

資 料

第 43 回原子力委員会 資料第 2－1 号	資 5
放射線利用に関する文部科学省の取り組み 文部科学省	
第 43 回原子力委員会 資料第 2－2－1 号	資 16
突然変異育種の現状と展望 一品種育成と遺伝子機能解明のための突然変異リソース 農業生物資源研究所 放射線育種場	
第 43 回原子力委員会 資料第 2－2－2 号	資 33
放射線育種場 農業生物資源研究所 放射線育種場	
第 43 回原子力委員会 資料第 2－2－3 号	資 37
放射線育種場の沿革について 農業生物資源研究所 放射線育種場	
第 43 回原子力委員会 資料第 2－2－4 号	資 39
食品照射技術に関する最近の動向と農林水産省での関連研究 農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所	
第 43 回原子力委員会 資料第 2－2－5 号	資 44
特殊病虫害根絶事業について 農林水産省	
第 44 回原子力委員会 資料第 5 号	資 45
放射線医学総合研究所における原子力利用・安全研究分野の活動 放射線医学総合研究所	
第 45 回原子力委員会 資料第 1－1 号	資 66
放射線利用振興協会の活動 放射線利用振興協会	

第 45 回原子力委員会 資料第 1－2 号	資 74
J－P A R Cに関わる茨城県の取り組み	
中性子ビームラインの整備と産業利用の促進	
茨城県	
第 45 回原子力委員会 資料第 1－3 号	資 86
日本医学放射線学会	
日本医学放射線学会	
第 46 回原子力委員会臨時会議 資料第 1－1 号	資 102
原子力機構における放射線利用	
ー量子ビームテクノロジー研究開発の概要ー	
日本原子力研究開発機構	
第 46 回原子力委員会臨時会議 資料第 1－2 号	資 120
「放射線利用」に関する取組の状況と課題	
日本アイソトープ協会	
第 49 回原子力委員会臨時会議 資料第 2－1 号	資 132
ライフサイエンス分野における放射性核種(RI)の利用研究	
～製造法の開発から応用研究まで～	
日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門	
ポジトロンイメージング動態解析グループ 研究主幹 リーダー 石岡 典子	
第 49 回原子力委員会臨時会議 資料第 2－2 号	資 139
遠藤啓吾先生ご説明資料	
群馬大学大学院医学系研究科 教授 遠藤 啓吾	
第 49 回原子力委員会臨時会議 資料第 2－3 号	資 142
放射線利用について	
大阪大学産業科学研究所 特任教授 田川 精一	
第 49 回原子力委員会臨時会議 資料第 2－4－1 号	資 146
放射線利用施設の運営について	
日本原子力研究開発機構 J－P A R Cセンター	
安全ディビジョン 副ディビジョン長 中島 宏	

第 49 回原子力委員会臨時会議 資料第 2－4－2 号	資 156
放射線利用のための放射線工学の役割と課題	
日本原子力研究開発機構 J-PARC センター	
安全ディビジョン 副ディビジョン長 中島 宏	
第 49 回原子力委員会臨時会議 資料第 2－5 号	資 160
放射線とアイソトープの利用について	
東京大学大学院農学生命科学研究科 教授 中西 友子	
第 49 回原子力委員会臨時会議 資料第 2－6 号	資 162
J-PARC に関わる茨城県の取り組み	
茨城県 企画部 技監 林 眞琴	
第 4 回原子力委員会定例会議 資料第 4 号	資 168
放射線利用分野における途上国協力の現状と課題	
アジア原子力協力フォーラム コーディネータ 町 末男	
第 8 回原子力委員会定例会議 資料第 3－1 号	資 179
(社)日本原子力産業協会における放射線利用に関する活動について	
(社)日本原子力産業協会	
第 8 回原子力委員会定例会議 資料第 3－2 号	資 184
放射線利用に関する産業界の現状と課題	
(社)日本原子力産業協会 量子放射線利用普及連絡協議会	
第 10 回原子力委員会臨時会議 資料第 2－1 号	資 192
九州国際重粒子線がん治療センター事業計画の概要	
佐賀県	
第 10 回原子力委員会臨時会議 資料第 2－2 号	資 202
九州シンクロトロン光研究センター	
(財)佐賀県地域産業支援センター 九州シンクロトロン光研究センター	
第 11 回原子力委員会定例会議 資料第 1－1－1 号	資 219
我が国におけるモリブデン (99Mo) を原料とした放射性医薬品の供給について	
厚生労働省 医政局 経済課	

第 11 回原子力委員会定例会議 資料第 1－1－2 号	資 222
------------------------------	-------

薬事法について

厚生労働省 医薬食品局 審査管理課

第 11 回原子力委員会定例会議 資料第 1－1－3 号	資 225
------------------------------	-------

放射線利用に関する厚生労働省の取り組み

厚生労働省 医政局 指導課

第 11 回原子力委員会定例会議 資料第 2 号	資 238
--------------------------	-------

財団法人医用原子力技術研究振興財団における医療分野の放射線利用に関する取組状況
医用原子力技術研究振興財団

第 12 回原子力委員会定例会議 資料第 1－2－1 号	資 250
------------------------------	-------

「社会」と「放射線」の距離感

毎日新聞社 科学環境部 記者 永山 悦子

第 12 回原子力委員会定例会議 資料第 1－2－2 号	資 258
------------------------------	-------

学校における放射線教育

NPO法人 放射線教育フォーラム 田中 隆一

本資料は、原子力委員会ホームページに掲載されております。

URL : <http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/index.htm>

放射線利用に関する 文部科学省の取り組み

平成21年11月24日
文部科学省

目次

1. 総論
2. 放射線利用に関する取り組みと現状
 - － 大強度陽子加速器(J-PARC)
 - － 大型放射光施設(SPring-8)
 - － X線自由電子レーザー(XFEL)
 - － RIビームファクトリーほか
 - － 重粒子線がん治療装置(HIMAC)
3. 施設共用の取り組み
 - － 特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律
 - － 先端研究施設共用促進事業
4. 産学官連携、地域連携の取り組み
5. 放射線利用に関する安全管理体制の現状
6. 放射線利用における人材育成
7. 放射線利用に関する国際協力

1. 総論

原子力政策大綱における放射線利用の現状認識(抜粋)

- 放射線による測定、加工、診療技術等は、学術研究、工業、農業、医療活動等において利用される多種多様な技術の一つ。
- 幅広い分野の科学技術の進展に大きく寄与
 - － 放射線診断、放射線がん治療、放射線利用による害虫防除やジャガイモの発芽防止、放射線育種による耐病性ナシや低タンパク質イネ等の作出、半導体やラジアルタイヤなどの製造等を通じて国民の健康や生活の水準向上、産業振興等に貢献。
- 「量子ビームテクノロジー」と呼ぶべき新たな技術領域の形成
 - － 世界各国において最先端の科学技術・学術分野から、各種産業に至る幅広い分野を支える技術として、様々な科学技術水準の飛躍的向上に寄与することが期待されている。

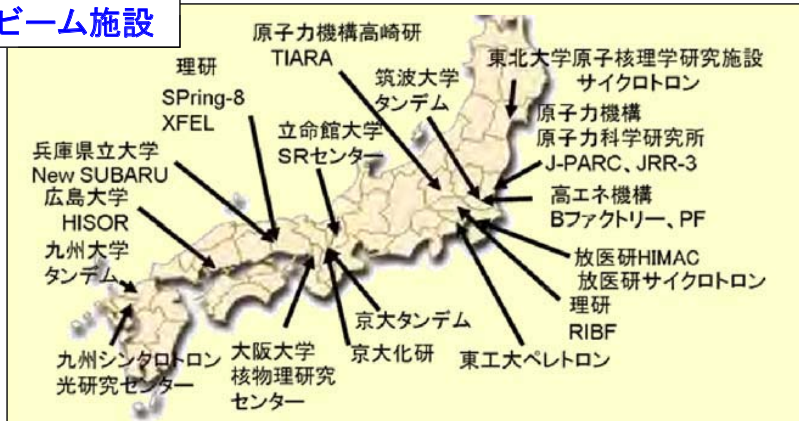
3

2. 放射線利用に関する取り組みと現状

4

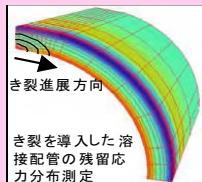
量子ビーム応用研究 - 先端的な科学技術の発展と産業利用の促進 -

我が国の主な量子ビーム施設



量子ビームの優れた「みる」、「つくる」、「なおす」力を有効活用して、先端研究から産業応用に広く貢献

中性子



実用材料の
内部応力測定

荷電粒子・RI

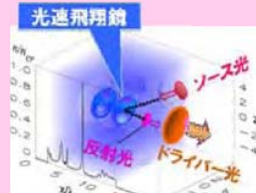


NOx高吸収植物
ヒメタビ

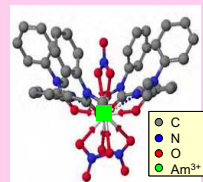


高性能燃料
電池膜の開発

光子・放射光



プラズマ中にほぼ光速で進
む電子の鏡の形成を実証



使用済み燃料再処理に用い
る新規抽出剤分子の開発

量子ビームテクノロジーの推進による様々な研究開発成果の発出

5

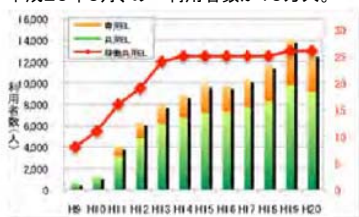
大型放射光施設(SPring-8)

