

# 量子ビーム基盤技術開発プログラム

基盤技術としての量子ビーム技術の発展と普及に資するべく、**汎用性、革新性と応用性が広く、5年程度で実現可能な**量子ビーム技術の研究開発と若手人材の育成を図るものであった。

平成20年(2008年)に公募(応募数19件)、平成24年まで(5年間)

- (1) **次世代**ビーム技術開発課題(1課題)：革新的な要素技術などの開発
- (2) **高度化**ビーム技術開発課題(4課題)：汎用性の高い要素技術などの開発

## 基礎と応用 (評価の物差も異なる)

Fundamental Science (基礎学術研究・知的好奇心)

トップをさらに伸ばす、国際的に尊敬される国になることに役立つ

Basic Research (応用を念頭においた基礎研究)

役に立つことを示す、経済性までは問わない、様々な試みを認める

Development (開発研究)

経済性を含め、実用化を目指した選択と集中

Industry (商品開発・実用現場研究)

基本的には国費で行うものではない

**量子ビーム基盤技術開発プログラムはBasic Research**

# 中間評価結果概要

平成22年6月～7月に、本事業の中間評価検討会を実施し、中間評価結果を取りまとめ。その後、同年8月に科学技術・学術審議会のナノテクノロジー・材料委員会及び計評分科会に報告。量子ビームプログラムの評価結果概要は以下の通り。

課題名	課題概要及び評価概要
超伝導加速による次世代小型高輝度光子ビーム源の開発(高エネ研 他)	<p>【課題概要】中規模放射光施設でのX線発生装置を実験室サイズで実現することで、医療や物質科学の各研究室レベルでの研究を加速させる。</p> <p>○ 本課題は、これまでに<b>当初計画を上回る成果が得られ</b>ており、平成23年度に装置が完成すると見込まれることから、<b>引き続き推進されるべき</b>。</p>
リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用(分子研 他)	<p>【課題概要】分子科学研究所の放射光施設UVSORにおいて、物質中の電子の選択的な励起が可能な大強度テラヘルツレーザーを実現することで、超電導や磁性などの機能性の起源を探る研究を可能とする。</p> <p>○ 装置整備は計画通り本年度に完了し、来年度以降は具体的な研究開発を本格化させる予定であり、<b>引き続き推進されるべき</b>と評価するが、今後は<b>利用側のニーズ発掘の取組に重点をおくことが必要</b>。</p>
中性子ビーム利用高度化技術の開発(原子力機構 他)	<p>【課題概要】J-PARCの各中性子ビームラインに利用可能な解析装置の性能を大幅に向上させる。</p> <p>○ 研究開発については、これまで各要素技術は順調に開発が進んでおり、<b>十分な成果を得られている</b>と評価する。しかしながら、本計画によって得られた成果が、どのような形で結実するかが見えにくいいため、今後各要素技術を反映したビームラインをJ-PARCに建設するなど、<b>研究開発成果を見える形にする検討が必要</b>。</p>
軟X線の高速偏光制御による機能性材料の探求と創製(高エネ研 他)	<p>【課題概要】高エネルギー加速器研究機構の放射光施設フォトンファクトリーにおいて、化学反応解析の詳細化のための放射光の偏光制御と、リアルタイム分光を同時に実現する。</p> <p>○ 装置の開発は<b>順調に進捗</b>しており、また関係機関の間での適切な共同研究体制により順調に連携が行われて、<b>産業界のニーズに関しても十分な情報を得ており、情報発信にも熱心である点などからも、引き続き推進されるべき</b>。</p>
多様なイオンによる高精度自在な照射技術の開発(原子力機構 他)	<p>【課題概要】イオンビームの短時間切り換えを実現し、イオン照射位置のリアルタイム検出を実現するなど、多様なイオンの自在な照射を可能にして高機能材料開発に貢献する。</p> <p>○ 技術開発はこれまで<b>順調に進捗</b>しており、引き続き推進されるべきと評価するが、本計画年度後半における施設性能評価と実際の利用研究の期間が重なっており、<b>利用研究において十分な成果を創出するための計画の再検討が必要</b>。</p>

# 次世代 超伝導加速による次世代小型高輝度光子ビーム源の開発

## 開発目標

- ・軟X線から硬X線領域の小型高輝度X線発生装置を実現  
(10m × 6m 程度)

## 概要

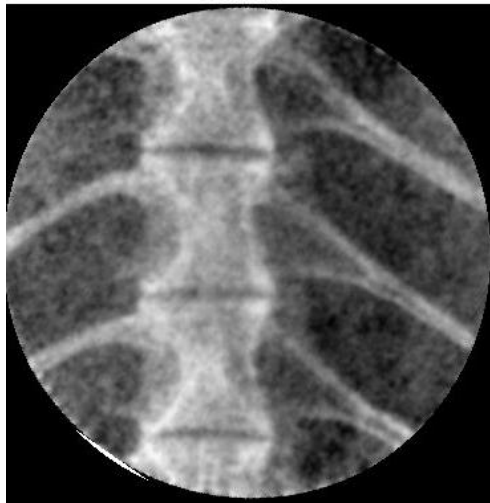
- ・大強度小型電子加速器(常伝導、超伝導)の開発
- ・ミラーで蓄積したレーザー光と電子ビームのコンプトン後方散乱によりX線を発生
- ・小さな( $\sigma$  20 $\mu$ m 以下) X線発生部を利用した位相コントラストイメージング



