

放射線の科学技術・学術利用の 新たな展開

日本原子力研究所

理事 加藤義章

放射線から量子ビームへ

①

広義の放射線 = 量子ビーム

狭義の放射線

直接又は間接に空気を電離する能力をもつ電磁波又は粒子線

X線、(アルファ)線、(ベータ)線、(ガンマ)線、
中性子線、陽子線、電子線など

多様化、高品位化

利用技術の進展

新たな相互作用の発見

新しい放射線と利用技術

- レーザー(光量子)、放射光、ミュオン、中間子など
- ビーム制御技術の高度化、高エネルギー線源の実現
- 内殻励起、レーザー物質相互作用など
- 科学技術・学術分野における重要性の増大

量子ビーム・テクノロジー ②

豊かな国民生活への貢献

安全・安心な社会の実現

産業の国際競争力の維持強化

国際社会におけるリーダーシップの発揮

量子ビーム利用の普及、新産業の創出

ライフサイエンス

環境・エネルギー

ナノテク・材料

情報通信

21世紀の科学技術のベース

量子ビーム

ミュオン

放射光

光量子

中間子

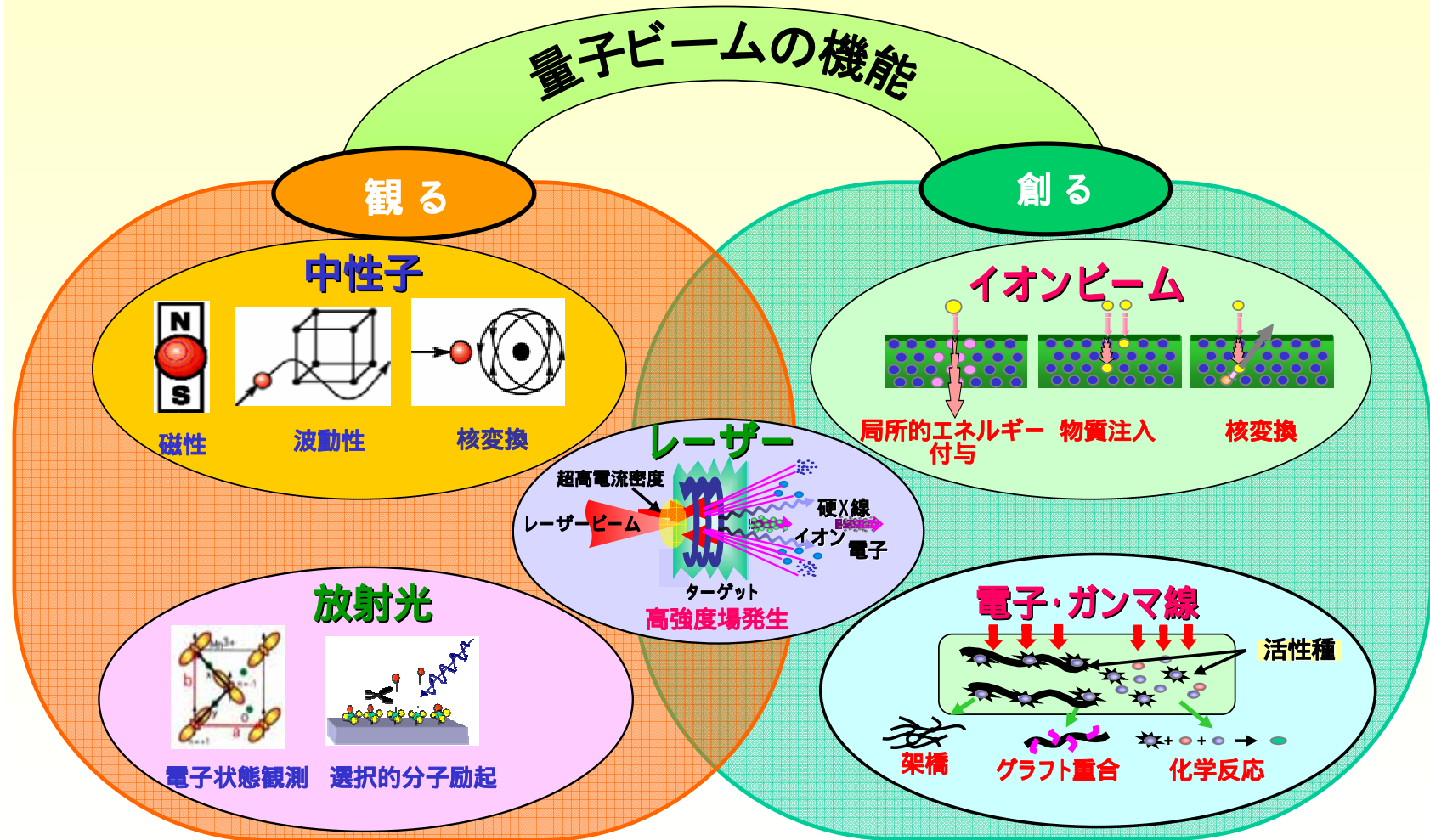
中性子

電子線

線

イオンビーム

研究炉、Co線源、
加速器、先進的レーザー光源等



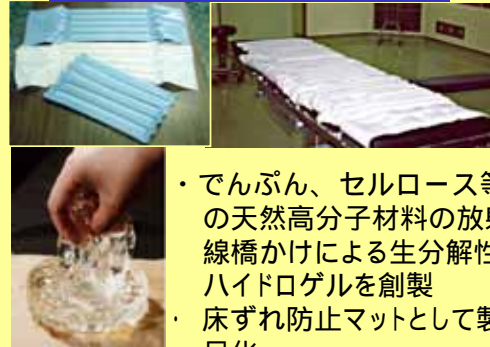
粒子の性質と波の性質を合わせ持つ