大型放射光施設(SPring-8)の概要

- SPring-8とは、世界最高性能の放射光を発生、利用することができる大型放射光施設。放射光を用いることで、物質の種類や構造、様々な環境下での状態等の解析が可能であり、以下の様々な分野における革新的な研究開発に貢献。
- 平成3年建設開始、平成9年10月に供用を開始(建設費用約1,100億円)。現在、ビームラインの最大設置可能数62本のうち全体の約85%にあたる52本のビームラインが稼働し、本格的な研究活動を展開。他に3本のビームラインが建設中。

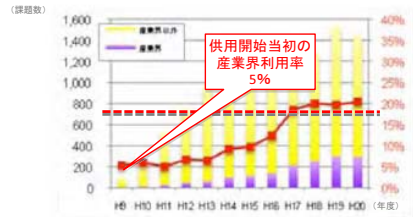
施設の利用状況

➢ のべ利用者数と共用BL本数の推移
平成20年6月、のべ利用者数が10万人。



産業利用の推移

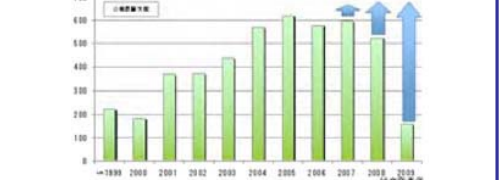
共用ビームラインにおける産業利用は着実に増加中(平成20年度は、利用研究課題数ベースで全課題数の約20%)



成果(論文発表数の推移)

ネイチャー、サイエンス誌への掲載論文72本(平成21年7月現在)をはじめ、多くの成果が得られている。

注: 発表論文数は引き続き集計中で、今後増加が見込まれる。(発表論文の登録は、別冊等で利用を確



最近の主な成果(学術に関するもの)

バッテリー電解液の性能を 世界で初めて固体かつ室温で実現

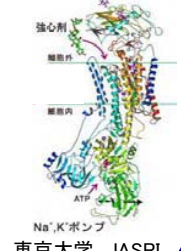
室温でも非常に高いイオン伝導性を持ち、大気下で安定かつ耐熱性の高い固体電解質の開発に世界で初めて成功。この新しい電解質の発見により、これまでにない安定で高性能な充電電池の実現を加速することが期待。

「Nature Materials(2009.5.11号)」に掲載
九州大学、JST、理研、JASRI

ナトリウム・カリウムポンプの立体構造の解明

心不全の治療薬ジギタリスの標的分子であり、神経の興奮などに必須なナトリウム・カリウムポンプの立体構造を世界で初めて解明することに成功。新たな治療薬の標的としても注目されているこの物質の原子構造の決定によって薬剤の開発が大きく前進することが期待。

「Nature(2008.5.21号)」に掲載



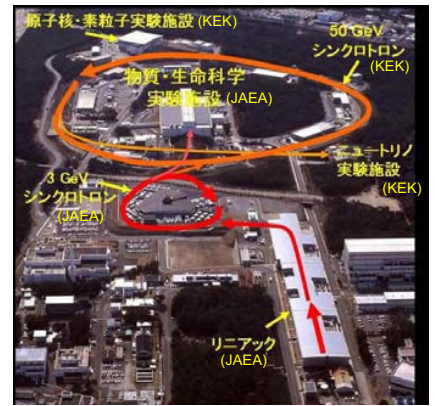
東京大学、JASRI

6

大強度陽子加速器施設(J-PARC)

大強度陽子加速器施設(J-PARC)の概要

- J-PARCは、世界最高レベルのビーム強度を有する陽子加速器施設により多彩な二次粒子(中性子・ミュオン・ニュートリノ等)を用いた新しい研究手段を提供。物質科学、生命科学、原子核・素粒子物理学など、基礎科学から産業応用までの幅広い研究開発を推進。
- 日本原子力研究開発機構と高エネルギー加速器研究機構が両者のポテンシャルを活かし、共同して加速器計画を推進。
- 平成21年度にすべての施設が稼働開始。7月には、中性子線施設を「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律(共用法)」の対象施設に位置づけ。

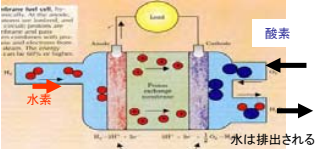


茨城県東海村

物質・生命科学研究

高感度での水素原子の観測と機能の研究

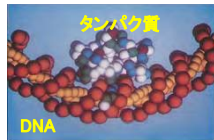
物質・材料科学の進展
→機能構造の解明→水素燃料電池開発



燃料電池開発の鍵となる高分子電極膜の構造を分析し最適な材料を開発。

生命科学の進展

→新薬の開発→難病克服へ



難病に効く創薬、農産物育成改良技術等に貢献する分子レベルの細胞、タンパク質等の構造機能を解明。

産業界を含む幅広い中性子利用研究の促進→新産業の創出

物質世界の基本法則を探索

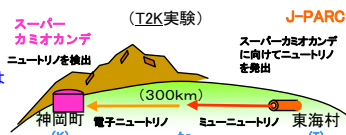


- ・質量の起源の謎:裸のクォークは軽い、ハドロンを形成すると重くなる。なぜ?
- ・宇宙創生の起源:ビッグバン直後に物質はどのように創られたのか?
- ・素粒子物理学の標準理論の見直しと、より高次の理論への展開

原子核・素粒子物理学

ニュートリノの謎の解明

- ・3世代あるニュートリノの質量と混合の全貌の解明 など



基礎科学の進展

J-PARC年次計画

	平成13年度	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度
リニアック						基礎製作・建築建設	通電試験	ビーム試験	ビーム試験	ビーム試験	ビーム試験
3GeVシンクロトロン						基礎製作・建築建設	通電試験	ビーム試験	ビーム試験	ビーム試験	ビーム試験
物質・生命科学実験施設						基礎製作・建築建設	通電試験	ビーム試験	ビーム試験	ビーム試験	ビーム試験
50GeVシンクロトロン						基礎製作・建築建設	通電試験	ビーム試験	ビーム試験	ビーム試験	ビーム試験
原子核・素粒子実験施設(ハドロン実験施設)						基礎製作・建築建設	通電試験	ビーム試験	ビーム試験	ビーム試験	ビーム試験
ニュートリノ実験施設						基礎製作・建築建設	通電試験	ビーム試験	ビーム試験	ビーム試験	ビーム試験

X線自由電子レーザー

現在の10億倍を上回る高輝度のX線レーザーを発振し、原子レベルの超微細構造、化学反応の超高速動態・変化を瞬時に計測・分析することを可能とする世界最高性能の研究施設を平成23年度からの供用開始を目指して整備する。また、ライフサイエンス分野やナノテクノロジー・材料分野など、様々な科学技術分野に新たな研究領域を開拓し、欧米に先んじる成果の創出を目指す。(開発期間:平成18年度~平成22年度)

X線自由電子レーザーの特徴 これまでの科学技術の限界を打ち破る究極の光

- 1 より細かく観察できる光 (空間分解能 0.1ナノメートル以下) [SPRING-8と同等以上]
→ 月から地上の蟻を見るくらい細かく観察できる。
- 2 より速い動きを観察できる光 (時間分解能 100フェムト秒以下) [SPRING-8の100倍以上]
→ (1秒で30万キロ進む)光が、わずか0.01ミリしか進むことができないほどの短い時間で観察できる。
- 3 より強い(明るい)光 [SPRING-8の10億倍以上]
→ SPRING-8(太陽の100億倍の明るさ)の10億倍の明るさで観察できる。