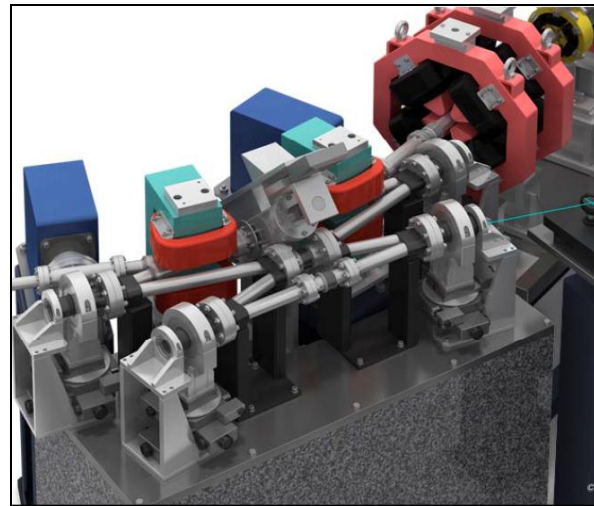
## 事業終了後の展開

- ・超伝導加速器の要素技術はコンパクトERL等の研究開発にも活用
- ・常伝導加速器は、更なる性能向上を目指した利用研究に活用

小魚(だじじゃこ)の小骨までよく見える



コンプトン散乱で生成したX線による魚の骨の透過像



4鏡レーザー蓄積装置

(幹事機関)	
高エネルギー加速器研究機構	浦川 順治
(参画機関：5機関)	
東京大学	上坂 充
日本原子力研究開発機構	羽島 良一
広島大学	栗木 雅夫
早稲田大学	鷲尾 方一
日立ハイテクノロジーズ	小瀬 洋一

# 高度化 リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用

## 開発目標

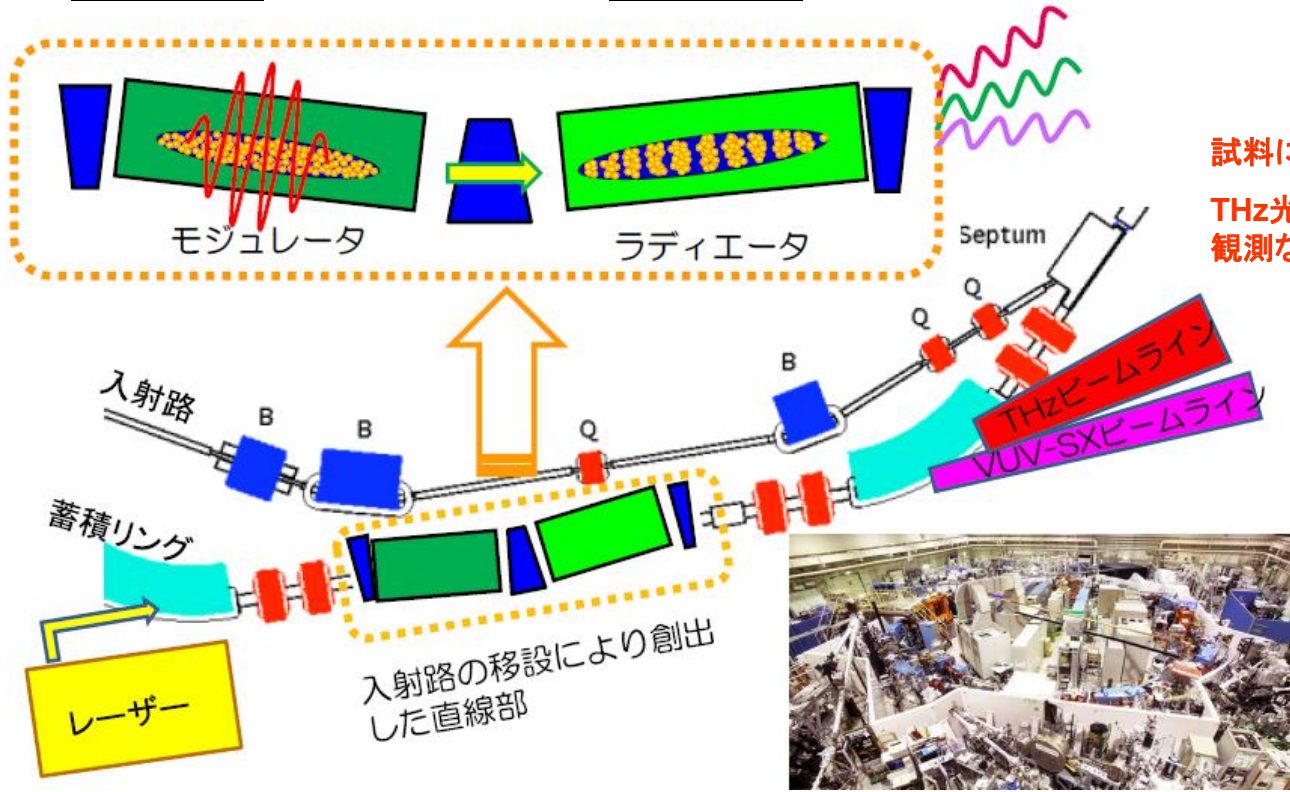
- 既存の放射光施設(UVSOR)にテラヘルツ及び真空紫外領域のコヒーレント光を実現