イオンビーム育種



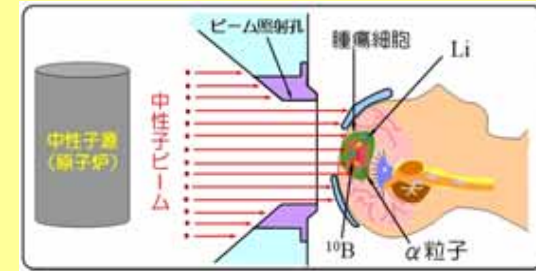
イオンビームを用いて品種改良
イオンビーム利用

放射線橋かけを用いた 生分解性ハイドロゲル



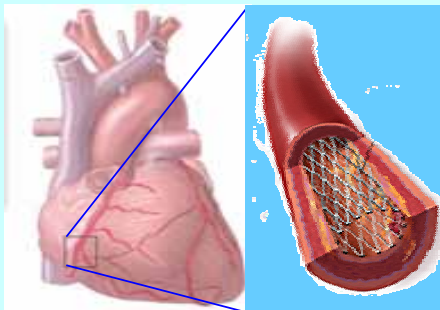
- ・でんぷん、セルロース等の天然高分子材料の放射線橋かけによる生分解性ハイドロゲルを創製
 - ・床ずれ防止マットとして製品化
- 電子線利用

中性子照射による脳腫瘍治療



ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT): ガン細胞のみを集中的に治療、国内実績: 265例 (2003年2月末現在)
中性子利用

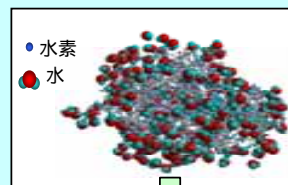
RIの医学利用*



^{133}Xe イオンを注入したステントによる血管再狭窄予防

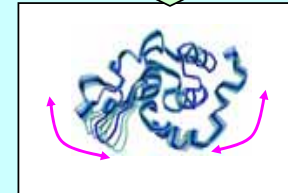
イオンビーム利用

中性子によるタンパク質構造解析*



生体物質の動きを解明

タンパク質の水素水和水構造解析



タンパク質分子内部の運動解析

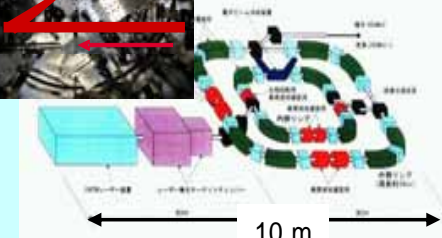
中性子利用

粒子線がん治療装置の小型化*

(医工連携による研究展開)