これらの特長を生かした多くの研究に使われる基盤となる

*1 1ナノメートルは10億分の1メートル
*2 1フェムト秒は1,000兆分の1秒

建設状況



年次計画

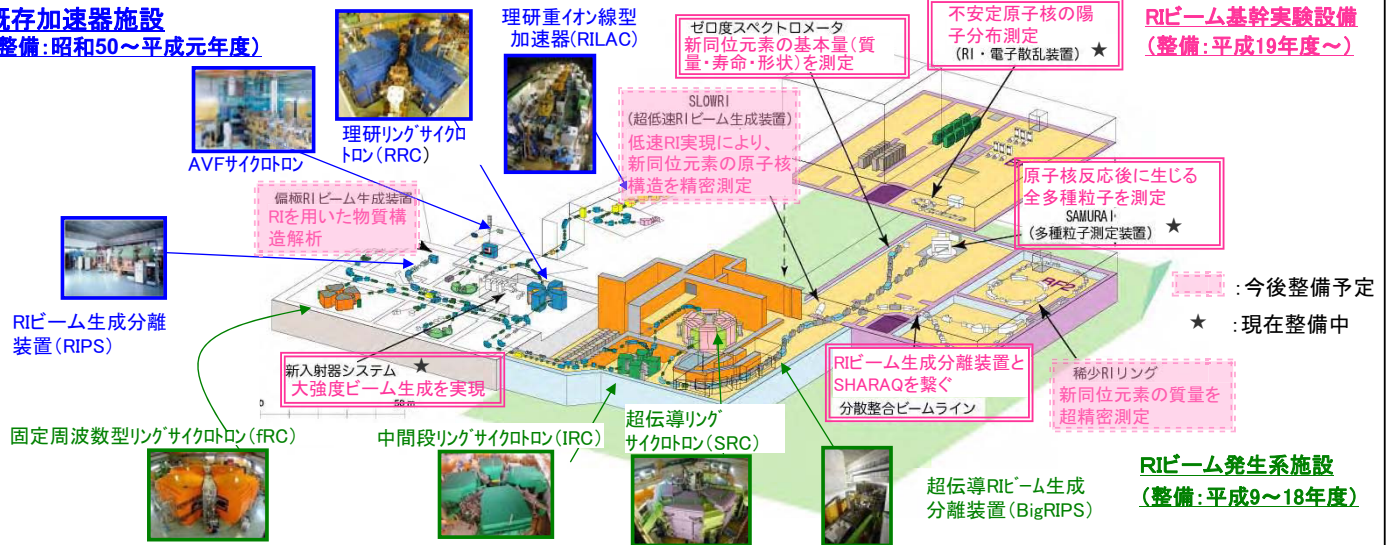
	2006 (H18)	2007 (H19)	2008 (H20)	2009 (H21)	2010 (H22)	2011 (H23)	2012 (H24)	2013 (H25)
全体計画		建設期			調整・試運転			
施設整備等		線型加速器収納部建屋	電子ビーム輸送系トンネル	入射器・加速器・電子ビーム輸送系	電子ビーム制御系	ビームライン収納部建屋	ビームライン	共同実験棟・共同研究棟
利用開発等								施設開発研究

RIビームファクトリー計画

目的: 新たな原子核モデルの構築、元素起源の解明といった根源的な研究を可能にするとともに、RI利用技術を拡大し、がん治療などの医療や新材料開発といった分野での新産業の創出に貢献

概要: 現施設では軽い元素に限られているRIビームを、水素からウランまでの全元素のRI(放射性同位元素)を世界最大強度でビームとして発生させ、いまだ発見されていない原子核を多種類生成し、それらの特性を独創的な実験設備群(整備中)を用いてそれらを解析・利用する。理化学研究所・仁科加速器研究センターにおいて、平成9年度から施設整備を開始。

既存加速器施設 (整備:昭和50~平成元年度)



放射性同位元素の研究開発

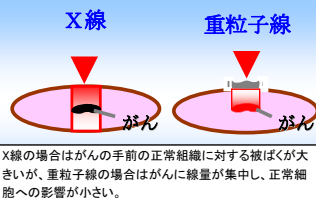
・モリブデン99の供給問題

9

重粒子線がん治療研究

重粒子線がん治療とは

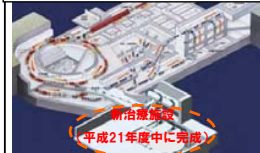
重粒子線(炭素イオン線)による放射線がん治療。従来のX線、γ線による放射線治療に比べ、**がんの殺傷効果が高く、かつ、正常細胞へのダメージを少なくできる。**主に、他の治療法が適応できない患者を治療している。



概要

重粒子線がん治療の普及や治療成績の更なる向上に向けた臨床研究、次世代治療システム開発、標準化に関する研究、生態影響研究等を推進している。

重粒子線がん治療装置(HIMAC)の概要

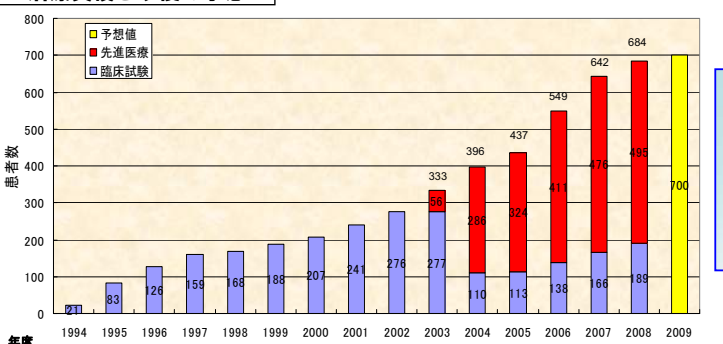


- 製作期間: 昭和61年~平成5年
- 総工費: 326億円
- 治療室3室、実験室4室
- 平成15年10月に厚労省より高度先進医療の承認を受ける(平成18年10月より先進医療)

治療の様子



治療実績と今後の予想

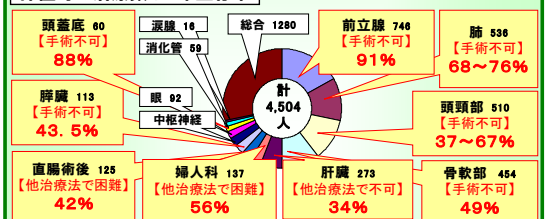


4ヶ月先まで患者の予約を受け付けており、基本的に常時約100名の患者が予約済の状態。

重粒子線がん治療の特徴

- これまで治療できなかったがんが治療できる
- ・手術や他の治療法では不可能な症例も対象としている。
- ・5年生存率は手術と同等、あるいはそれ以上である。
- 術後も生活の質を維持できる
- ・他の放射線治療と比べても高いQOL(生活の質)が得られる。

部位毎の治療数と5年生存率



他の治療との5年生存率の比較

	手術症例	他の治療法	重粒子線
肺(I期)	64.4%	37.8%	76%【手術不可】
肝臓	49.9%	30.9%	34%【他治療法で不可】
子宮腺がん	-	19.0%	56%【他治療法で困難】
直腸(術後再発)	30~40%	0~10%	42%【他治療法で困難】

骨肉腫の治療例



外科手術では寝たきりや、良くても車椅子生活になることが想定されたような重篤なものでも、重粒子線治療により数年後に化骨が形成され元に戻り、通常の生活が送れるようになった。

3. 施設共用の現状

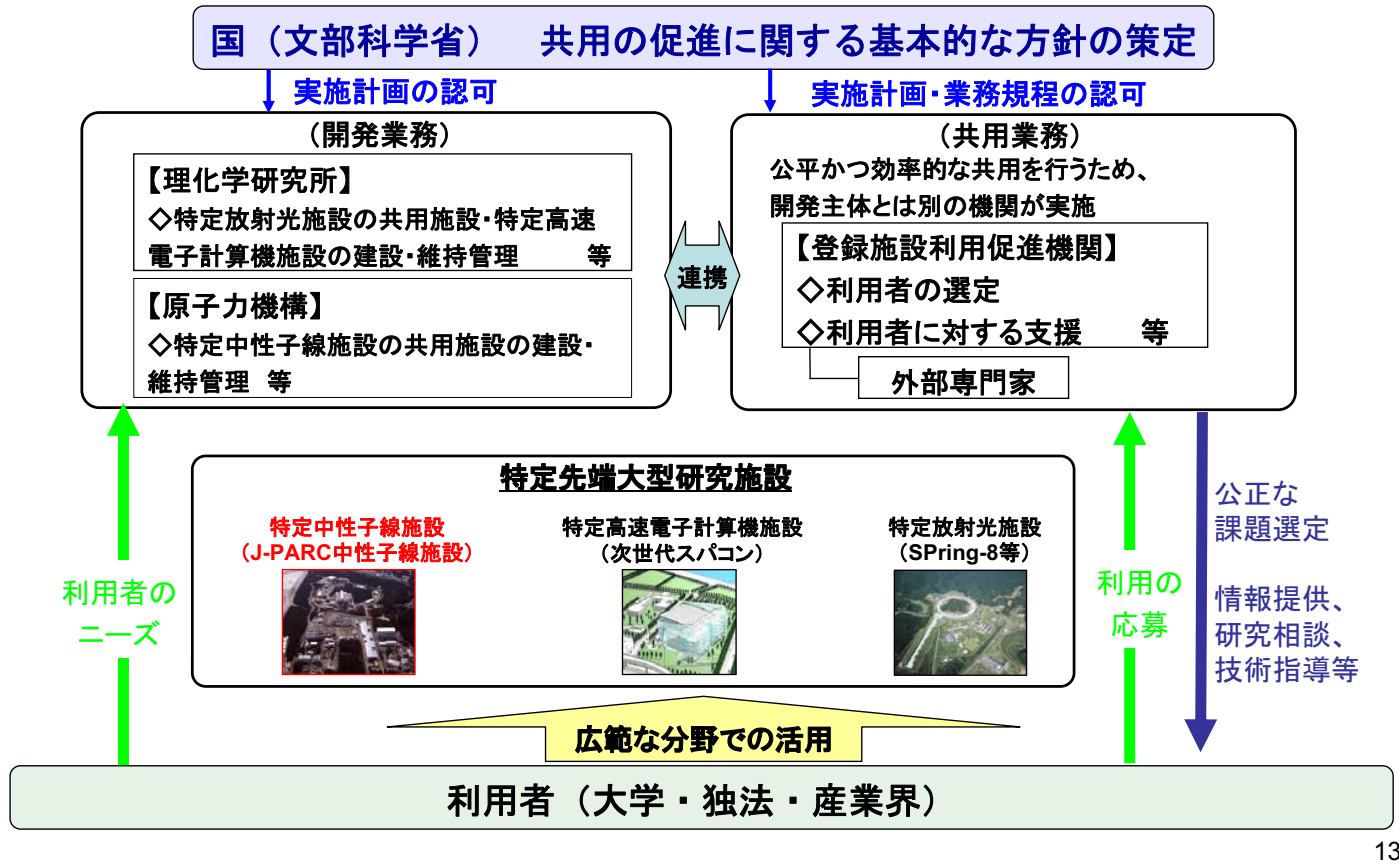
11

主な共用量子ビーム研究施設一覧



12

「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」の枠組み



13

先端研究施設共用促進事業「明日を創り、暮らしを守る量子ビーム利用支援事業」

事業概要

「先端研究施設共用促進事業」は、大学、独立行政法人等の研究機関が有する先端的な研究施設・機器について、広範な分野や多様な研究等に活用されることにより共用を促進し、基礎研究からイノベーション創出に至るまでの科学技術活動全般の高度化を図ることを目的としている。