## 概要

- レーザー光による電子ビームの微細な密度構造形成によるコヒーレント光発生技術の開発
- 新しい光による利用研究開拓  
(THz近接場分光による生体物質研究、THz励起・真空紫外検出法による機能性材料研究など)

## 事業終了後の展開

- 共同研究に利用。その後、共同利用を実施



試料にTHz光を当て反応をVUV光で同期観測することで  
THz光によるnsecで起こるクーパーペアの破断と再生の  
観測などが可能

(幹事機関)	
分子科学研究所	加藤 政博
(参画機関:2機関)	
京都大学	高橋 俊晴
名古屋大学	保坂 将人



# 中性子ビーム利用高度化技術の開発

## 開発目標

- ・中性子実験の要素技術開発により、解析能力を飛躍的に向上

## 概要

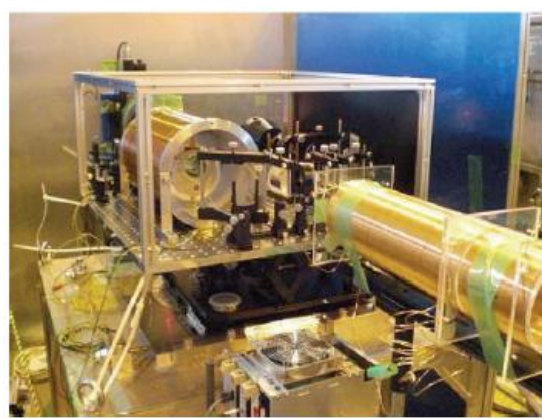
- ・偏極デバイス開発 (磁場実験の高度化)
- ・集光デバイス開発 (中性子強度の増強)
- ・検出デバイス開発 (測定効率・精度の向上)

## 事業終了後の展開

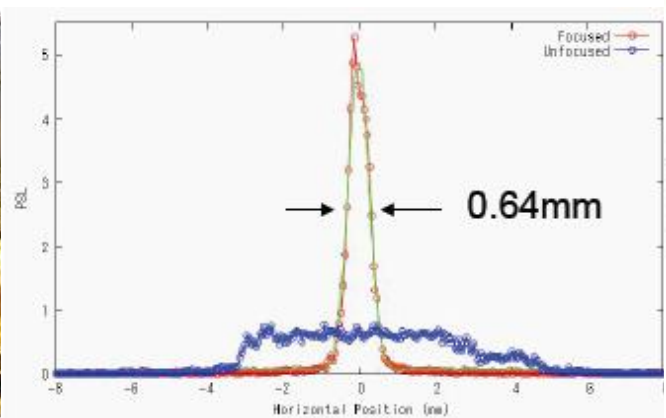
- ・J-PARC、JRR-3の中性子実験装置へ導入、性能向上
- ・新規J-PARC中性子イメージング装置へ開発技術導入

(幹事機関)	日本原子力研究開発機構	加倉井 和久
(参画機関:5機関)	東京大学	高橋 浩之
	京都大学	谷森 達
	北海道大学	鬼柳 善明
	東北大学	山田 和芳
	高エネルギー加速器研究機構	猪野 隆

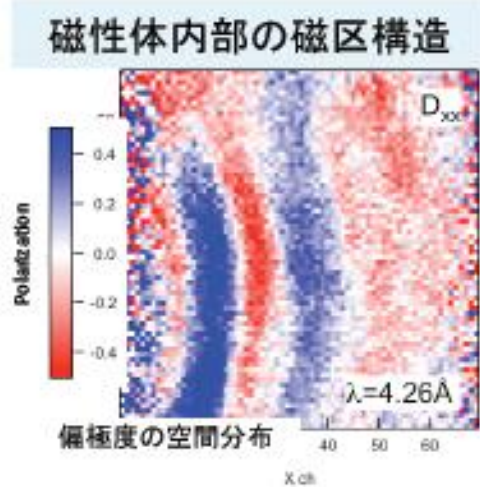
J-PARCイメージングビームライン(BL22を想定)にこのプログラムで開発されたロータリーコリメータ、He-3偏極素子、検出器システムなどが設置されることになった



