

### 3. 量子ビームの産業利用

#### 報告要旨

原子力機構では、JRR-3（研究用原子炉）、TIARA（イオン照射研究施設）、SPring-8（大型放射光施設）、高出力レーザーなどを横断的に用い、ビームと物質との相互作用に関する基礎的な研究を行いつつ、「観る」、「創る」、「治す」をキーワードに、社会に役立つ成果の創出を重視した研究を展開しています。本報告では、高強度で高品質の粒子線や電磁波を発生し利用する「量子ビームテクノロジー」の研究成果と展望を、産業利用を中心に紹介します。また、平成20年度供用開始を目指し、高エネルギー加速器研究機構との共同事業として建設中の、次世代中性子源となる大強度陽子加速器施設J-PARCの進捗状況を報告します。

量子ビーム応用研究部門 部門長 加藤 義章

# 量子ビームの産業利用

平成18年6月20日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

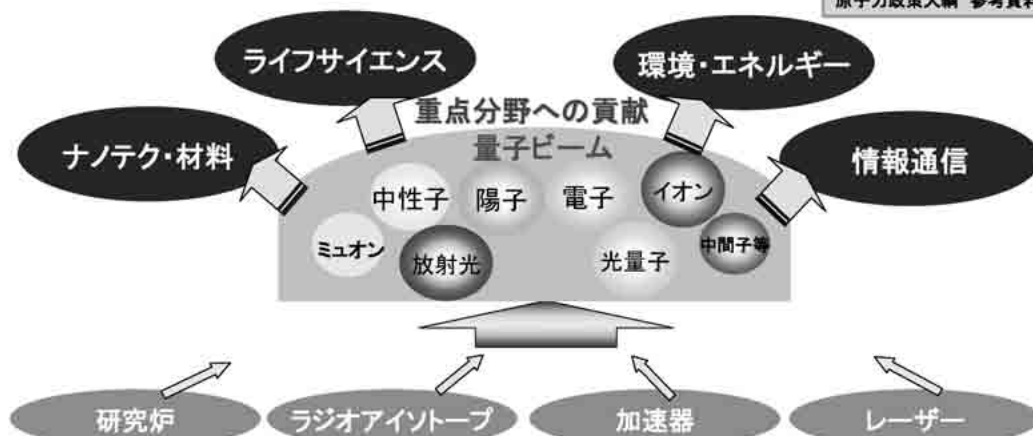
量子ビーム応用研究部門

部門長 加藤 義章

## 量子ビームテクノロジー

加速器、高出力レーザー装置、研究用原子炉等の施設・設備を用いて、高強度で高品位な光量子、放射光等の電磁波や、中性子線、電子線、イオンビーム等の粒子線を発生・制御する技術、及び、これらを用いて高精度な加工や観察等を行う利用技術からなる先端科学技術の総称

原子力政策大綱 参考資料より



◆従来と比較して強度が強く、目的にあった質の高い粒子線や電磁波の発生・制御が可能に

◆利用技術の高度化と多様化が進展

1



## 原子力機構の量子ビーム施設

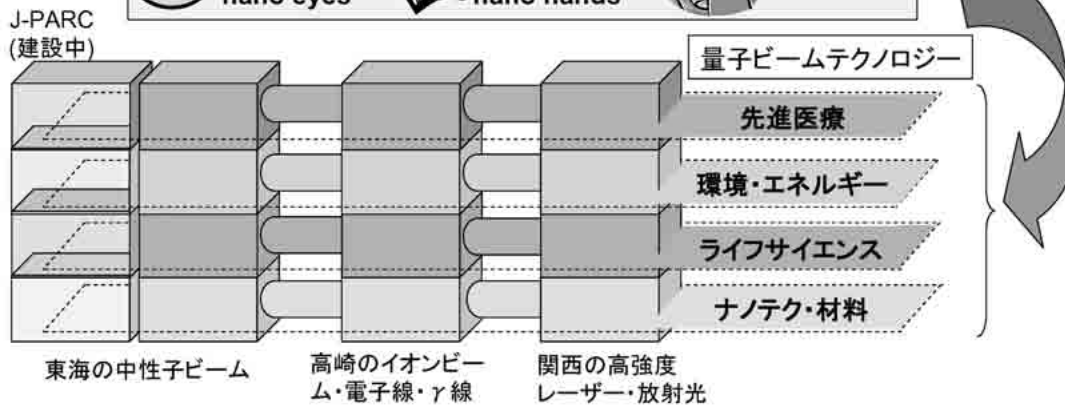


2



## 量子ビームの機能と研究内容

<b>中性子</b> ・ 軽元素を観る ・ 磁性を観る	<b>放射光</b> ・ 重元素を観る ・ 電子を観る	<b>イオンビーム・電子線・γ線</b> ・ 原子・分子レベルで加工する ・ 新しい性質を付加する	<b>高強度レーザー</b> ・ 次世代量子ビームの生成と利用
-----------------------------------	-----------------------------------	---	------------------------------------



