

3. 量子ビームが拓く新しい世界

報告要旨

近年、加速器や強いレーザーを用い、強度が強く、質の高い量子ビームを発生することが可能になり、量子ビーム利用技術が高度化、多様化しています。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）、高強度レーザーなどの量子ビーム施設を横断的に用い、量子ビームの「観る」（原子・分子レベルで物質を観察する）機能、「創る」（原子・分子レベルで物質を加工する）機能や、「治す」（細胞レベルでがん等を治療する）機能を駆使して、生活や健康の向上に役立つ研究を進めています。また、さらに量子ビームの新しい可能性を探求することによって将来の夢を実現するための研究を進めています。具体的には、「環境・エネルギー」、「生命科学・先進医療・バイオ技術」、「物質・材料」の各研究領域への貢献を目指した研究開発を行っています。本報告では、この中から、ごく最近の成果の例を紹介します。また、世界有数の量子ビーム施設と期待され、2008年12月の供用開始を目指して高エネルギー加速器研究機構と共同で建設を進めている大強度陽子加速器施設J-PARCの進捗状況を報告します。

日本原子力研究開発機構 理事 岡田 漱平



第3回 原子力機構報告会

量子ビームが拓く新しい世界

平成20年11月5日

独立行政法人日本原子力研究開発機構

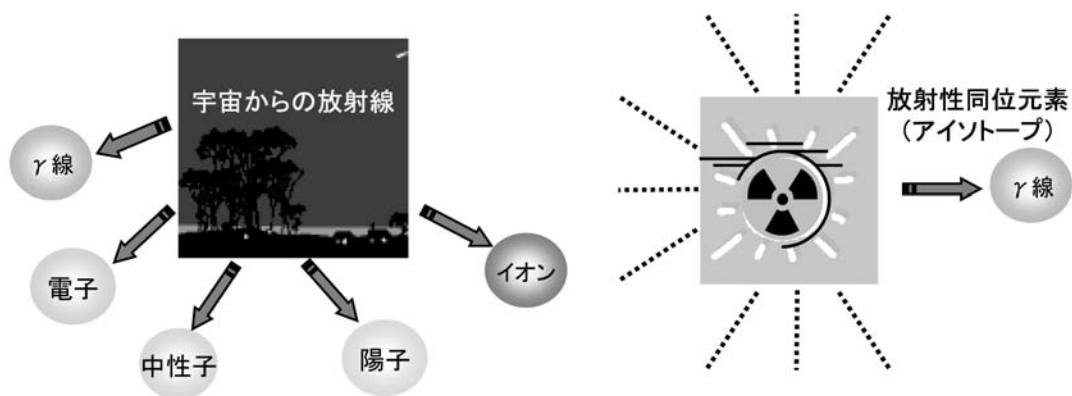
理事 岡田 漱平



量子ビームとは：放射線利用から量子ビーム利用へ



放射線と量子ビームとはどう違うのか？



「放射」という言葉の語感から、放射線には発散的なイメージがあります



量子ビーム



放射線を狙った的に当てられないか？



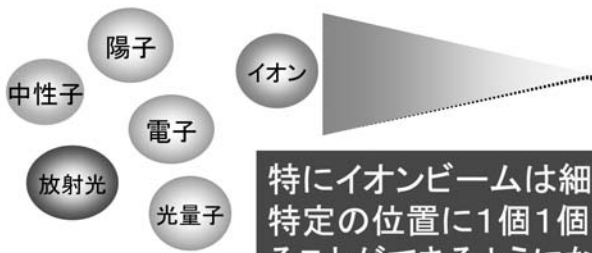
強い強度のイオン、中性子、陽子、電子、放射光(X線)、光量子(レーザー)などを制御して、的を絞って当てることができるようになってきた