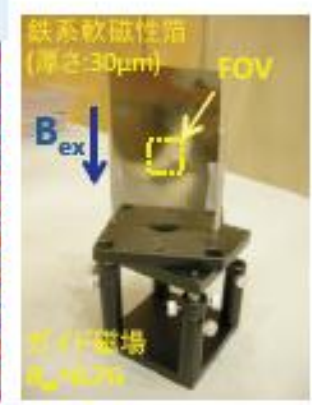
JRR-3で開発中の偏極デバイス



中性子ビームの集光実験結果



パルス中性子による磁場イメージング例



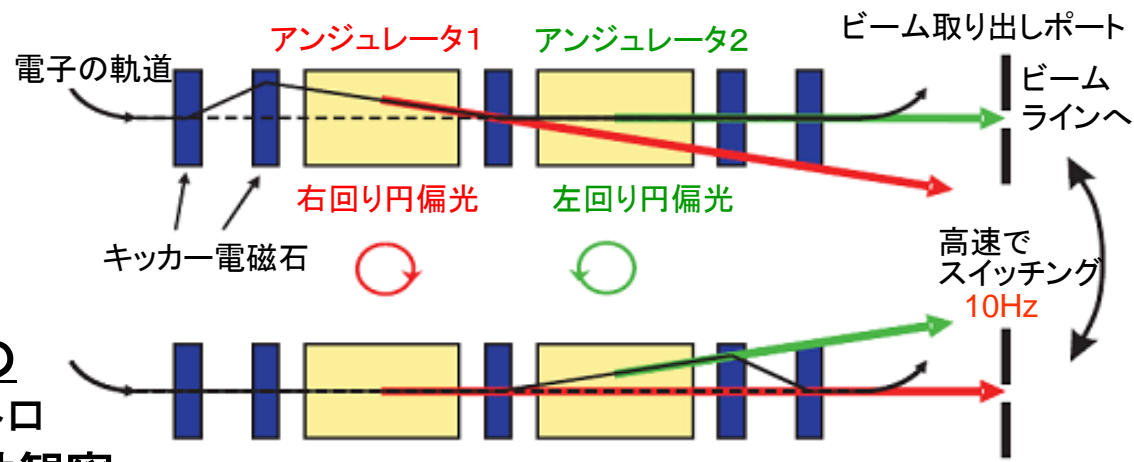
# 高度化 軟X線の高速偏光制御による機能性材料の探求と創製

## 開発目標

- 既存放射光施設(PF)で、高速偏光制御、リアルタイム分光を実現

## 概要

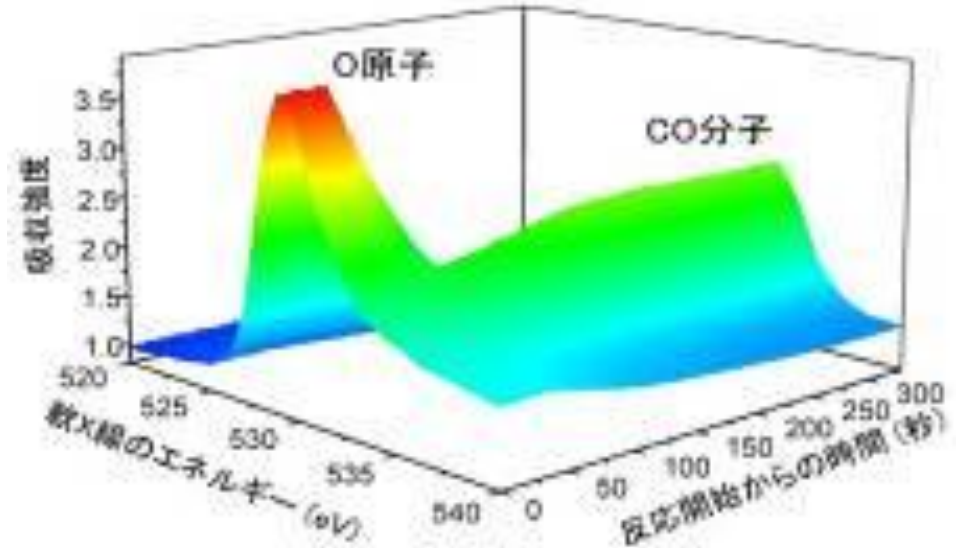
- X線の高速偏光制御・利用技術の開発
- 固体表面の触媒反応観察、反応中間体の空間分布と配向変化観察、スピネレクトロニクス材料探求のための超高感度の磁性観察