小型レーザーによるイオン生成



小型化、安価 粒子線がん治療の普及
レーザー利用

ナノテクノロジー・材料分野への応用

5

高性能燃料電池膜の開発

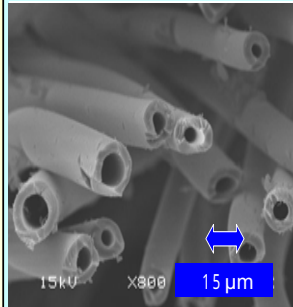


放射線架橋とグラフト重合により従来の3倍の性能(イオン交換容量)を達成

水素社会実現に貢献

電子線、イオンビーム利用

SiCマイクロチューブの開発*

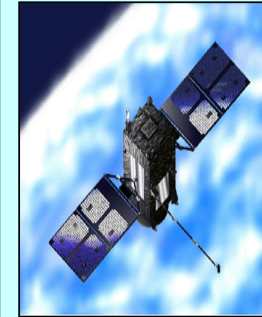


ケイ素系高分子繊維の電子線照射による放射線酸化架橋によりSiCマイクロチューブを開発

HTTRのIS法に水素透過膜として応用
水素社会へ貢献

電子線利用

耐放射線性半導体の開発*

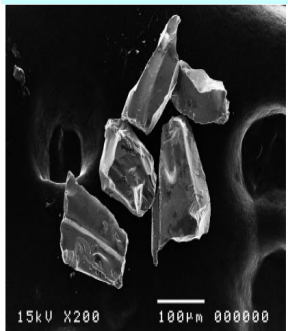


・イオンビーム、電子線により劣化現象を解明し、宇宙での試験で実証
・イオン注入技術により耐放射線性高性能半導体を開発。
・SiC半導体で世界最高の応答性を達成

宇宙開発に貢献

電子線、イオンビーム利用

新材料の開発*



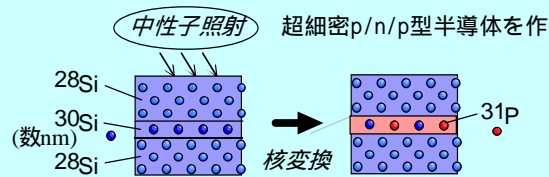
高温・高圧技術を用いた窒化ガリウム単結晶の合成に成功。青色発光素子材料開発における新手法の確立。

放射光利用

機能性材料の開発*

中性子による核変換を利用した薄膜半導体の創製

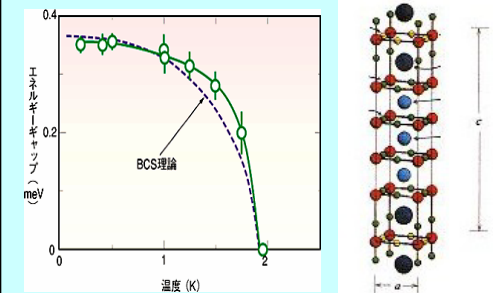
高集積、低発熱素子開発



28Siと30Siを積層した薄膜の状態を中性子で観測する

中性子利用

新しい超伝導材料の発見*



UPd₂Al₃


新しい機構によって発現する超伝導体を中性子散乱により発見

中性子利用


実用化された成果(無印)、今後の展開・実用化が期待できる研究(*)

放射線橋かけによる生分解性プラスチックの開発

資源循環型材料




家電管体



農業用フィルム

生体親和型材料



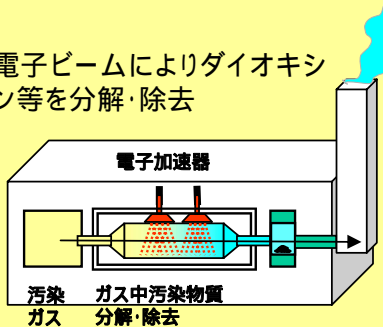
化粧品
コンタクトレンズ

電子線利用

大気汚染物質浄化

環境汚染物質の浄化プロセスの開発

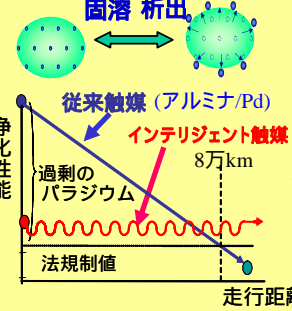
電子ビームによりダイオキシン等を分解・除去



電子線利用

インテリジェント触媒の機構解明

固溶 析出



運転中に固溶 析出を繰返す自己再生の機構を解明。自動車触媒用貴金属(パラジウム)の世界での使用量の大幅な低減(150 40トン/年)

放射光利用

金属捕集*

有用金属捕集材料の開発



放射線グラフ重合法を用いた有用金属捕集材

バナジウム等の捕集


電子線利用

実用材料の内部応力測定*

残留応力解析

溶接配管や自動車エンジンなどの内部残留応力を1~3cmの深さまで測定が可能

非破壊で実用材料の健全性を診断



中性子利用

放射性廃棄物の処分*

加速器駆動核変換(ADS)の概念



数万年の管理が必要 (天然バリア) → 約500年の管理に (人工バリア)