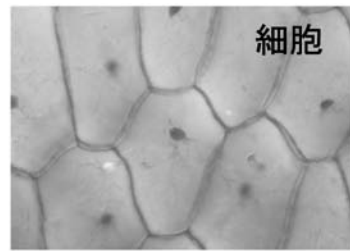
笠間の流鏝馬



粒子や電磁波をビームとして利用



特にイオンビームは細胞の特定の位置に1個1個当てることができるようになった



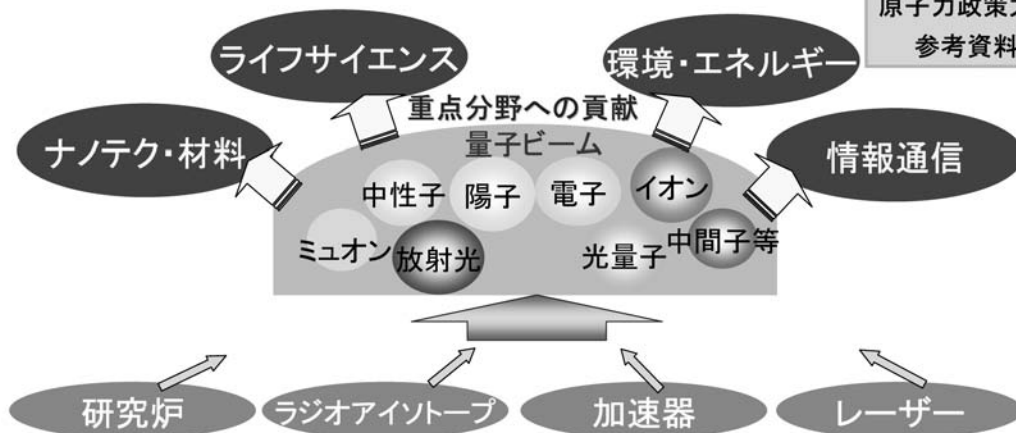
2



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

3



原子力機構の量子ビーム施設



4



量子ビームのはたらき

量子ビームの持つ

観る



原子・分子レベルで観察する

創る



原子・分子レベルで加工する

治す



がん等を治療する

という機能を駆使して

5



量子ビーム利用研究の方向性

「暮らし」と「いのち」に密着した研究



「夢」を実現する研究



を進めています

6



原子力機構における量子ビーム利用研究のねらい

量子ビームの観る(原子・分子レベルで観察する)、創る(原子・分子レベルで加工する)、治す(がん等を治療する)機能を駆使して、

環境・エネルギー:

- ・石油由来の高分子材料に替わる植物由来のカーボンニュートラル材料の開発
- ・環境浄化や有用資源回収に有用な高性能金属捕集材の実現
- ・水素製造等に応用できる触媒の開発 ・貴金属を使わない排気ガス触媒の開発
- ・画期的な再処理プロセスを目指した分離抽出剤の開発 など

生命科学・先進医療・バイオ技術:

- ・生体高分子の機能解明による新規治療法や効果の高い薬剤の創出
- ・がん治療等に向けたレーザー駆動粒子線加速器の実現 ・放射線治療の高度化
- ・遺伝子資源の開拓、イオンビーム育種技術の革新、バイオ農薬・肥料、環境浄化植物の開発 など

物質・材料:

- ・来るべき水素化社会で必要となる水素貯蔵材料の開発
- ・超伝導材料や高密度磁気記録材料等、次世代を担う機能性材料の創出
- ・新しい概念に基づく新規触媒の開発 ・非破壊・非接触の診断技術の開発 など