磁気円二色性・線2色性および共鳴磁気散乱  
 波長分散型のX線吸収測定  
 波長分散光と光電子顕微鏡を組み合わせた、リアルタイム位置分解分光法

## 事業終了後の展開

- スピネレクトロニクス材料の探究、表面化学反応の実時間追跡等が可能な装置として**施設共用**



(幹事機関)  
 高エネルギー加速器機構 雨宮 健太

(参画機関:2機関)  
 東京大学 藤森 淳  
 慶応義塾大学 近藤 寛

触媒表面に一酸化炭素が吸着し、酸素原子と反応する様子を30コマ/秒で連続測定

# 高度化 多様なイオンによる高精度自在な照射技術の開発

## 開発目標

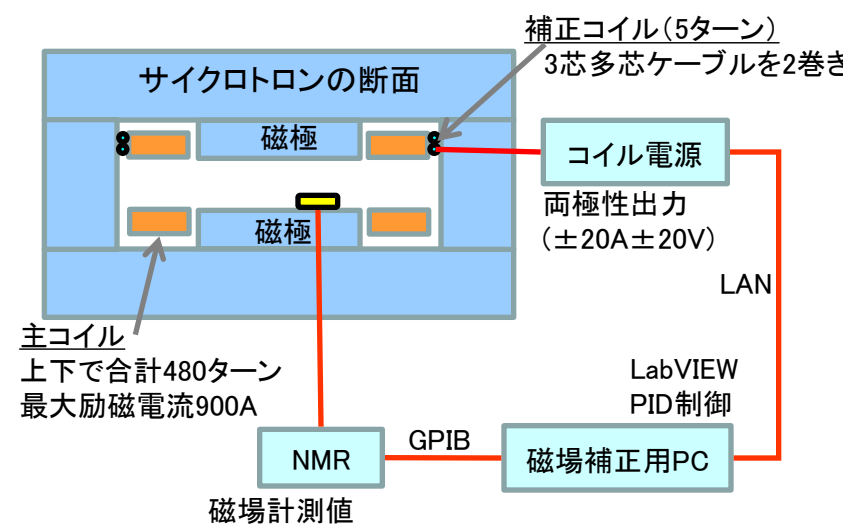
- サイクロトロン的高度化技術開発により  
マイクロ・ナノ加工を始めとする利用研究を加速

## 概要

- ビーム条件切替の短時間化、シングルイオンヒット技術の高度化
- シングルイオンナノ加工技術及び半導体耐放射線性評価技術の開発
- マイクロビームバイスタンダー効果解析の推進

## 事業終了後の展開

- 高度化技術を利用者へ提供、利用研究の拡充。

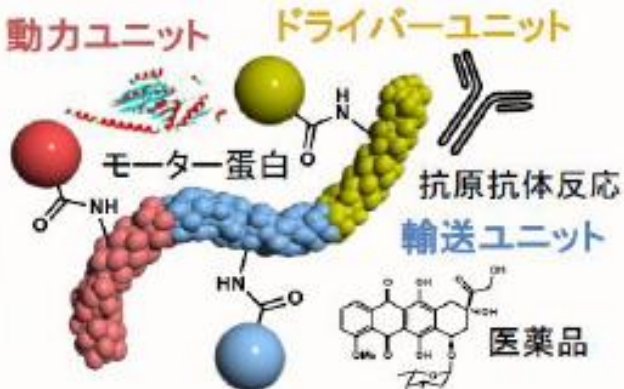


磁場実測値を元に補正を行い、主磁場安定化を図る

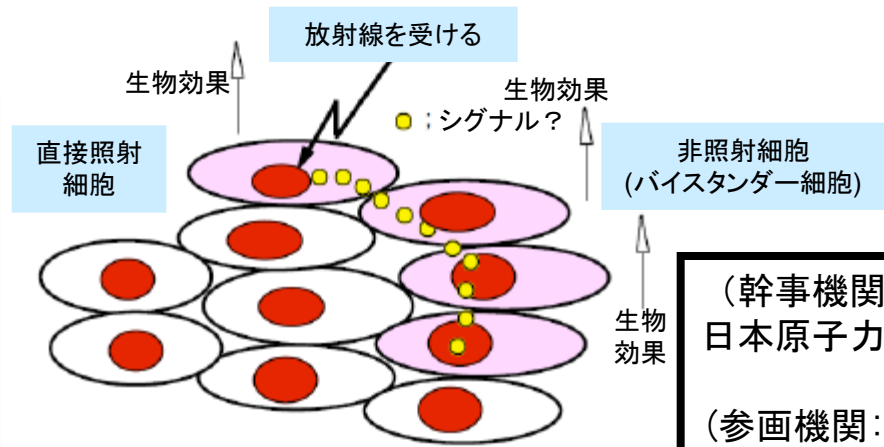
## JAEA高崎AVFサイクロトロン

イオンが通過した部分にナノワイヤーが形成される

ナノワイヤーに機能性ユニットを結合させる



ナノ加工技術を目指す機能性タンパクナノワイヤーの概念図



マイクロビームで解明を目指す放射線照射に対するバイスタンダー効果の概念図

(幹事機関)	
日本原子力研究開発機構	神谷 富裕
(参画機関:3機関)	
大阪大学	福田 光宏
宇宙航空研究開発機構	久保山 智司
放射線医学総合研究所	鈴木 雅雄

## 光・量子ビーム関連施策マップ

参考 1

### 基盤的研究開発

#### 大学・理研・JAEA・KEK 等運営費交付金

機関毎の中期目標に基づき、基盤的研究開発を実施。

#### 科学研究費助成事業

研究者の自由な発想に基づく研究を発展させることを目的とし、独創的・先駆的な研究に対して助成。

#### 戦略的創造 研究推進事業

##### (さきがけ)(H20~H27)

光の利用と物質材料・生命機能

##### (CREST)(H20~H27)

先端光源を駆使した光科学・光技術の融合展開

##### (ERATO)

五神先生、腰原先生、高原先生 etc

### 戦略的研究開発・ネットワーク形成

#### 最先端の光の創成を目指したネットワーク拠点形成プログラム

ネットワーク型拠点による最先端の光源開発と、それを通じた我が国の光科学を支える若手人材育成を推進。(H20~H29)