本事業では、日本原子力研究開発機構 高崎量子応用研究所が有するイオン照射研究施設（TIARA）等の放射線照射施設及び実験装置等を利用できる研究環境を提供し、それにかかる技術支援を行うことにより、研究開発リスクが高く社会的・経済的インパクトが高い技術課題の解決に資する。

利用について



利用者は、施設の利用料金の負担が少なく、技術指導研究員等の充実した技術支援を受けることができる。

14

4. 産学官連携、地域連携の取り組み

15

産学官の連携強化 ―地域との連携―

地域との連携

JAEA高崎研

- ・ 群馬大学21世紀COEプログラム
- ・ 群馬県地域結集型研究開発プログラム



群馬大学小型重粒子線照射施設

JAEA東海研

- ・ 茨城県サイエンスフロンティア21構想

茨城県材料構造解析装置



茨城県生命物質構造解析装置



SPring-8

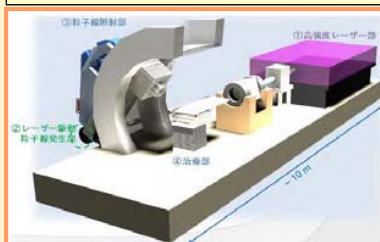
- ・ ひょうご産学集積群(クラスター)プロジェクト



SPring-8兵庫県ビームライン

JAEA関西研

- ・ けいはんな「光」医療バレー構想



レーザー駆動ガン治療装置

産学官の連携強化 ―成果の普及(実用化事例)―

DNA修復試薬

-2005-



- ・傷を受けたDNAを修復する新しいタンパク質を発見
- ・JSTの技術移転支援制度を活用して、バイオ研究試薬として製品化
- ・平成17年11月から発売

TA-Blunt Ligation Kit
(和光純薬から販売)

ハイドロゲル創傷被覆材

-2004-



- ・ポリビニルアルコールの水溶液に電子線を照射し、保水性の非常に高いハイドロゲルを作製
- ・ニチバン(株)に技術移転・製品化
- ・シェア100%
- ・経済規模: 約5千万円

有用植物品種創出

-2002-



- ・カーネーション等にイオンビームを照射し、「色とりどり、形いろいろ」の花弁を創出
- ・キリンビールなどで新品种として製品化
- ・平成17年度からは、欧州でも生産を開始
- ・経済規模(カーネーション&キク) 約10億円

インテリジェント触媒

-2002-



- ・自動車の排気ガスを浄化する性能をいつまでも維持する機能(インテリジェンス機能)を放射光を利用して解明。新規の触媒も開発
- ・ダイハツ工業(株)との共同研究の成果
- ・平成19年5月で、300万台以上の乗用車に搭載

17

産学官の連携強化 ―光・量子科学研究拠点形成に向けた基盤技術開発―

<本施策の概要>

【対象】 幹事機関を中心に、複数の大学、公的研究機関等が参画したネットワーク研究拠点を、公募により採択

【ネットワーク拠点の機能】

- ① 欧米の手法等に追従しない独自の光源・ビーム制御法等の研究開発(共同研究の実施等)
- ② 先端光源等を活用したユーザー研究者の開拓・養成
- ③ 連携大学院等の仕組みにより、次世代の光・量子科学技術を担う若手人材等の育成

【実施期間】 5~10年程度(中間評価を厳格に実施)

<実施規模>

【平成21年度予算額】 1,721百万円

1) 量子ビーム技術(5年間)

- ① 次世代ビーム技術開発 1課題採択(1課題当たり約6億/年)
- ② 高度化ビーム技術開発 4課題採択(1課題当たり約1億/年)

2) 光科学技術(10年間) 2拠点採択(1拠点当たり約4億/年)

課題名 軟X線の高速偏光制御による機能性材料の探求と創製

幹事機関 高エネルギー加速器研究機構(雨宮 健太)

参画機関 東京大学、産総研、慶應義塾大学

課題名 中性子ビーム利用高度化技術の開発

幹事機関 日本原子力研究開発機構(加倉井 和久)

参画機関 北海道大学、東北大学、KEK、東京大学、京都大学

課題名 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

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 東京大学、早稲田大学、広島大学、JAEA、東芝電子管デバイス(株)、日立ハイテクノロジーズ(株)

課題名 多様なイオンによる高精度自在な照射技術の開発

幹事機関 日本原子力研究開発機構(神谷 富裕)

参画機関 大阪大学、JAXA、放医研

課題名 融合光新創生ネットワーク

幹事機関 日本原子力研究開発機構(児玉 了祐)

参画機関 大阪大学、京都大学、自然科学研究機構分子科学研究所

※ 高品位高輝度光源の開発

課題名 リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用

幹事機関 自然科学研究機構分子科学研究所(加藤 政博)

参画機関 京都大学、名古屋大学

課題名 先端光量子科学アライアンス

幹事機関 東京大学(五神 真)

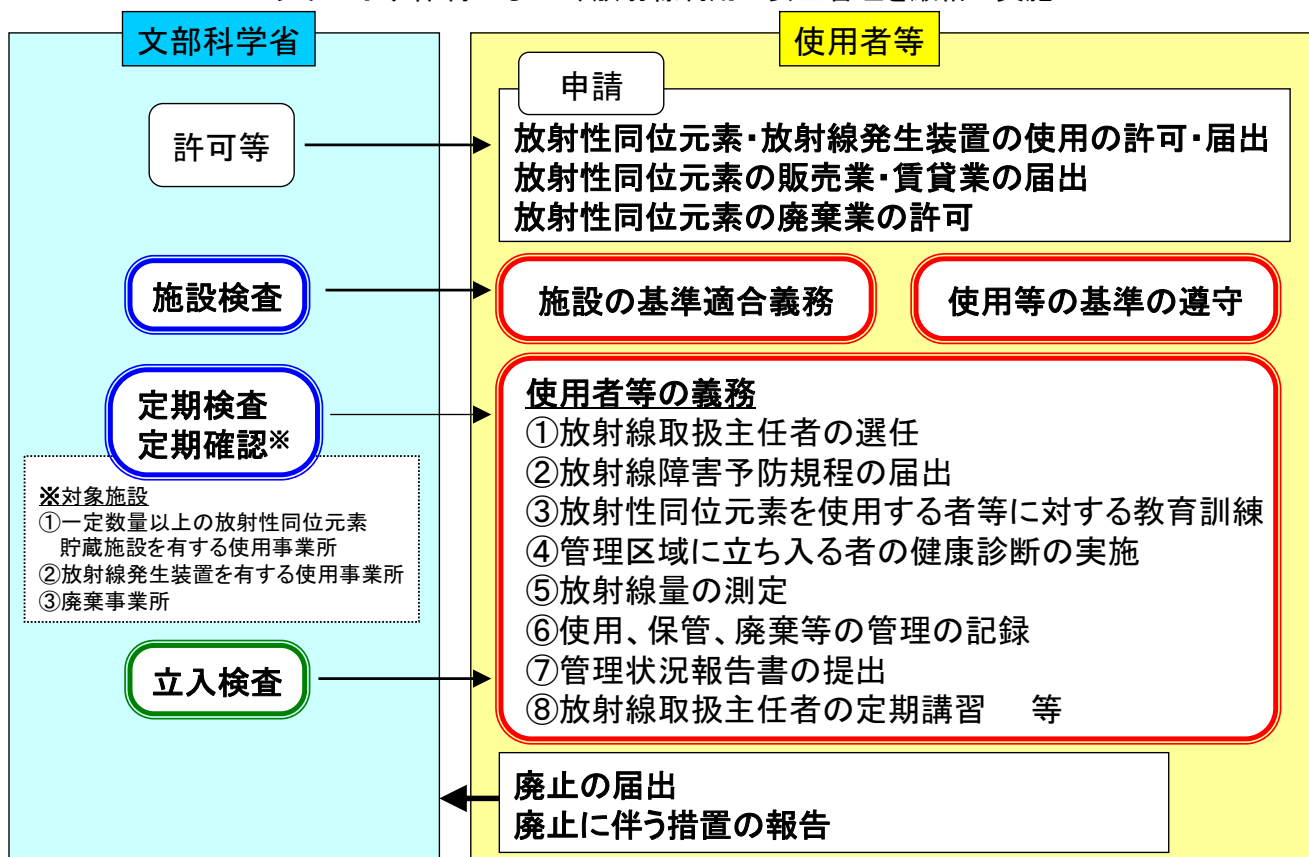
参画機関 理化学研究所、電気通信大学、慶應義塾大学、東京工業大学

※ 超高周波数安定光源、アト秒科学の確立

18

5. 放射線障害防止法による安全管理体制の概要

以下に示す体制のもとで、放射線利用の安全管理を厳格に実施



19

6. 放射線利用における人材育成

➤ 技術士制度における原子力・放射線部門

技術士制度の原子力・放射線部門は、近年のトラブル、不祥事の発生と社会環境の変化に伴い、技術者一人一人の意識や技術を向上させるための仕組みの必要性が認識され、その際、技術者倫理や継続的な能力開発が求められる技術士資格を活用することが有効であるという判断の下、平成16年度に新設され、試験及び登録が行われている。

