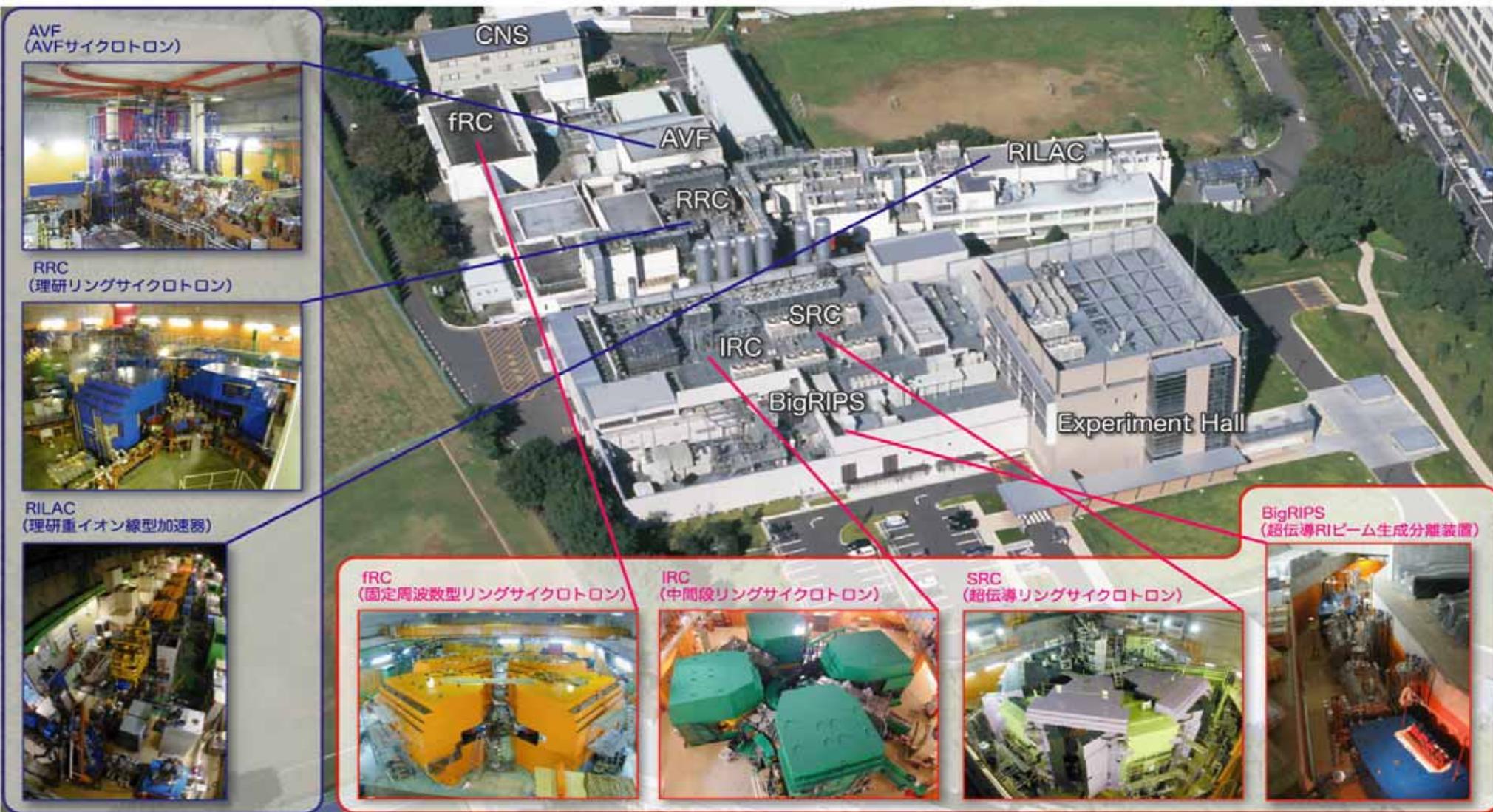


図 2

図3 RIBFのRIビーム発生施設の整備



AVF
(AVFサイクロトロン)