#### 量子ビーム基盤技術開発プログラム

汎用性・革新性・応用性のある基盤技術開発により、量子ビーム技術の発展・普及、人材育成の拠点を形成を推進。(H20~H24)

### 実用化開発

NICT

NEDO

産総研

製品化に近い技術シーズを企業の製品開発につなげる研究開発を推進。

### 先端施設の利用

### 開発した技術の導入・共用化

### 先端施設共用

#### 先端研究施設共用促進事業

汎用性・革新性・応用性のある研究基盤の共用を促進する。(共用法以外の中・小型基盤施設が対象)

#### 特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律に基づく補助

我が国の最先端大型研究施設について、基盤を強化するとともに、広く研究者等への共用を促進する。(SPRING-8・J-PARCなど)



# 光・量子ビーム研究開発の方向性 (案)

参考2

## 取り巻く状況・課題

先端研究等が必ずしも産業利用等に繋がっていない

先端基盤研究開発の弱体化が懸念

複数の大型施設が利用期に  
よ

光技術と量子技術の近似

融合分野や境界領域で新たな芽生えがある

広範な分野を支える基盤技術として利用拡大が必要

今後を支え発展させ、活躍できる人材の不足

## 今後5年程度で求められること

原理解明に基づくものづくりの推進

装置の小型化、産業展開の推進

複数光源や施設等の有効活用

利用者の掘り起こし、分野開拓

高度な科学技術人材の育成

ものづくり力の革新を実現する先導的研究開発

横断的・統合的な利用研究と技術開発

融合・連携によるイノベーション成功事例の創出

産業界を含めた利用者の裾野の拡大

研究開発と一体的な若手研究者等の育成

## 目指すべき方向

施設・装置等の最大活用、利用拡大

光・量子ビームプラットフォームの基礎形成

世界に先んじた光・量子基盤技術

課題解決に向けた研究開発

我が国でしかできない研究成果・製品開発

イノベーションの創出・国際競争力の強化

# 今後5年程度に集中して取り組むべき

## 研究開発例について（案）

### <重点的推進事項>

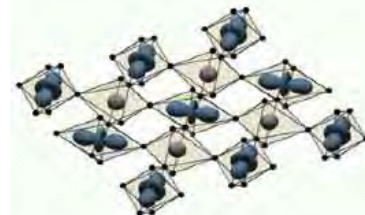
- ①「ものづくり力」の革新を実現する先導的研究開発によるイノベーションの促進
- ②横断的利用の成功事例となる利用研究とその実現に向けた技術開発
- ③産業界を含めた利用者の裾野を大きく広げる研究開発
- ④研究開発と一体的な若手研究者等の育成

### <課題解決型の研究開発テーマ>

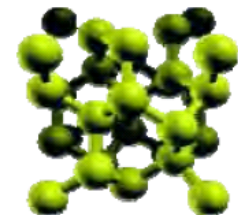
「光・量子ビームの融合により学術研究から産業応用・基盤技術開発にいたる幅広い新たなアプローチによる、グリーン・ライフイノベーションへの貢献」

# 光・量子ビーム研究開発の融合・連携によるイノベーションの創出（案）

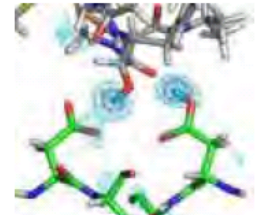
- 光・量子ビーム技術は、ナノテクノロジー、ライフサイエンス、IT、環境等の広範な科学技術や産業応用に必要不可欠な基盤技術。
- 我が国の光・量子研究開発における融合・連携を促進させ、産学官の多様な研究者が参画できる研究環境を形成し、イノベーションの創出、ものづくり力の革新を実現させる。
- これにより、他国の追随を許さない世界トップレベルの研究開発を先導する。