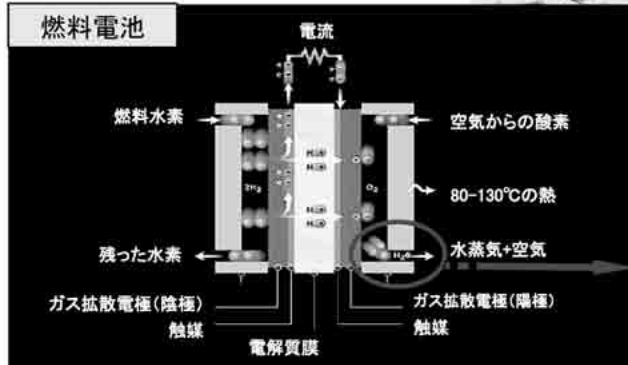
3

ものの動作の仕組みや植物の生態を、そのままの状態で見たい。

中性子ラジオグラフィーによる非破壊検査



エンジンを稼働させた状態で、バルブ・ピストンの動きと、燃料・潤滑油の挙動を同時に観ることが可能になる。



燃料電池内の水分子の動きも可視化できる。

4

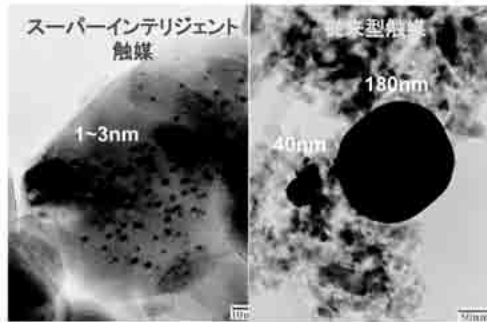
自動車用触媒:  
結晶に触媒作用をもつ  
貴金属を添加



Pd, Pt, Rhのインテリ  
ジェント化に成功

スーパーインテリ  
ジェント触媒

放射光を用いた触媒機構の解明  
ダイハツ工業(株)との共同研究



- ・高価な貴金属の量を大幅に低減
- ・半永久的に使える自己再生機能



第17回先端技術大賞「経済産業大臣賞」受賞(2003.7)  
第4回産学官連携功労者表彰(2006.6)

5

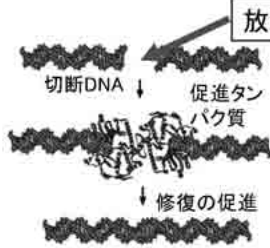


放射線抵抗性の謎解きで新薬開発  
DNAを修復する新しいタンパク質を発見

ライフサイエンス



放射線抵抗性細菌



放射線抵抗性細菌の放射線耐性機構を明らかにする研究

新しいタンパク質PprAを発見し機能を解明

高効率DNA修復試薬としてバイオ産業への利用に成功

量子ビームテクノロジーを用いた有用遺伝子資源創成  
・医療に役立つDNA修復タンパク質の実用化  
・量子ビームの複合利用によるタンパク質の構造解析、機能向上

操作時間が32倍短縮



TA-Blunt Ligation Kitとして製品化((株)ニッポンジーン製)

- ・遺伝子診断の高度化
- ・新薬開発のスピードアップ

2006.1プレス発表

NHK科学番組「サイエンスZERO」で放映(2006.2)