RRC
(理研リングサイクロトロン)



RILAC
(理研重イオン線型加速器)



fRC
(固定周波数型リングサイクロトロン)



IRC
(中間段リングサイクロトロン)



SRC
(超伝導リングサイクロトロン)



BigRIPS
(超伝導RIビーム生成分離装置)



図4 中性子ビーム利用の拡がり

物質の構造階層性と機能発現

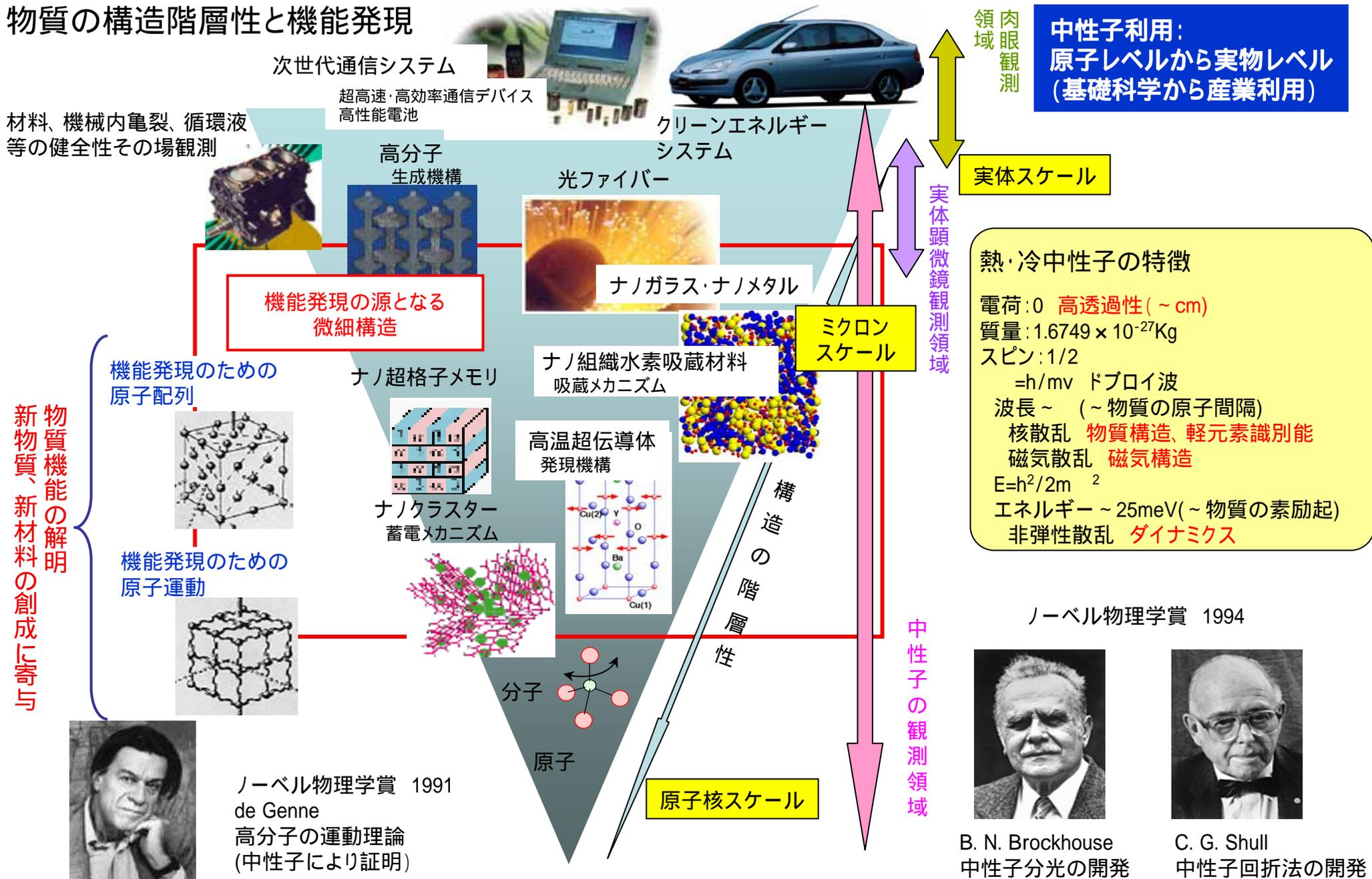
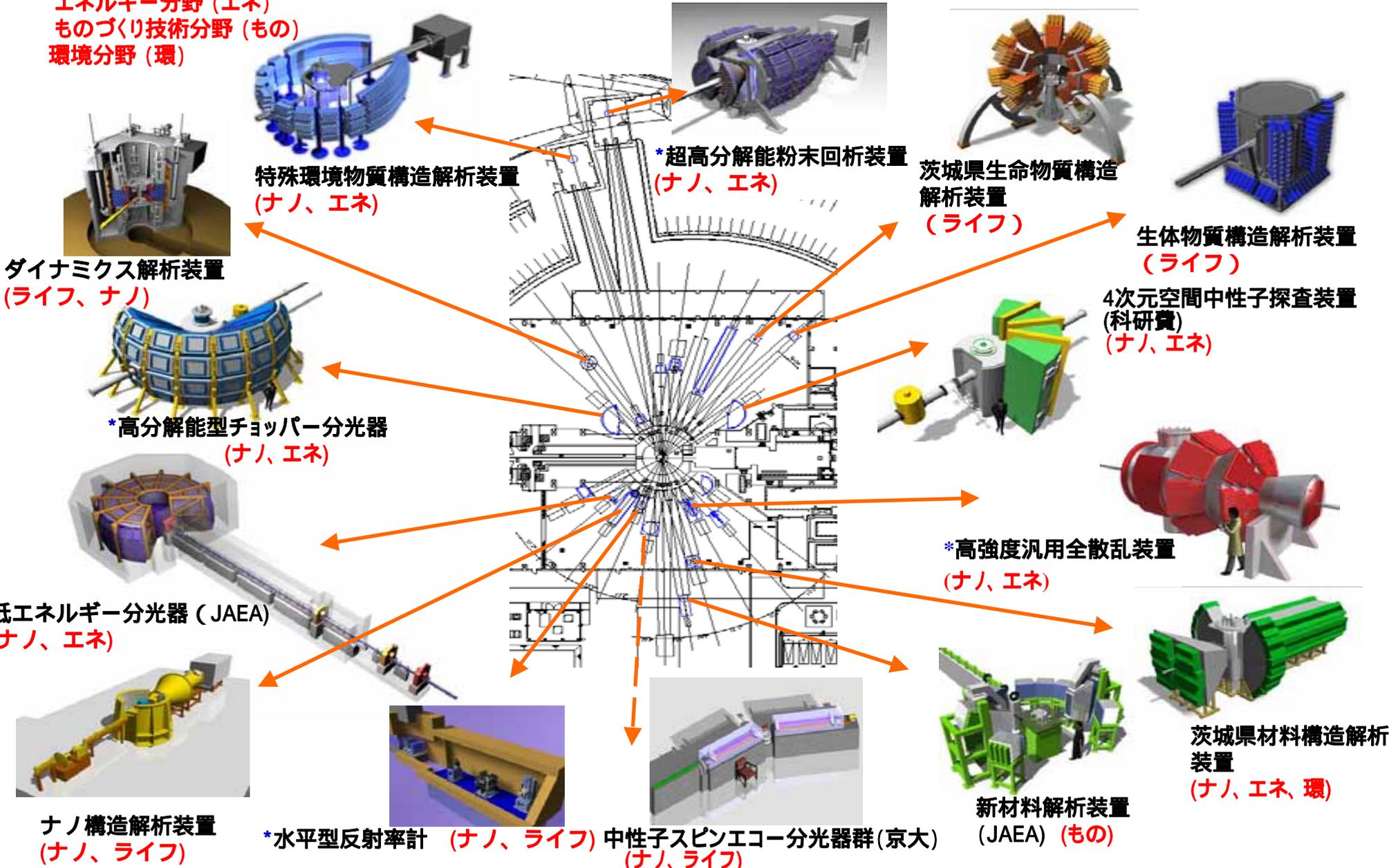