※平成20年度の技術士試験において、第一次試験は申込者223名、合格者156名であり、第二次試験は申込者193名、合格者61名となっている。平成20年末現在、原子力・放射線部門の技術士登録者数は231名であり、企業、研究機関等の様々な分野において計画、研究、設計、分析、試験、評価又はこれらに関する指導の業務で活躍している。

➤ その他の取組

- ・ 公的機関における人材養成の取組・・・原子力機構、(独)放射線医学総合研究所では研究者、技術者、医療関係者等幅広い職種を対象に種々の研修を実施
- ・ (社)日本アイソトープ協会、(財)原子力安全技術センター等では、放射線取扱主任者資格指定講習等の資格取得に関する講習会を実施している。これらの研修では、研究開発機関はもとより、地方公共団体、大学関係者や民間企業等からの幅広い参加者を受け入れている。

20

7. 放射線利用に関する国際協力

概要

医療分野、農業分野での放射線の利活用、研究炉を利用した中性子放射化分析等について、我が国の研究開発の成果をもって発展途上国の支援を行うと共に、より効率的な利用技術の開発の為に研究開発協力を行う。

多国間枠組みにおける国際協力

○アジア原子力協力フォーラム(FNCA)における協力

アジア諸国の強い「パートナーシップ」によって、原子力技術の平和的で安全な利用を進め、社会・経済的发展を促進することを目指す国際協力の枠組み。8分野11プロジェクトの共同研究の一環として、放射線の農業利用・医療利用、加速器等研究炉を利用した放射線利用技術に関する協力を実施。

機関間での協力例

<日本原子力研究開発機構>

- 米国 エネルギー省
 - ・オークリッジ研究所
 - ・サンディア国立研究所
 - ・アルゴンヌ国立研究所
- 米国 スタンフォード大学
- 英国 ラザフォード・アップルトン研究所
- ドイツ 重イオン研究所
- フランス ラウエランジュバン研究所
- 欧州放射光施設(ESRF)
- 中国科学院
 - ・高能物理研究所
 - ・上海応用物理研究所
 - ・合肥物質科学研究院
- 韓国原子力研究所
- マレーシア原子力研究所
- ベトナム ダラット原子力研究所

<放射線医学総合研究所>

13カ国24大学・研究所およびIAEAと、計24件の協定または覚書を締結。(2009(平成21)年8月現在)

突然変異育種の現状と展望 —品種育成と遺伝子機能解明のための突然変異リソース—

中川 仁

独立行政法人農業生物資源研究所

放射線育種場 場長

茨城県常陸大宮市上村田2425

ngene@affrc.go.jp

放射線育種場（IRB）の歴史

昭和31年 9月 原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画（第1回）

「ガンマーフィールドその他の施設の整備を図る」ことが計画の内容に盛り込まれた。（昭和34年度から3カ年計画で農林省にガンマーフィールドを設けることとし予算化（原子力予算）された。