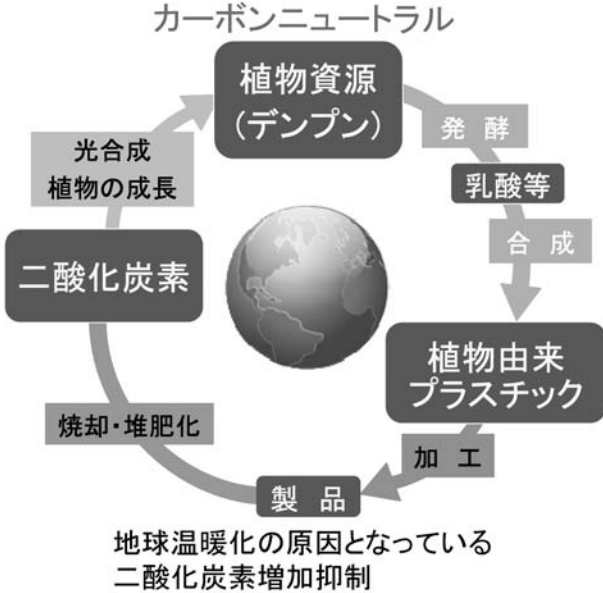
の研究開発を行っています。

7



環境・エネルギー研究領域における成果(1)

カーボンニュートラルなプラスチックの創製



ポリ乳酸

現在の生産量
全プラスチックの1%
(10~15万トン/年)

2010年代後半

既存汎用プラスチックの
20%程度代替へ
250~300万トン/年

ポリ乳酸の用途拡大に向けて

- 加熱すると白く濁る
- 熱に弱い
- 曲げると折れる

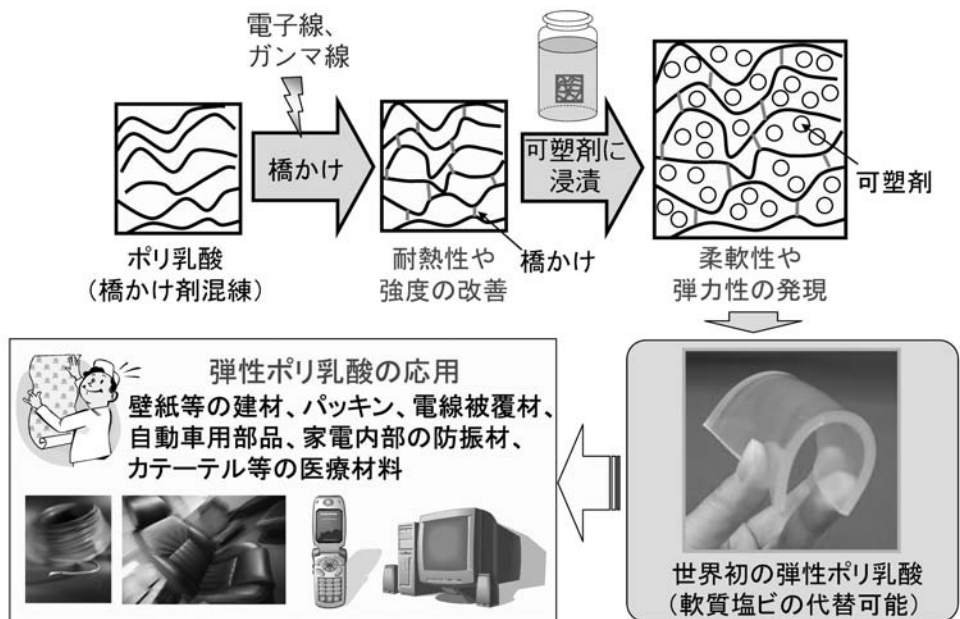
改善

量子ビーム橋かけ技術

8



植物由来のポリ乳酸の橋かけによる特性改善



9



環境・エネルギー研究領域における成果(2)

究極の分離技術を原子力システムへ応用する



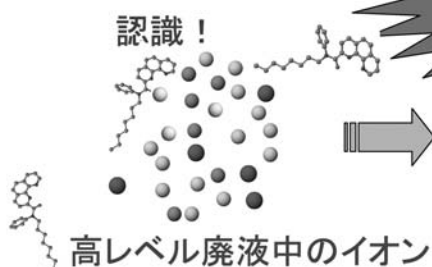
「究極の分離技術」を再処理に応用するとどうなるの？



「究極の分離技術」すなわち高度な識別能力を持つ抽出剤を用いると、放射性ゴミの減容、安全性を高めることが可能となります。

高度な識別能力を持つ
新抽出剤PTAでは？

PTA



分離が精密になると・・・
放射性廃棄物の減容
安全性・経済性向上

特定のイオンを
ねらい撃ち！

10

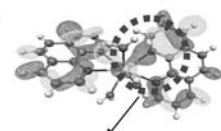
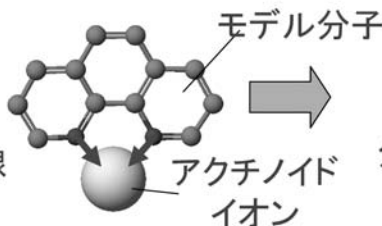