図5 現在提案されている中性子実験装置の例

ナノテク・材料分野 (ナノ)
 ライフサイエンス分野 (ライフ)
 エネルギー分野 (エネ)
 ものづくり技術分野 (もの)
 環境分野 (環)



特殊環境物質構造解析装置
(ナノ、エネ)

ダイナミクス解析装置
(ライフ、ナノ)

*高分解能型チョッパー分光器
(ナノ、エネ)

低エネルギー分光器 (JAEA)
(ナノ、エネ)

ナノ構造解析装置
(ナノ、ライフ)

*水平型反射率計 (ナノ、ライフ) 中性子スピネコー分光器群(京大)
(ナノ、ライフ)

*超高分解能粉末回析装置
(ナノ、エネ)

茨城県生命物質構造
解析装置
(ライフ)

生体物質構造解析装置
(ライフ)

4次元空間中性子探査装置
(科研費)
(ナノ、エネ)

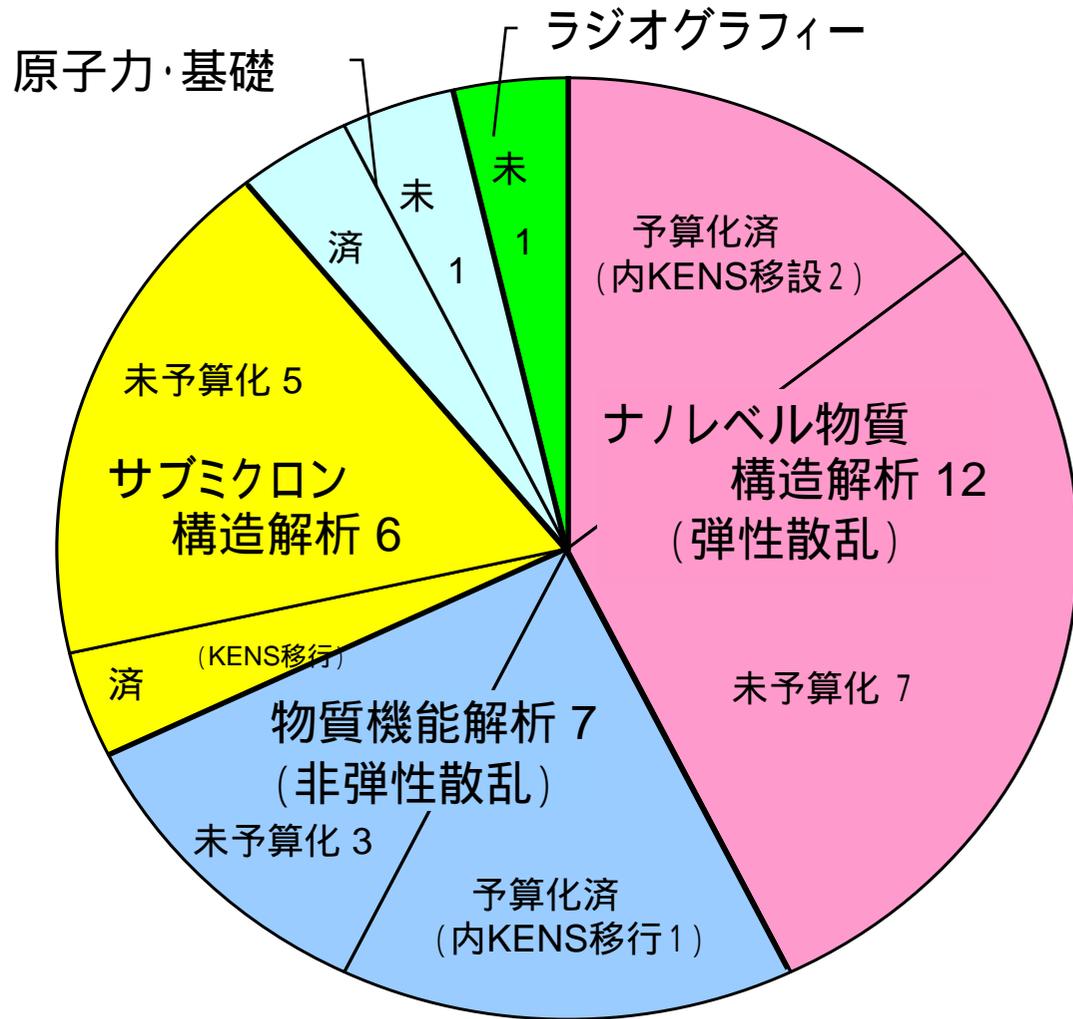
*高強度汎用全散乱装置
(ナノ、エネ)