昭和35年 4月 農林省設置法の一部改正により新たに放射線育種場が設立

（業務内容）

・農林省関係試験研究機関の要請により農林作物への照射を行う。

・放射線育種のため照射ほ場における照射方法及び放射線による変異並びに遺伝に関する調査研究を行う。

・照射ほ場に貸与ほ場を設け各種植物について大学、公共及び民間の試験研究機関等から依頼を受けたものについても照射を行う。

昭和36年 3月 ガンマーフィールド完成

昭和37年 3月 昭和37年度原子力開発利用基本計画

事業の大綱の中で「放射線育種場のような大規模な施設、装置については関連研究機関の共同利用を図る」とされた。

昭和39年 2月 ガンマーグリーンハウス完成

昭和40年 4月 放射線育種場共同利用施設設置（東京大学農学部附属施設）

全国大学関係等の業務を処理するための共同利用施設；ガンマーフィールド等の施設を大学等の研究者も共同利用できるようにすることを目的に設立されたものである。

昭和41年10月 ガンマールーム完成

昭和45年 農林省農業技術研究所に統合

昭和58年 農林水産省農業生物資源研究所の支所

平成13年 独立行政法人農業生物資源研究所の研究グループ。



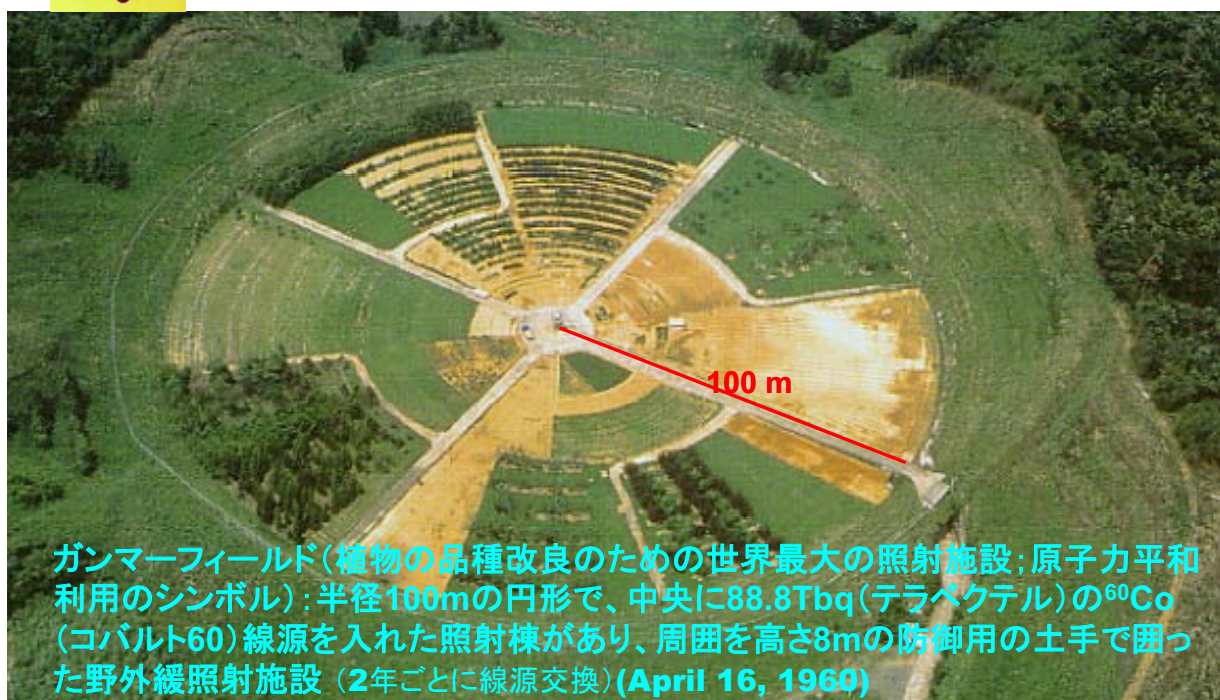
放射線育種場の役割



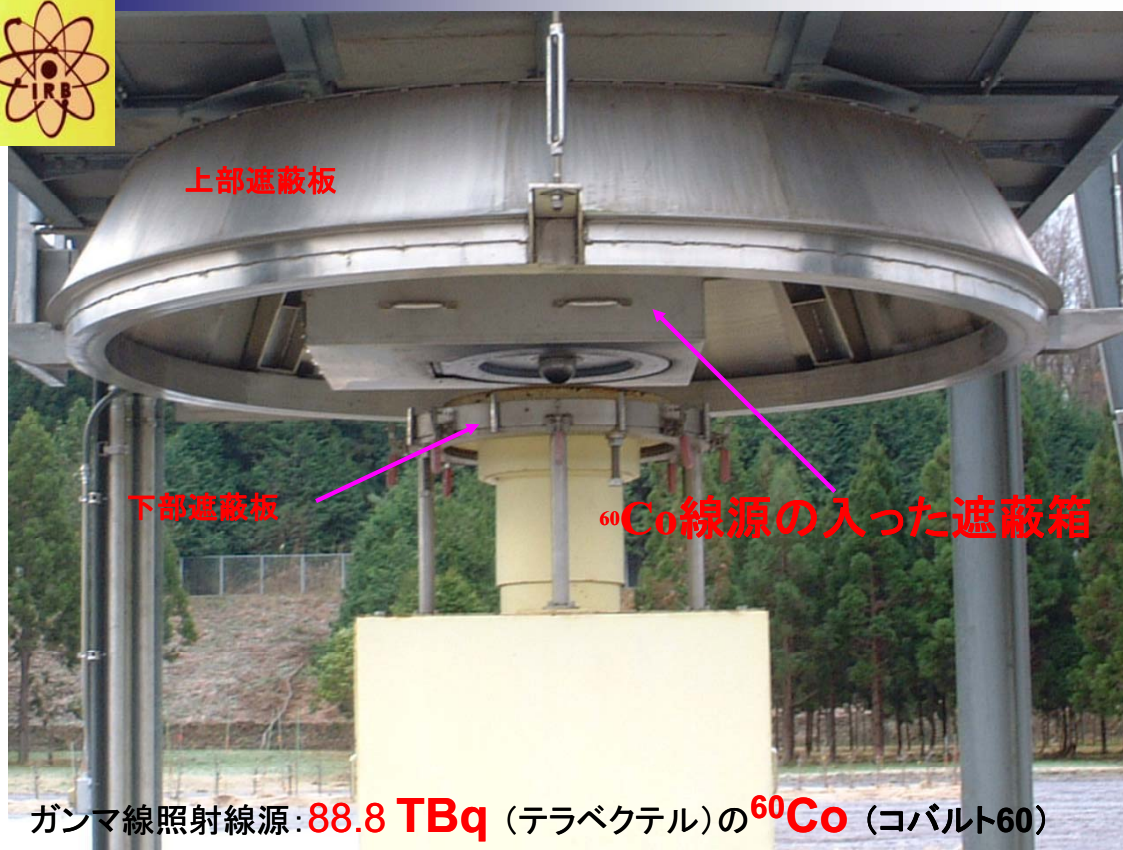
- 1) 放射線で作り出した突然変異を利用した作物の品種改良
- 2) 効率的に変異を作り出す基礎研究
突然変異が起こる仕組みを明らかにする、突然変異を効率的に作り出す研究
- 3) 大学、民間企業、都道府県からの依頼照射(育種利用)と共同研究



ガンマーフィールド



ガンマーフィールド(植物の品種改良のための世界最大の照射施設;原子力平和利用のシンボル):半径100mの円形で、中央に88.8Tbq(テラベクテル)の ^{60}Co (コバルト60)線源を入れた照射棟があり、周囲を高さ8mの防御用の土手で囲った野外緩照射施設(2年ごとに線源交換)(April 16, 1960)



その他のガンマ線照射施設



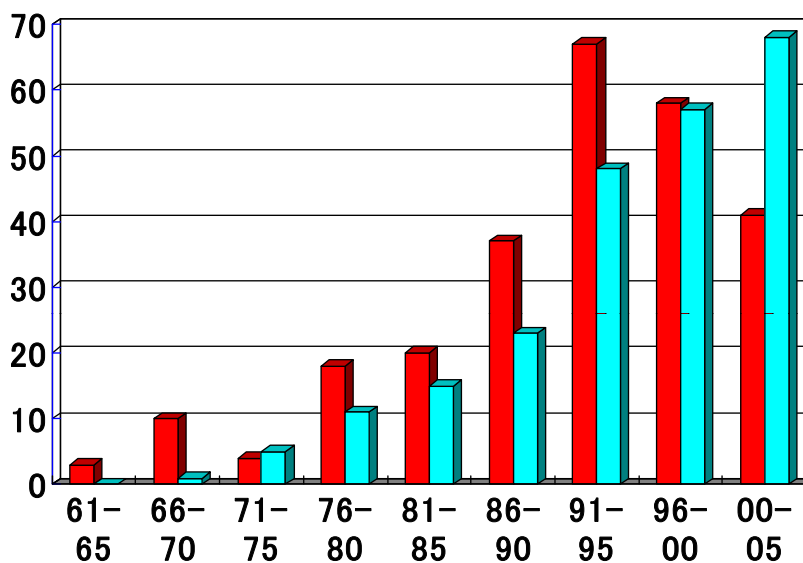
ガンマルーム : 54m²
44.4 TBq ⁶⁰Co 線源を用いた室内急照射用の遮蔽施設で種子、球根やイモ類、培養した組織などに照射できる。4年ごとに線源交換(1966)



ガンマーグリーンハウス: 半径7m(150m²)の正八角形の温室で、霜に弱い熱帯作物のための緩照射施設。(照射線源は¹³⁷Cs: 1964)2008年に廃止



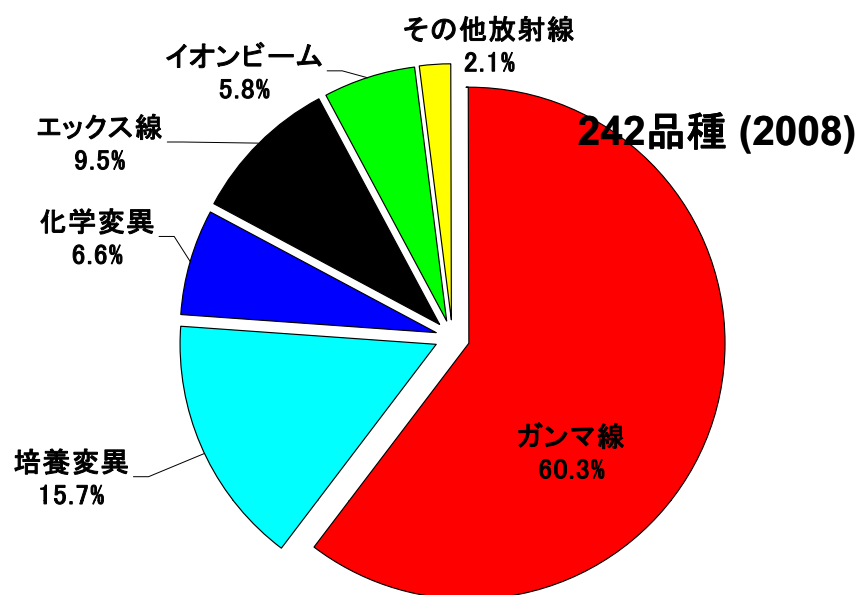
日本で育成された突然変異品種数の推移(1961-2005)



直接利用 : 212
間接利用 : 230
合計 : 442品種



突然変異育種法別の育成品種内訳

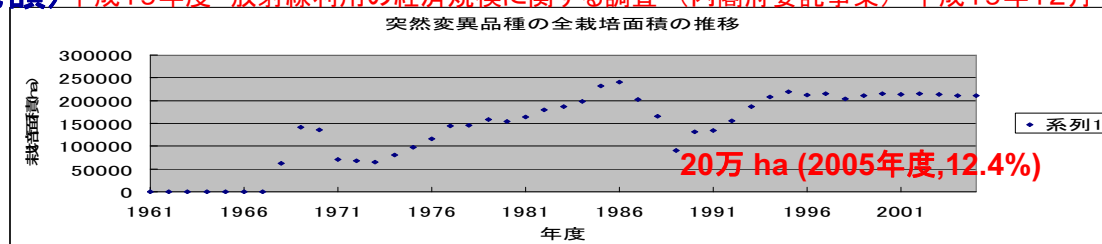


突然変異直接利用品種数(2008)

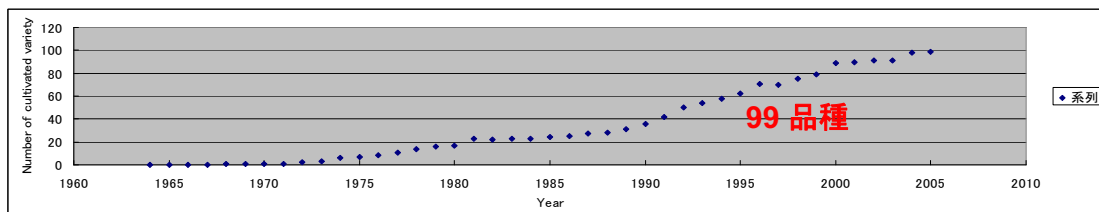
	突然変異品種 ¹	放射線利用	ガンマ線利用	IRB ²
61作物	242	188	146	100
イネ	31	14	12	11
コムギ	2	2	2	0
オオムギ	4	4	3	0
ダイズ	16	15	14	9
キク	48	45	31	29
バラ	10	5	5	4
スターチス	6	6	6	0
エニシダ	8	8	8	8
リンゴ	2	2	2	2
ナシ	3	3	3	3
その他	107	81	61	34

1: 化学変異原、培養変異、放射線すべてを含む; 2: 放射線育種場で照射したもの

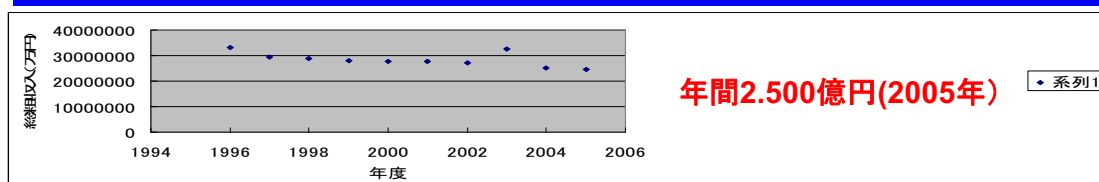
我が国の突然変異品種の全栽培面積、品種数および経済的効果(販売額) 平成19年度 放射線利用の経済規模に関する調査(内閣府委託事業) 平成19年12月