6



高精度構造情報を利用した医薬品開発へ  
水素のありかをつきとめる中性子

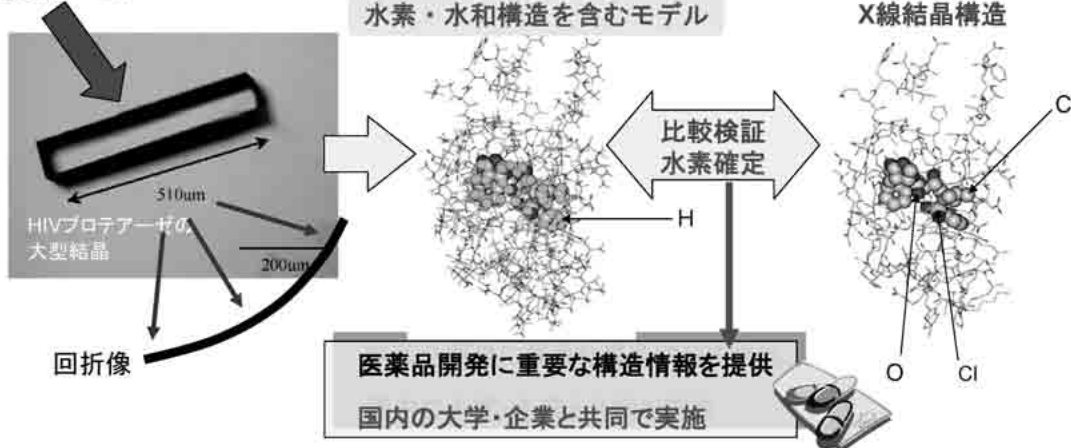
ライフサイエンス

医薬品開発では薬剤の標的となるタンパク質の立体構造の解明が重要  
中性子により水素や水和水を含む構造を解析

熾烈な競争

エイズ治療薬開発を目指してHIVプロテアーゼの中性子構造解析に着手  
構造解析に必要な試料の大量調製に成功し、大型結晶の作成に着手  
J-PARCにより、迅速な中性子構造解析が可能となる。

中性子ビーム



医薬品開発に重要な構造情報を提供

国内の大学・企業と共同で実施

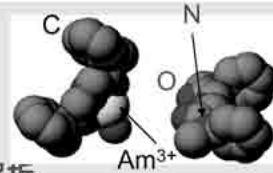
7

抽出剤に新しいアクチノイドイオン認識概念を導入

1. 新しい化学結合制御

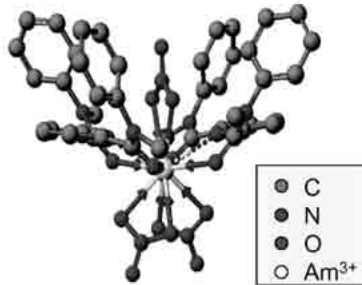


2. 立体構造制御



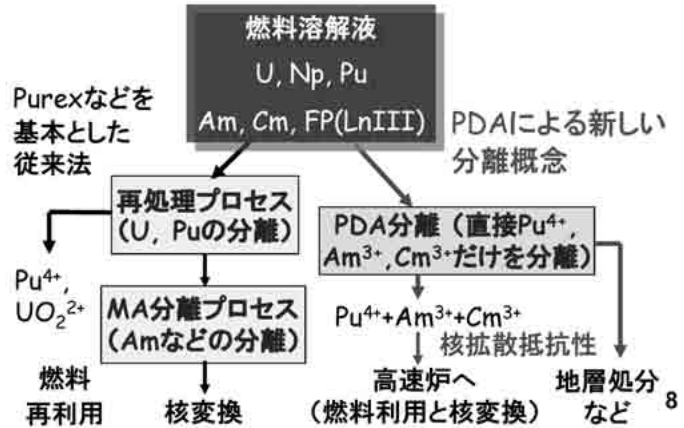
SPring-8による構造・電子状態の解析

新しい概念に基づく抽出剤



分離抽出剤ピリジンジアミド (PDA) 錯体の構造  
高い対称性, 共有結合性

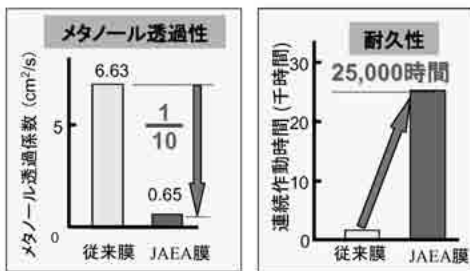
従来分離法との比較



メタノール用燃料電池

水素用燃料電池

○電子・γ線 { グラフトと同時橋架けする放射線プロセス技術の確立

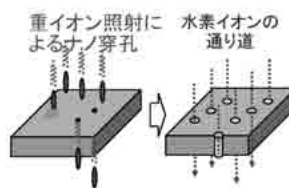


携帯機器用燃料電池向け



開発したロール状電解質膜  
日東電工(株)との共同研究で実用化!