新材料解析装置
(JAEA) (もの)

茨城県材料構造解析
装置
(ナノ、エネ、環)

*KEKつくばキャンパスの中性子科学研究施設(KENS)より移設予定

図 6 J-PARC中性子実験装置提案の種別内訳



主な利用分野

ナノレベル解析: 材料産業(金属、超伝導、磁性、ガラス、高分子触媒、半導体)、製薬、化学薬品、食品工業
 固体物理学(磁性、超伝導、非晶質、高分子)
 薬学、宇宙・地球科学、材料工学、生命科学

物質機能解析: 材料産業(超伝導、磁性、ガラス、高分子等)
 製薬、固体物理学(磁性、超伝導、非晶質)
 高分子化学、溶液化学

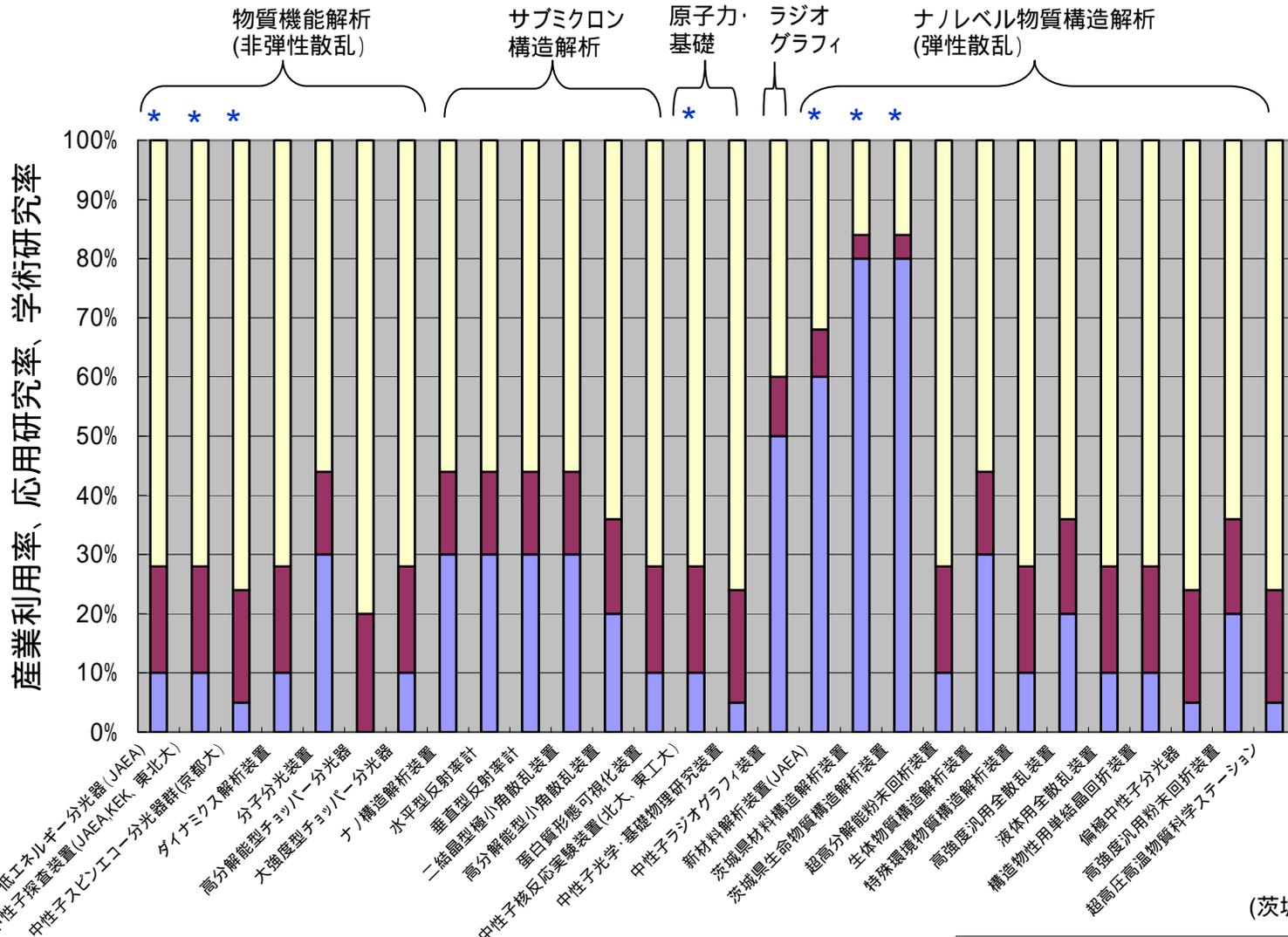
サブミクロン解析: 材料産業(高分子、金属、磁性)、高分子化学
 石油化学、エレクトロニクス、固体物理学(磁性、金属)、生物、材料工学