放射光で認識状態を観察し、抽出剤を作る。



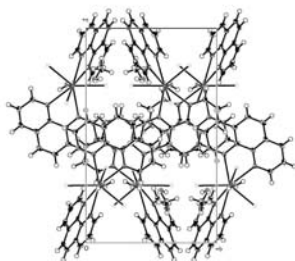
SPring-8

放射光X線
で観察



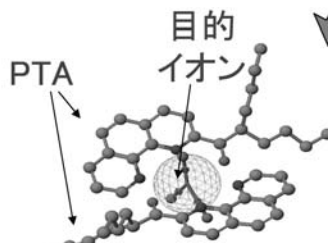
分子とイオンとの結
合の仕方を知る。

設計



分子とイオンとの
安定な構造を知る。

設計



新しく開発されたPTA化合物
(再利用可能な燃料だけを捕まえる！)

分離ステップを半分以下に短縮可能! 11

抗HIVウィルスの創薬を目指したタンパク質構造解析

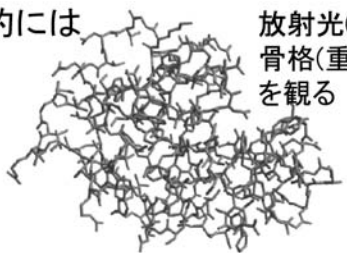


量子ビームがどうして創薬研究に貢献できるのですか？

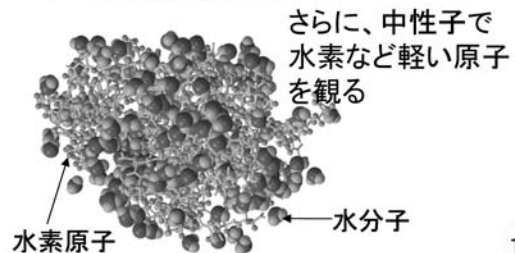


量子ビームの「観る」機能を利用して、創薬に重要なタンパク質の構造を解析することができます。

具体的には



放射光(X線)で骨格(重い原子)を観る

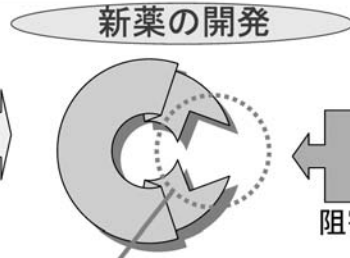


水素原子

さらに、中性子で水素など軽い原子を観る

水分子

阻害剤を設計するにはこの構造を知りたい



阻害剤

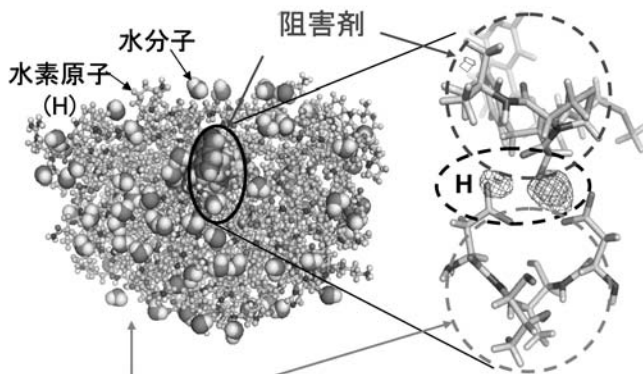
新薬の開発



これまでにどのような成果が得られているのですか？