時間分解X線回折法による光誘起構造転移

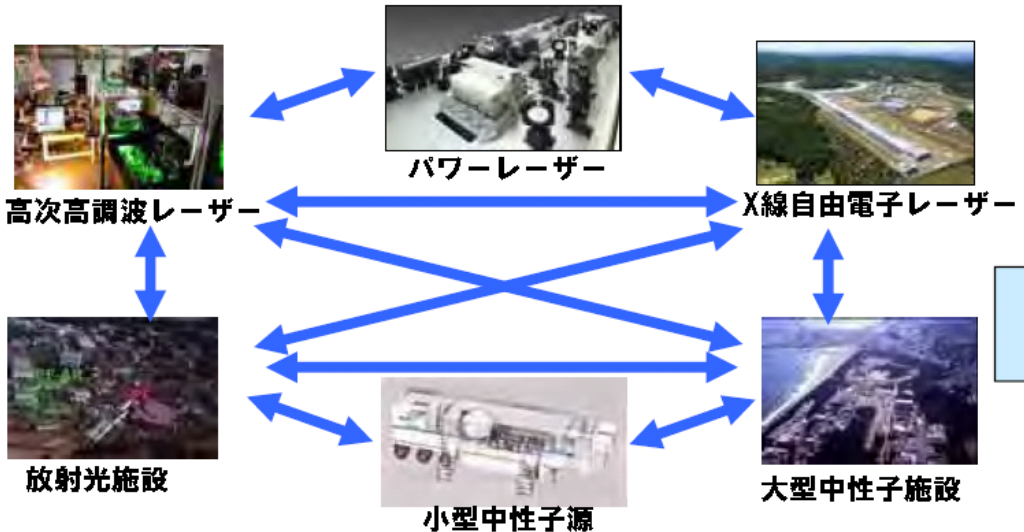


レーザー超高压による新物質材料創生



HIV プロテアーゼの触媒基の解離状態

## ～ 融合・連携研究を促進する研究開発のイメージ図 ～



### < 想定される研究開発テーマ例 >

#### ○グリーン・イノベーション

- ・新エネルギー変換等を目指した光反応ダイナミクスの解明  
→ コンパクトERL、放射光、レーザー連携利用
- ・省エネルギー社会の実現を目指した摩擦ダイナミクスの解明  
→ 中性子とミュオンビーム連携利用
- ・分散エネルギーの実現を目指した電池用電解質膜の高性能化  
→ イオンビーム、γ線、電子線の「創る」機能と中性子の「観る」機能の連携利用
- ・新物質材料の創出を目指した高エネルギー密度現象の解明と制御  
→ パワーレーザーとXFEL連携利用

#### ○ライフ・イノベーション

- ・光触媒反応等の応用を目指した生命の電子構造ダイナミクスの解明  
→ XFEL、放射光、レーザーによる軟X線利用
- ・創薬や機能性材料開発への貢献を目指したタンパク質の化学反応プロセスの解明  
→ 中性子と放射光連携利用

#### ○基盤技術開発

- ・光・量子ビーム科学を支える加速器等の高度化・小型化を目指した研究開発の推進  
→ 装置の高度化・小型化等による光量子ビーム融合連携促進

- 「量子ビーム技術」と「光科学技術」の一体的な研究開発・利用研究を促進。
- 光・量子ビーム分野の“**横断的・統合的利用の成功事例となる利用研究**”と“**その実現を目指した技術開発**”を推進。
- 産業界や他分野にその有効性・先進性を展開し**利用者の裾野を大きく広げる研究開発等を推進**するとともに、**若手人材育成**、先端光・量子技術を複数使い熟す研究者の増加、コーディネーターの資質を有した研究者の育成を図る。
- 課題解決に向けた先導的取組として、5年程度で一定の成果がでるものを重点的に支援。

**融合・連携を促進する利用者本位の技術開発・利用研究によりイノベーション創出を実現！**



# 9. 国際水準の研究環境及び基盤の充実・強化

平成25年度概算要求額	: 96,697百万円
うち特別重点要求額	: 2,480百万円
重点要求額	: 4,370百万円
東日本大震災復興特別会計	: 1,951百万円
(平成24年度予算額)	: 101,434百万円

※運営費交付金中の推計額含む

## 概要

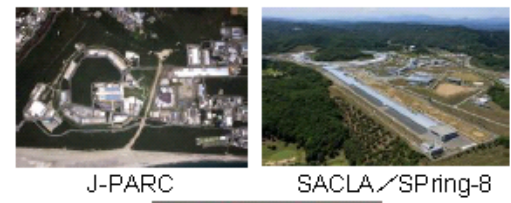
- ・グリーンイノベーション、ライフイノベーション等の科学技術イノベーション政策が目指す重要課題の達成に科学技術が貢献していくためには、研究開発基盤を強化することが重要。
- ・世界に誇る最先端研究施設の整備・共用、大学・独法等が所有する研究基盤の共用・プラットフォーム化並びに共通基盤技術の開発を推進。

## 世界に誇る最先端の大型研究施設の整備・共用

括弧内は平成24年度予算額

### ○最先端大型量子ビーム施設の整備・共用:385億円(320億円)

我が国が誇る最先端量子ビーム施設である大型放射光施設(SPring-8)、X線自由電子レーザー施設(SACLA)、大強度陽子加速器施設(J-PARC)について、計画的な整備・運用、共用促進及びこれらを通じた成果創出を図る。安定した運転の実施、幅広い研究者等による最大限の共用を促進するとともに、最先端研究拠点として施設の高度化や研究環境の充実を図る。



J-PARC SACLA/SPring-8

### ○革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI)の構築:169億円(199億円)

スーパーコンピュータ「京」を中核とし、多様な利用ニーズに応える革新的な計算環境(HPCI)を構築するとともに、その利用を推進する。



スーパーコンピュータ「京(けい)」

## 研究基盤の共用・プラットフォーム化

### ○先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業:26億円(13億円)

大学・独法等が所有する先端研究施設・設備の産学官への共用を促進。加えて、これらの施設・設備の機能別ネットワーク化等により、多様な利用ニーズに効果的に対応するプラットフォームを形成。