長寿命核種の短寿命化・無害化

高レベル放射性廃棄物の処分

大強度陽子加速器を使った核変換

中性子利用

我が国と世界の主要な研究施設

7

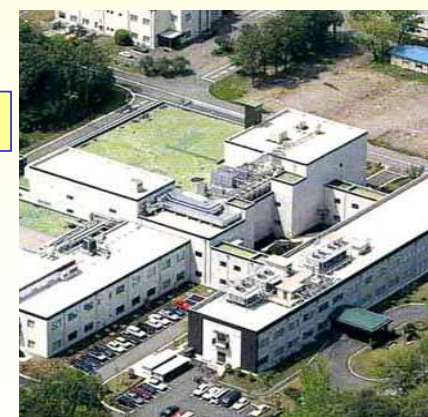
	日 本	世 界
中性子	J-PARC 陽子加速器出力1MW <2008完成予定>	SNS (米国) 1.4MW <2006完成予定>、ISIS(英国) 0.16MW <2007改造予定>
	JRR-3 原子炉熱出力20MW <1990改造>	HFIR(米国) 85MW <1967>、HFR(欧州) 58MW <1993改造>
イオンビーム	HIMAC 炭素イオン等加速エネルギー800MeV/核子 <1994>	(ドイツ、米国で既存の研究用加速器を使用した治療を実施)
	TIARA サイクロトロン等からなる多目的利用施設 陽子加速エネルギー90MeV <1991> GeV級重イオン加速器 炭素イオン1.8GeV <計画中>	(ドイツGSI、米国ORNL等で材料照射、バイオ照射研究を実施)
	RIBF 一次ビームウラン、大ビーム強度、350MeV/核子 <2006完成予定>	GSI(ドイツ) 低ビーム強度、23TeV/核子 <計画中>、 RIA(米国) 高ビーム強度、400MeV/核子 <計画中>

中性子
(ミュオン・中間子)



J-PARC

イオン加速器



TIARA

- ・ナノテクノロジー・材料、ライフサイエンス・医療、素粒子物理などの先端的研究と産業利用の推進
- ・JRR-3のピーク強度の百倍以上

- ・環境・エネルギー、ライフサイエンス・医療、ナノテク材料と産業利用の推進
- ・軽イオン及び重イオン (~ Bi)
- ・マイクロイオンビーム照射

我が国と世界の主要な研究施設

8

	日 本	世 界
高強度レーザー	極短パルス高出力レーザー ピーク出力850TW <2003>	極短パルスレーザー(フランス) 100TW <2002>
	激光 - ペタワットレーザー ピーク出力~1PW <2002>	VULCAN(英国) 1PW <2004>
自由電子レーザー	エネルギー回収型FEL 平均出力2KW <2000>	FEL(米国、ジェファーソン研) 10KW <2004>
	自己増幅型自由電子レーザー 波長60nm <開発中>	自己増幅型自由電子レーザー(EU、DESY) 0.1nm <開発中>、 自己増幅型自由電子レーザー(米国、LCLS) 0.15nm <建設開始>
第3世代放射光施設	SPring-8 蓄積リング8GeV <1997>	ESRF(欧州) 6GeV <1993>、APS(米国) 7GeV <1995>

レーザー

極短パルス高強度
レーザー



放射光

SPring-8



- ・超高強度光場による高エネルギーイオン・電子源の開発
- ・小型レーザーで世界最高出力850兆ワット(0.85 ペタワット)の光発生

- ・ナノテクノロジー・材料・環境・エネルギー、ライフサイエンスなどへの適用
- ・蓄積リング内電子エネルギー8GeV(世界最高性能)

量子ビーム研究施設の活用

9

科学技術立国であり続けるための戦略

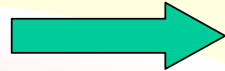
我が国の科学技術の発展振興には
研究施設群を国全体で活用する仕組
の構築が必要



- 新原子力長計での位置付けが必要
- 第3次科学技術基本計画での位置付けが重要

課題

- 利用者・利用分野の拡大
- 複数施設の総合的活用

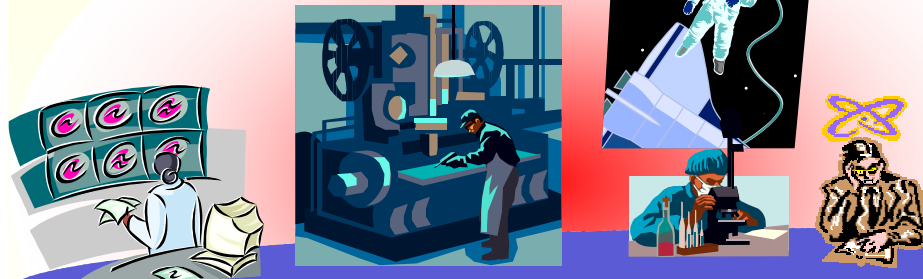


方策

- 共用の促進、競争的資金の創設
- 利用センター(仮称)の設置



利用の活性化・多様化
人材育成



量子ビーム総合利用センター

科学技術・学術利用のプラットフォーム



量子ビーム・テクノロジーの今後の展開 ⑩

課題:

- 量子ビーム利用の拡大に繋がる研究開発の推進
- 世界トップレベルの性能を有する量子ビーム研究施設の整備、次世代量子ビーム源と利用技術の開発
- 施設利用者・利用分野の拡大、複数の研究施設の有機的活用のための共用制度の整備
- 研究開発を効率的に進めるための産学官連携、研究ポテンシャルを維持するための人材育成