X線と中性子線の相補利用によりHIVプロテアーゼの全原子構造解析に世界で初めて成功しました。



HIVプロテアーゼ：
エイズウィルスを増殖させるタンパク質

- ・創薬の標的となるタンパク質を中性子で解析した最初の例
- ・HIVプロテアーゼと阻害剤の結合や、水素に関する情報を取得
⇒医薬品の改良に資する



レーザーでコンパクトがん治療器



粒子線治療は大型施設でないとできないの？



現在は確かにそうですしかし……



レーザーを利用した超小型加速器の研究が進んでいます

高強度で、極端に短いパルス幅をもつレーザーの強い電場を利用して陽子を発生



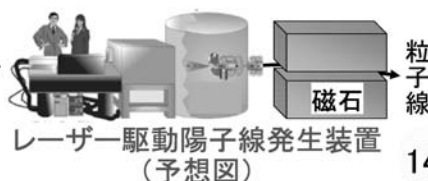
数MeV級の陽子発生に成功



専用大型施設



革新的小型化
低価格化



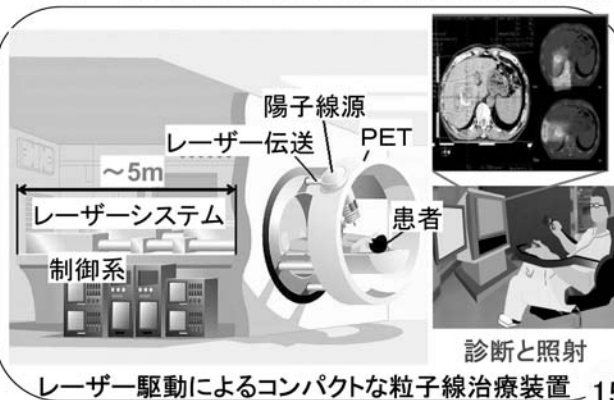
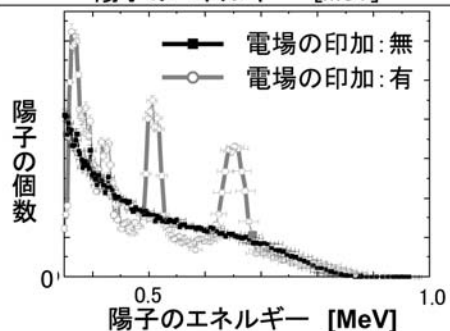
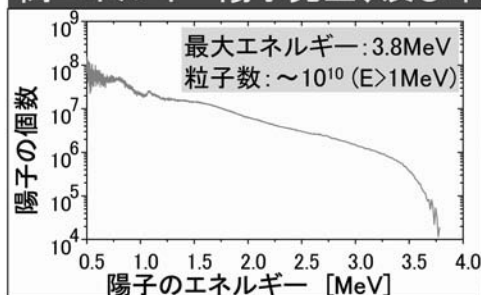
レーザー加速の成果と医療への普及

高エネルギー陽子発生、及び単色化

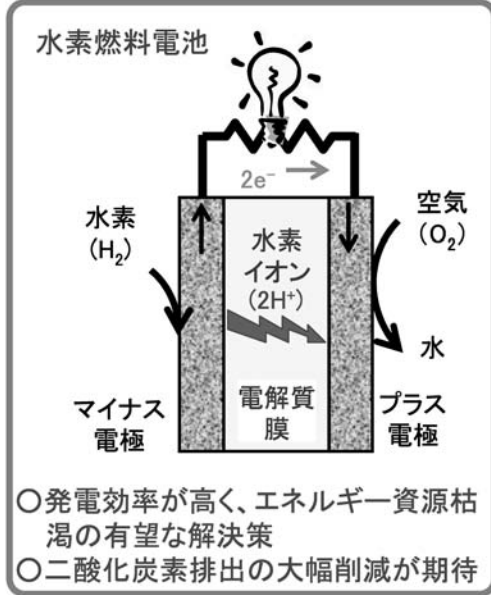
「光医療産業バレー」拠点創出

(平成19年度～ 科学技術振興調整費プロジェクト)