### ○ナショナルバイオリソースプロジェクト:14億円(14億円)

動植物材料等のバイオリソース(生物遺伝資源)等の戦略的な整備、品質の維持管理、安定供給を推進。



### ○ナノテクノロジープラットフォーム:27億円(18億円)

ナノテクノロジーに関する最先端の研究設備とその活用のノウハウを有する機関が協力して、技術領域に応じた全国的な設備の共用体制を構築するとともに、産学官連携や異分野融合を推進。

## 共通基盤技術の開発

### ○先端計測分析技術・機器開発プログラム:60億円(50億円)

最先端の計測分析技術・機器の開発を推進。グリーンイノベーションやライフイノベーション、放射線計測のターゲット指向型の研究開発を推進。



### ○光・量子科学の基盤技術開発:19億円(13億円)

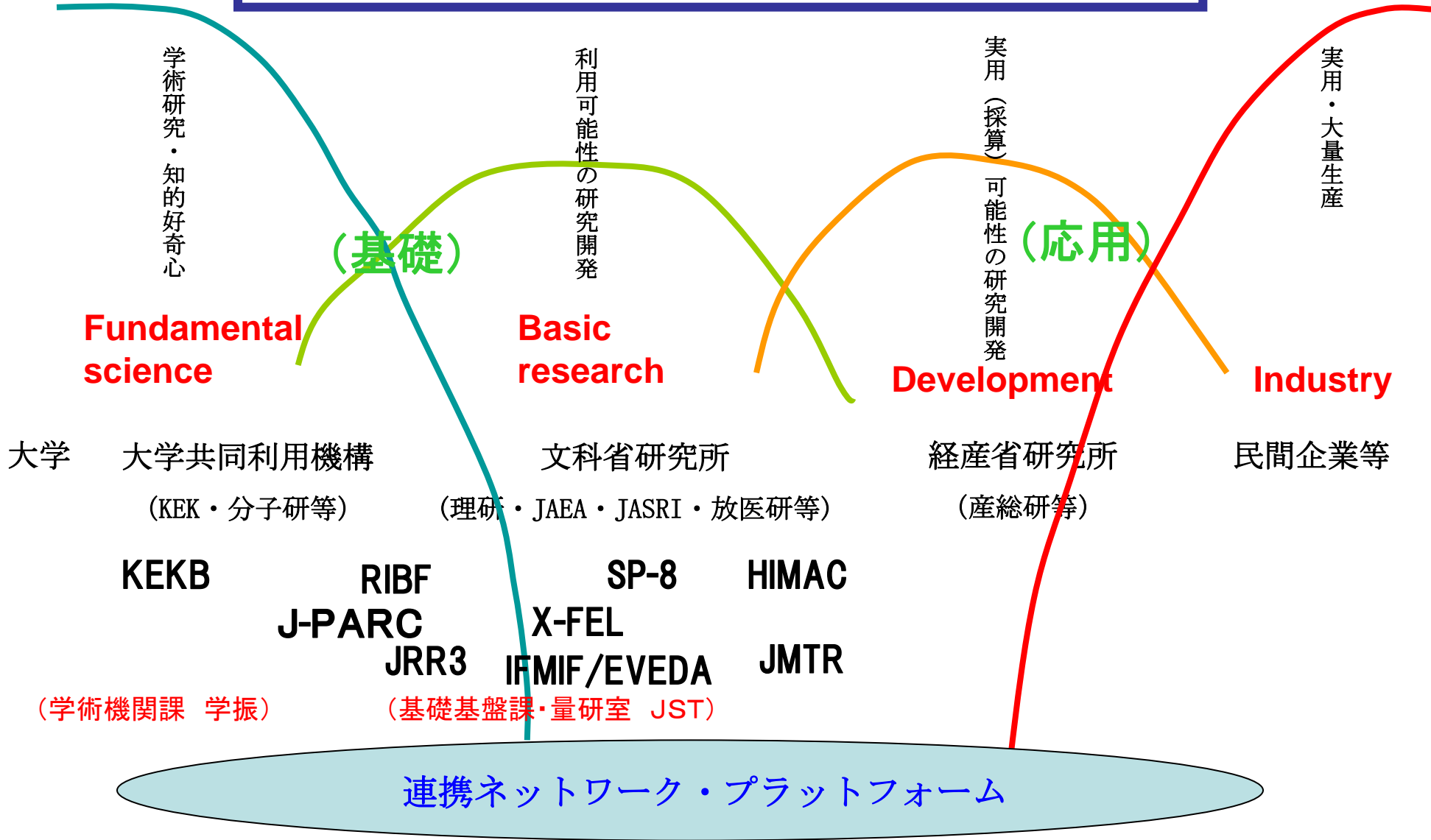
光・量子科学技術と他分野のニーズを結合させ、産学官の多様な研究者が連携・融合した研究・人材育成拠点を形成し、基盤技術開発を推進。

### ○次世代IT基盤構築のための研究開発:6億円(11億円)

ビッグデータ利活用のためのシステム研究等、様々な社会的・科学的課題を達成する上で重要な基盤となる情報科学技術の開発を推進。



# 量子ビーム分野の研究開発の分担・連携



量子ビームは日本が21世紀の世界をリードするキーテクノロジー