○イオンビームナノ穿孔 技術の併用



水素イオン伝導性と更なる耐久性向上の両立を図る

○中性子ビーム利用

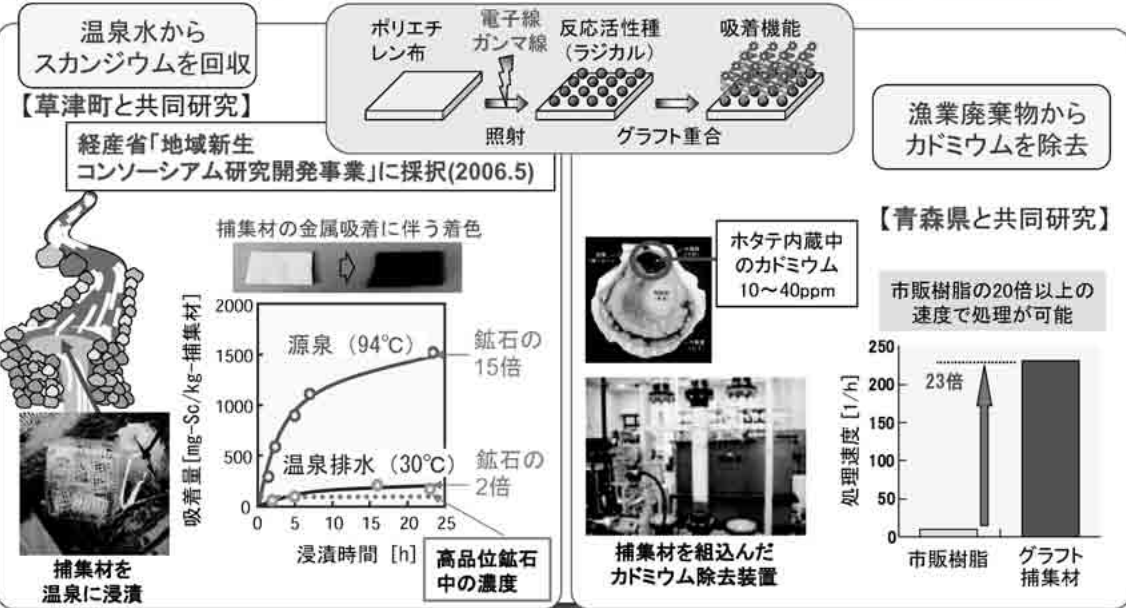


・膜構造解析  
・伝導機構解析

膜の構造設計にフィードバック(高性能化)

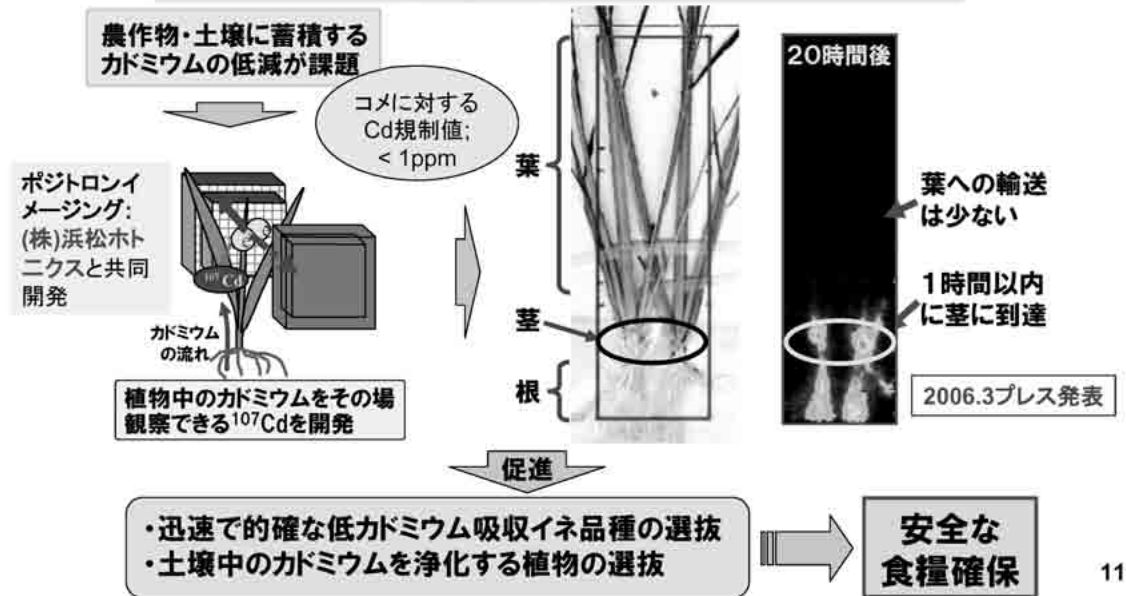
家庭用燃料電池 (使用温度 90°C)  
自動車用燃料電池 (使用温度 130°C) } 実現へ