- ・「レーザー駆動粒子線加速技術」
 - ・「粒子線がん治療・診断技術」
- ⇒ 「融合」
⇒ 「小型がん診断・治療器」を実現し、「全国どこでも切らずに治せるがん治療」を目指す。



水素エネルギーの利用に役立つ燃料電池膜の開発

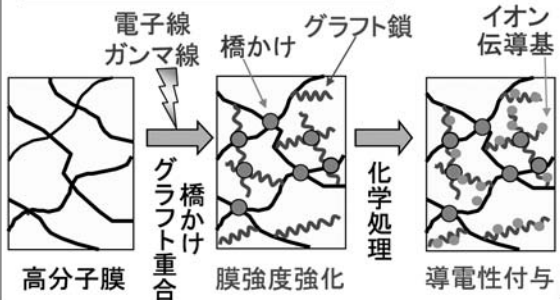


電解質膜は燃料電池の心臓部

求められる性能

- 高い導電性: H⁺ だけを通す
- 高い膜強度: 高温で劣化しない
- 膜内を燃料(H₂)が透過しない

燃料電池膜の合成プロセス



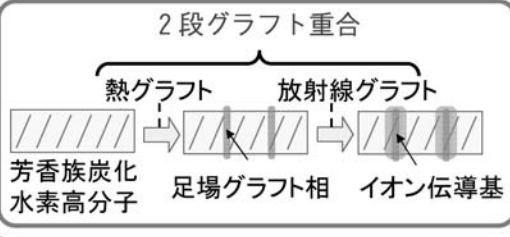
燃料電池用高耐久性電解質膜の開発

目標: 家庭用燃料電池に最適な高耐久性電解質膜の創出

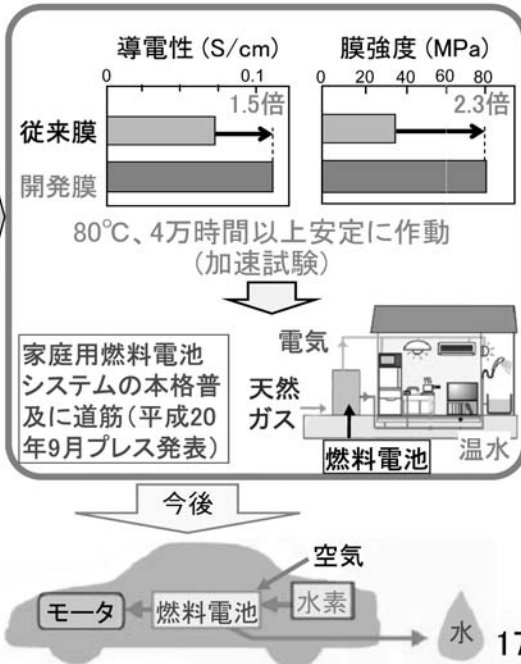
芳香族炭化水素高分子に着目

- ・ 高温でも丈夫
- ・ 薬品や放射線に強くグラフト重合が困難

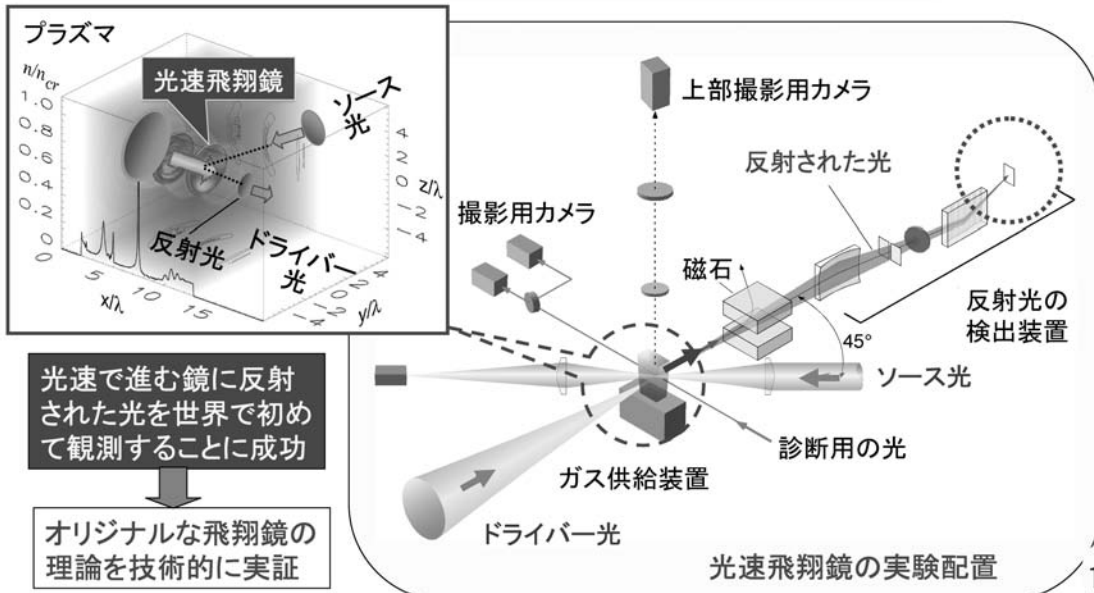