日本で栽培されている放射線突然変異品種数の推移



経済的効果(農家の突然変異品種イネの粗収入額の推移) 全品種同額で推定



ダイズ突然変異品種と1997、2004、2005年の栽培面積

品種名	1997	2001	2005
ライデン ¹	80	8	
ワセスズナリ ¹	120		
むらゆたか ¹ (X線)	3,507	5,910	2,466
コスズ ¹	498	863	576
いちひめ ¹		35	130
アキタミドリ ¹		8	87
ナンブシロメ ²	1,246	1,550	1,534
トモユタカ ²	2		
鈴の音 ²	10	50	
エルスター ²			447
スズサヤカ ²			10
リュウホウ ²	1,150	7,050	8,033
全栽培面積 (ha)	6,613	15,474	13,283 (9.4%)
農家の粗収入	20億円	59 億円	52 億円

1: 突然変異直接利用品種; 2: 間接利用品種

ガンマーフィールド内での 突然変異の作出



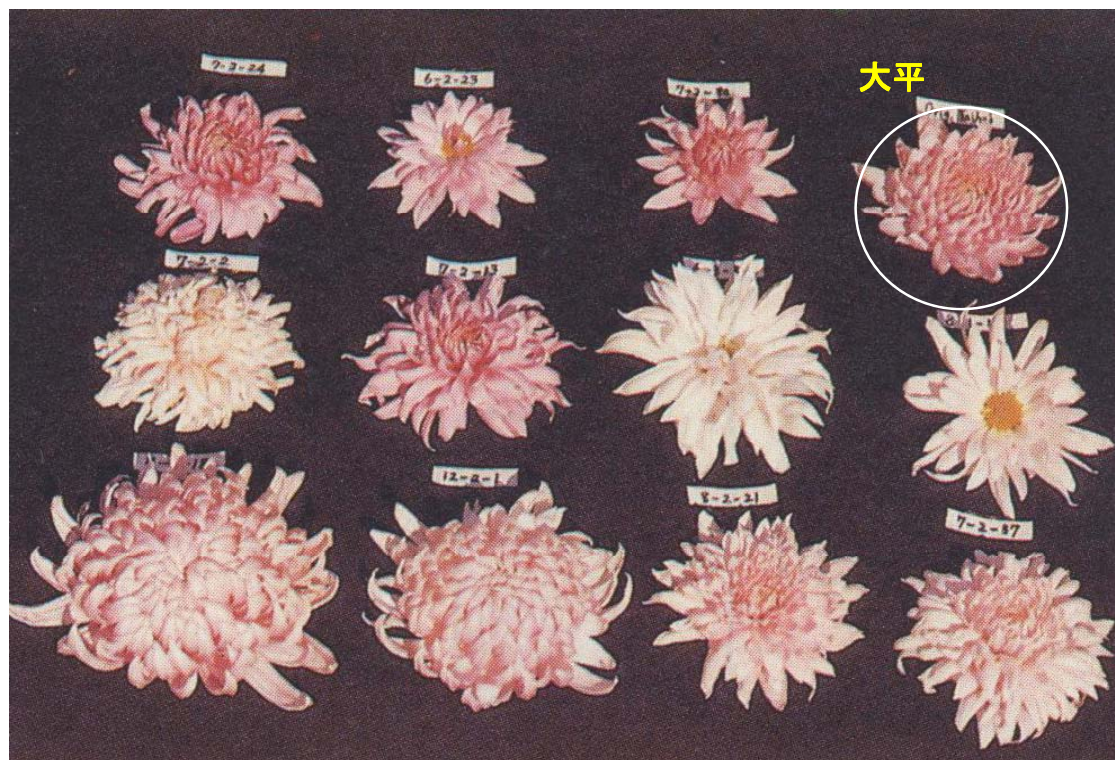
ガンマ線照射花卉の培養と、
脱分化、再分化



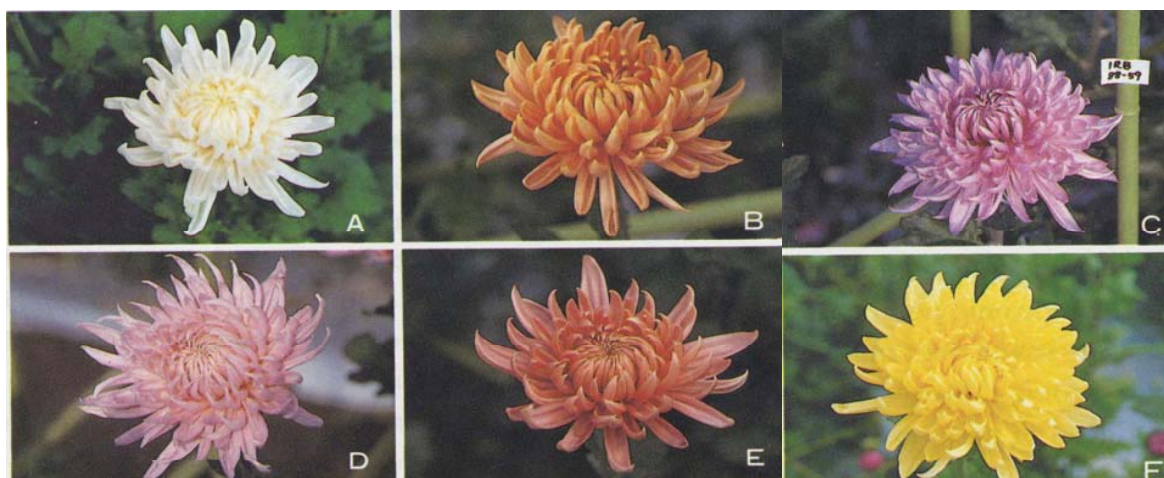
元品種(大平:右端上)から作出した色の変異



元品種(大平:右端上)から作出した花の形態変異



ガンマ線照射と花卉培養で育成した キク品種



A: 南風の初雪(はえのはつゆき); B: 南風の燦(はえのきらめき); C: 南風の紅(はえのくれない); D: 南風の美童(はえのみやらび); E: 南風の夕暮(はえのゆうぐれ); F: 南風の輝(はえのかがやき)

ガンマーフィールドでの緩照射によるバラ品種の育成



原品種「サマンサ」



ガンマーフィールドで栽培される「サマンサ」



「ひたちスマイル」



ひたちポエニー

ガンマーフィールドで変異を誘発し、切り戻しと栄養体繁殖によって特性を固定する



なし「二十世紀」の耐病性枝変わり

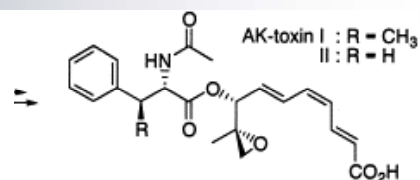
黒斑病抵抗性なし品種「ゴールド二十世紀」の育成



病気に弱い「二十世紀」

病気に強い「ゴールド二十世紀」

葉を用いた耐病性の検定法の確立
(病原菌が作り出す毒性物質を用
いる)



AKトキシン

第1葉

第2葉

第3葉

第4葉

第5葉



長十郎

二十世紀

ゴールド二十世紀

ガンマー線照射により作り出された黒斑病に耐病性の
ナシ品種(低農薬・低投入持続型栽培への転換)



ゴールド二十世紀



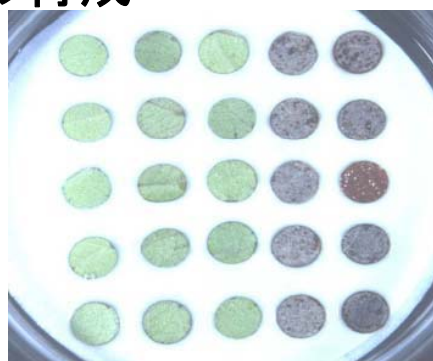
寿新水



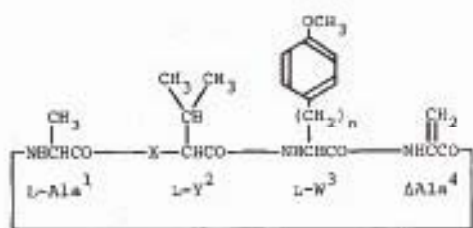
おさゴールド



ガンマ線緩照射による斑点落葉病抵抗性 リンゴ品種「放育印度」の育成



つがる ふじ 放育印度 インド スターキング



AMトキシシン

葉を用いた抵抗性の検定

- 突然変異体は病気に抵抗性
- 耐病性以外の性質は変化なし
- 花粉稔性はやや低くなるが、問題になる程度ではない。
- 2003年度に品種登録申請



SDS-PAGE を用いた種子蛋白の解析と突然変異体, LGC1 (Low glutelin content 1: グルテリン含量が 50%に減少)



57kDa グルテリン
(前駆体)

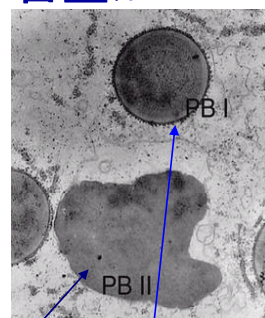
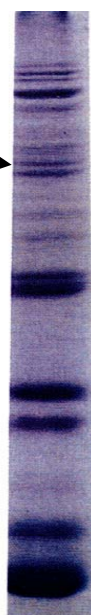
37-39kDa グルテ
リン酸性サブユニット