環境を保全し、資源枯渇の影響の無い持続可能な社会の実現に貢献

イネに吸収されたカドミウム (Cd) の動きを初めて観測  
秋田県立大学との共同研究

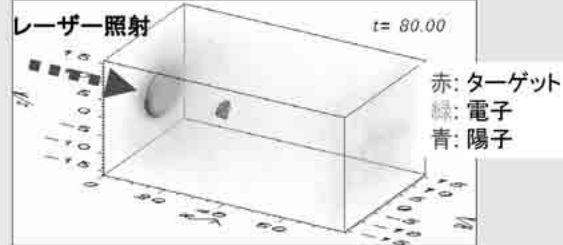




## コンパクトがん治療器がレーザーでできる! レーザー照射による高エネルギー粒子線の発生

先進医療

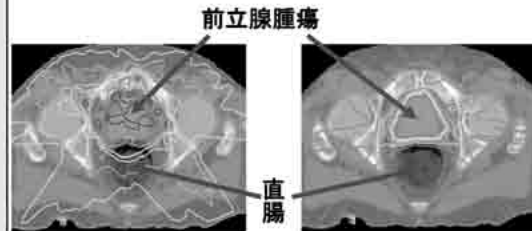
高強度レーザーの強い光場を利用して陽子を発生



大きな陽子加速場 ( $\sim \text{MeV} / \mu\text{m}$ ) の生成条件を見つける → 加速器の小型化  
エネルギーのそろった陽子発生に成功  
→ 高エネルギー化への挑戦

京都大学等との共同研究

がんを切らずに直す体にやさしい粒子線治療



X線:強度変調  
治療(IMRT)

粒子線で患部を  
高精度に治療



革新的小型化  
低価格化



兵庫県立粒子線医療センターなどと協力12



## J-PARC 建設状況 高エネルギー加速器研究機構との共同プロジェクト



平成18年2月航空写真

※平成20年度施設供用開始を予定



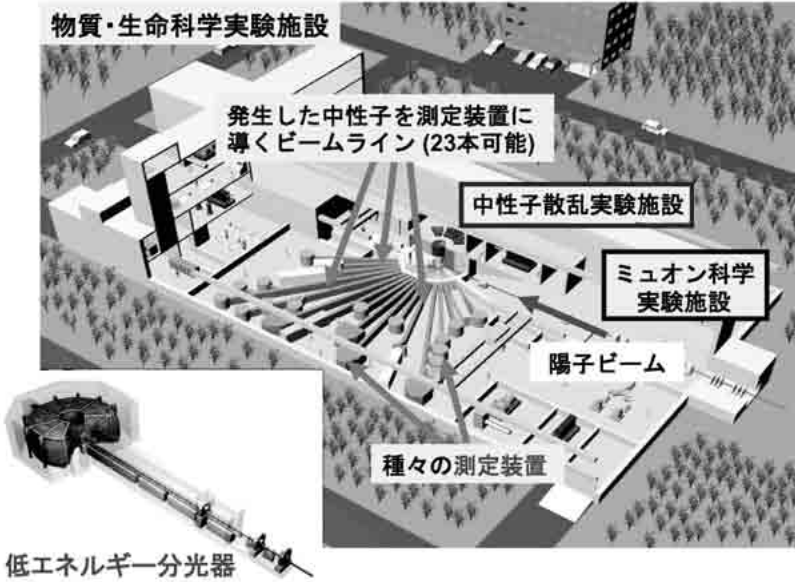




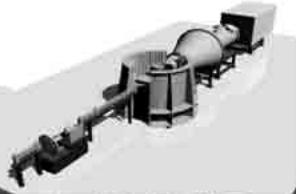
## J-PARCの産業利用

- 燃料電池材料の開発
- 新薬の開発や医学への応用
- ナノ磁気材料の開発
- 機械内部の非破壊検査

### 物質・生命科学実験施設



生命物質構造解析装置(茨城県)



ナノ構造解析装置



新材料解析装置 14



## J-PARC建設状況(リニアック)



- ① 原子・分子レベルで「観て、創り、治す」量子ビームテクノロジーは、放射線利用、加速器科学から生まれた領域横断型の新分野。
- ② 量子ビームテクノロジーの産業利用は、日本の産業の国際競争力を強化し、大きな経済効果をもたらす。
- ③ 斬新・重要な成果創出を目指し、量子ビームプラットフォームの横断的利用及び産学官連携を推進。
- ④ J-PARCは世界の財産。産業利用を推進。20年度供用開始を目指し建設中。