原子力・基礎: 原子力工学、核物理学、核化学(アクチナイド)
 分析化学、原子力基礎データ(核データ)
 中性子基礎物理(対称性の破れ、中性子干渉)
 中性子光学デバイス開発

ラジオグラフィー: 自動車産業、電気産業、農林水産業
 材料産業(金属、電池)、工学(機械、金属、原子力)、農学、人文科学(考古学)

図7 J-PARC提案装置の利用率予測

予算措置装置
KENS移行装置



JRR-3 産業利用の現状
(JAEAの13台の装置の利用時間比率、課題数ではない)

実験課題	H17	H18#
企業協力	6%	9%
(うち企業代表)	5%	6%を含む

新規利用プログラム開始
・トライアルコース(放振協)
・施設共用(JAEA)

産業利用率、応用研究率、学術研究率

当初計画装置と新規公募提案装置

学术研究 (大学、国研等)	平均 66% (62%)
応用研究 (産学共同)	平均 16% (16%)
産業利用 (産業界独自)	平均 18% (22%)

(茨城県提案装置を除く、入れる)

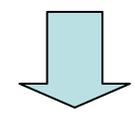


図 8 量子ビーム利用促進プログラムにおける対象施設・地域の拡大について

中性子技術移転推進プログラムの場合

現 状

今後の展開

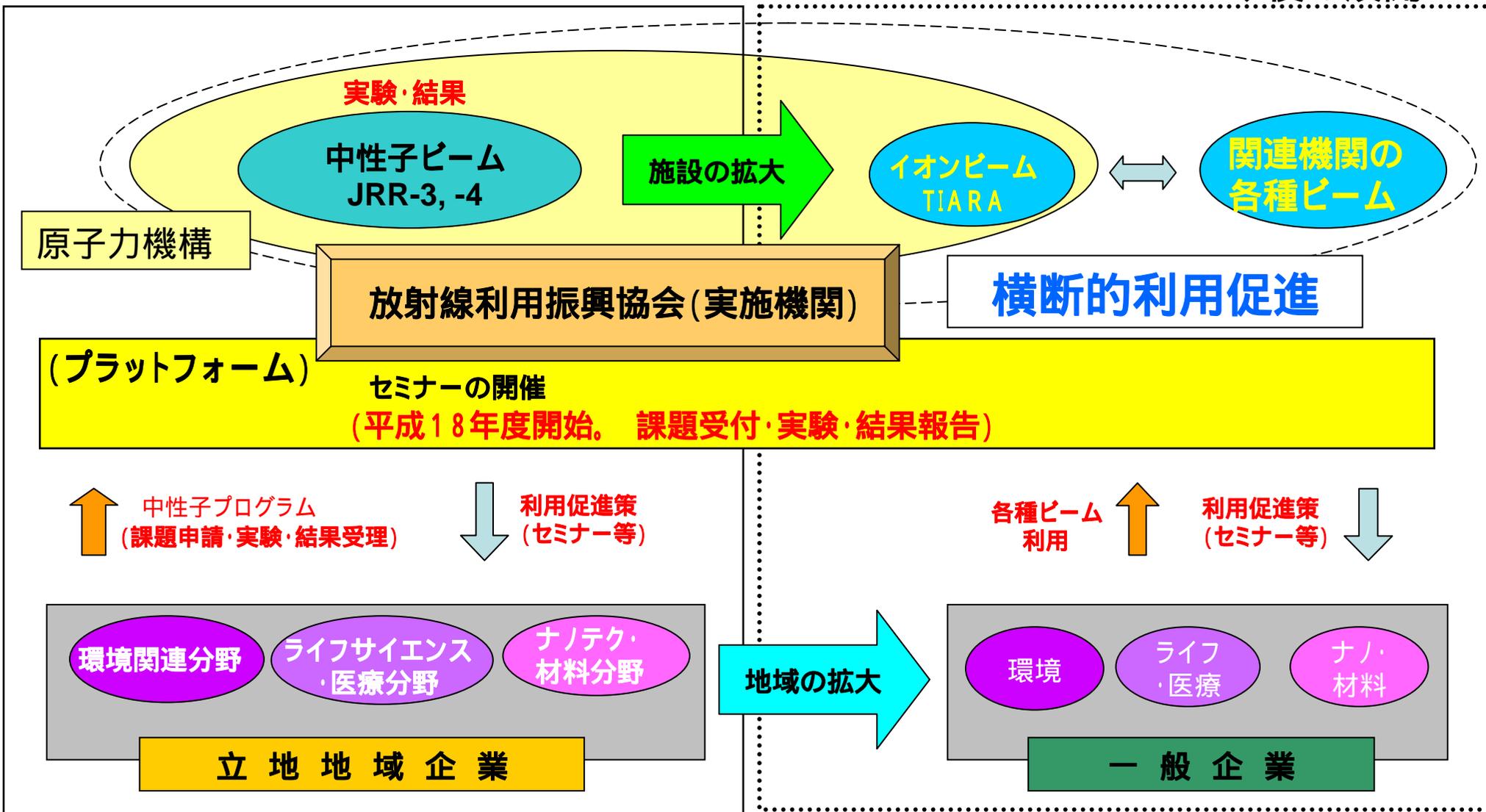


図 9 関係研究機関の連携を核とした量子ビームプラットフォームの構築
ナノテク・材料の先端的研究開発を例として

ものづくりナンバーワン国家の実現

地球温暖化・エネルギー問題の克服

科学技術による産業競争力の強化

国際競争を勝ち抜く力

革新的材料研究

超伝導材料、機能性触媒、高性能半導体材料、希少元素代替物質 等

エネルギー材料研究

燃料電池、太陽電池関連材料 等

量子ビーム高度利用計測・加工・創製技術

量子ビームプラットフォーム

各大学・研究機関

理 研

原子力機構

物材機構

産業界

量子ビーム利用施設(中性子、イオン、電子、放射光、レーザー等)



JRR-3



J-PARC



RIBF



TIARA



SPring-8



レーザー施設

図10 プラットフォームを支える専門人材育成のあり方