熱・放射線2段グラフト重合技術を編み出し、イオン伝導基の導入に成功



更に高温耐久性が求められる自動車用燃料電池膜の実現へ

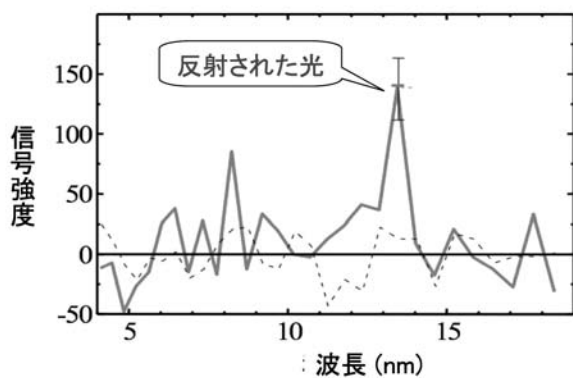


飛翔鏡「プラズマ中を光速で進行する電子の塊り(鏡)」を実現



光速飛翔鏡によるレーザー光は新たな量子ビーム源

入射した赤外光が反射されて紫外光に変わることを観測



反射されたレーザー光の
パルス幅も圧縮されている
⇒ アト秒X線光源の実現

* アト秒は10の18乗分の1秒

分子内の核の運動や電子
の運動を瞬間的に観測
↓
新しい物理の世界を拓く

入射した光
波長 780 nm

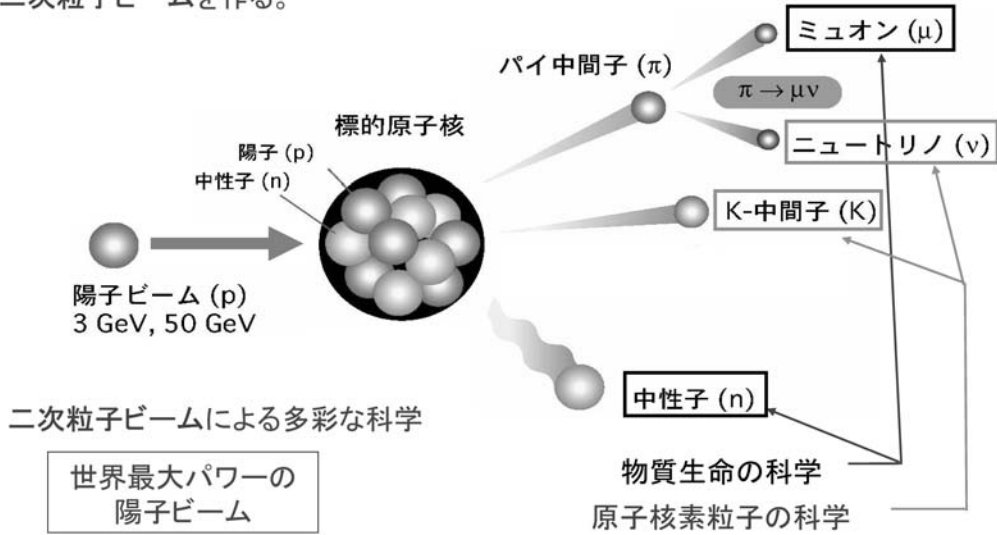


反射された光
波長 13 nm



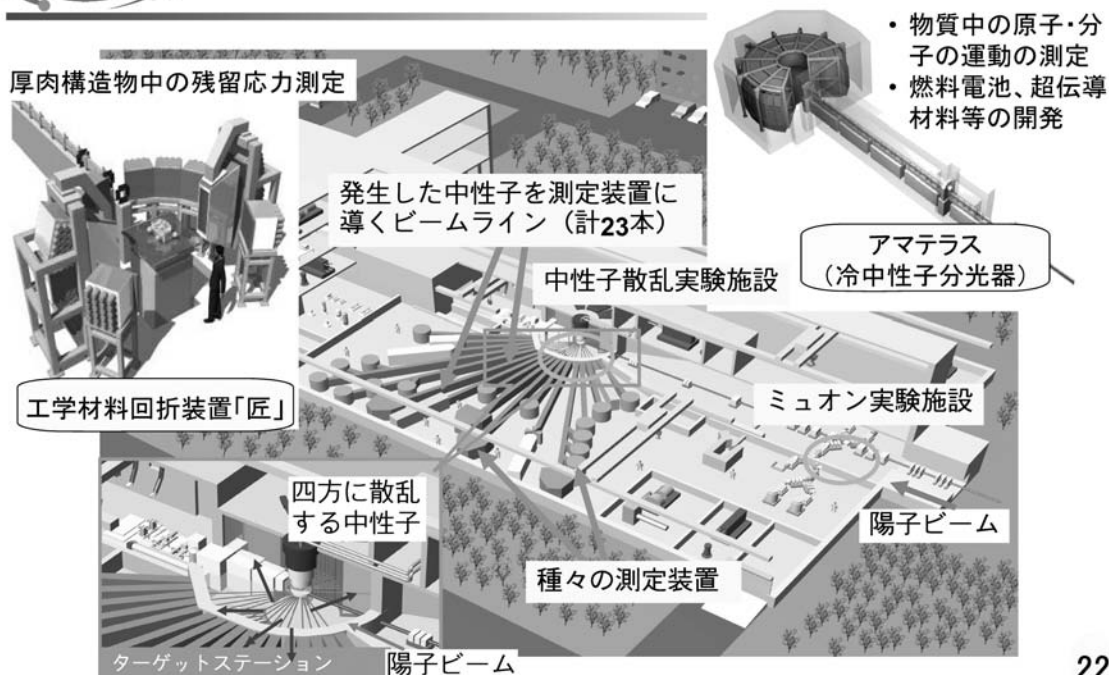
J-PARCで使える様々な量子ビーム

陽子を光速近くまで加速し、原子核と衝突させ、
二次粒子ビームを作る。





物質・生命科学実験施設での中性子利用研究



22



まとめ

- 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、21世紀の魔法の眼、魔法の手。
- ②量子ビームテクノロジーは、がんやエイズウイルスなどの薬剤開発、来るべき水素化社会へ向けた材料開発、貴金属に頼らない触媒開発、植物由来カーボンニュートラル材料の開発、など、
 - 「くらし」と「いのち」に密着した研究
 - 「夢」を実現する研究
 で世界の未来を拓く。
- ③原子力機構は量子ビームテクノロジーのプラットフォーム化を進め、日本の産業の国際競争力強化に貢献する。
- ④J-PARCは世界の財産。いよいよ施設の供用が開始される。

23



未来を見つめて

私たちは、量子ビームを利用して、これからも「くらしといのち」に密着し、人類の「夢」を実現する研究開発を進めてまいります。



ご静聴ありがとうございました

24