26kDa グロブリン

22-23kDa グルテリン
塩基性サブユニット

プロラミン 16kDa
13kDa

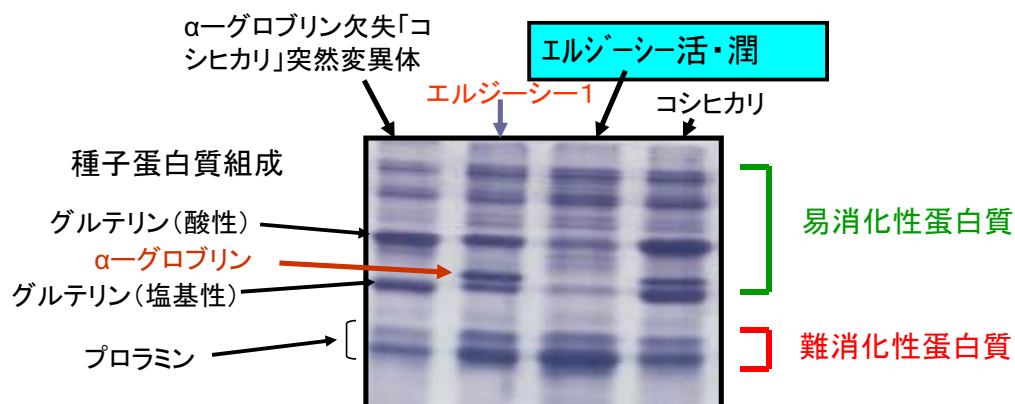
LGC1 ニホンマサリ



易消化性蛋白質

難消化性蛋白質

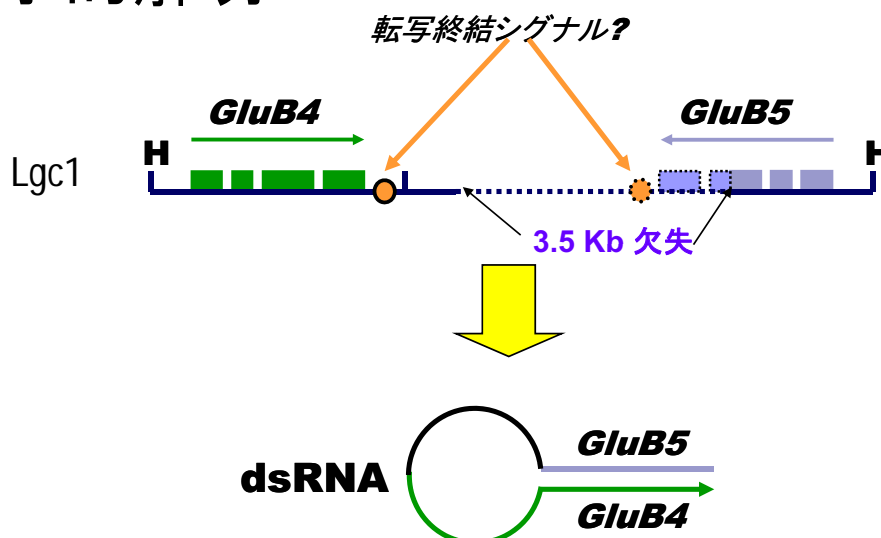
食味を改善し、もっと易消化性蛋白質を低くするために



新たな低蛋白質(易消化性蛋白質)品種の育成

「LGC1」(易消化性蛋白質含量が従来品種よりも50%以下になった): 化学変異原「LGC-活」と「LGC-潤」(30%以下になった) (ガンマ線照射「コシヒカリ」突然変異体との交配)

Lgc1突然変異メカニズムの分子的説明



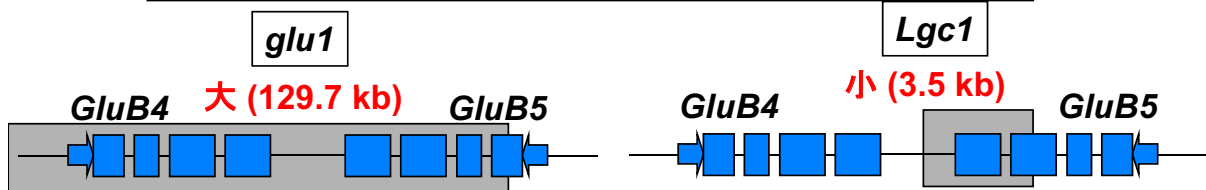
RNA干渉(RNAi)によって突然変異が引き起こされることを示した世界初の例となった。(Kusaba *et al.* (2003) *The Plant Cell* 15:1455-1467)

ガンマ線により誘発されたDNA変異

CAO	deletion	1 bp
CAO	deletion	3 bp
CPS	deletion	1 bp
GA3ox	deletion	1 bp
GluA1	deletion	1 bp
GluA2	deletion	1 bp
GluA2 *	substitution	1 bp
PLA1 *	deletion	5 bp
GluB4/5	deletion	>10 kb
α -globulin	deletion	>15 kb
α -globulin	deletion	>90 kb

数bpの小さい欠失あるいは非常に大きい欠失

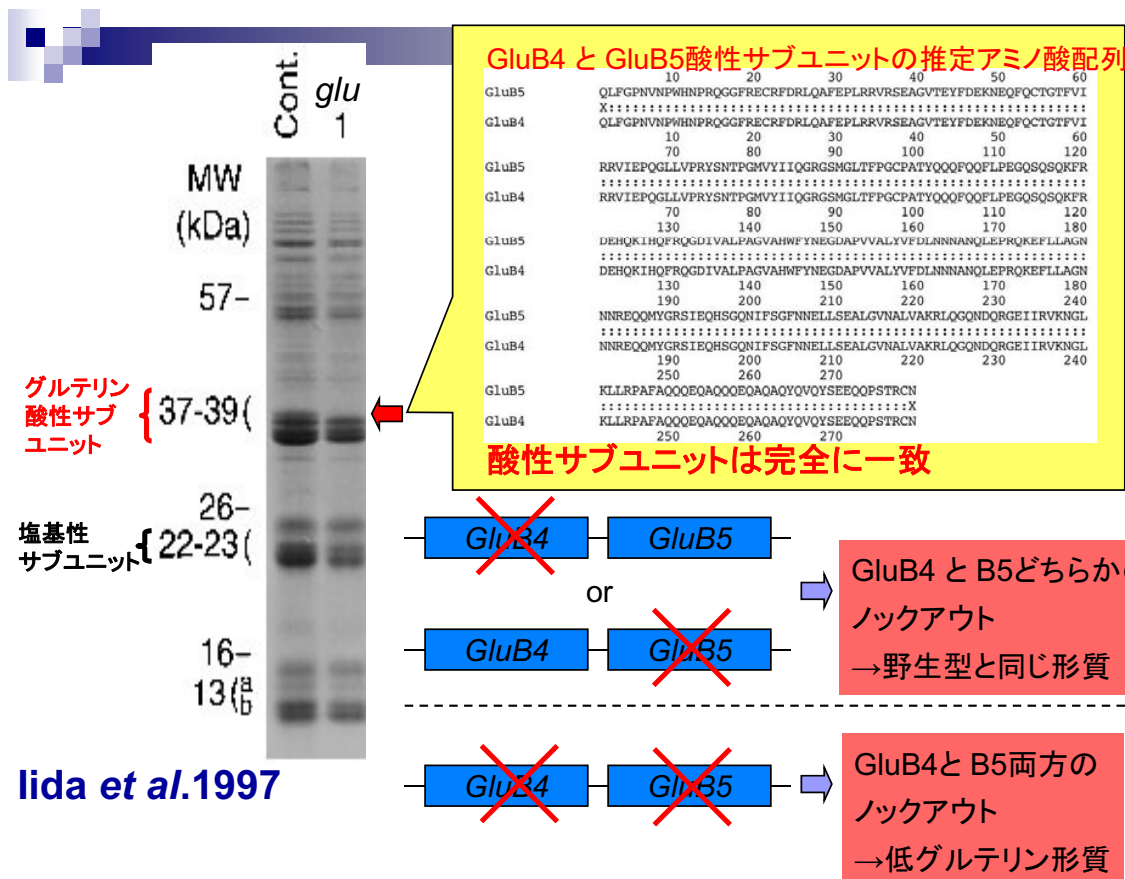
*glu1*と*Lgc1*はどちらも*GluB4/B5*に生じた突然変異であるが表現型が大きく異なる



	表現型	遺伝性の優劣	メカニズム
<i>glu1</i>	グルテリン酸性サブユニットの1つが欠失する	劣性	2つの遺伝子のノックアウト
<i>Lgc1</i>	グルテリン量が全体的に低下する	優性	RNAiによるグルテリン遺伝子族の転写抑制

誘発されたdeletionのサイズと位置の違いが突然変異の表現型に大きく影響することを示した例: ガンマ線、イオンビーム、中性子で誘発されやすいdeletionサイズが異なるならば、使い分ける意味がある。

1. Morita R, Kusaba M, Iida S, Nishio T, Nishimura M (2007) Knockout of glutelin genes which form a tandem array with a high level of homology in rice by gamma irradiation *Genes & Genetic Systems* 82:321-327



誰が最初にステイグリーン遺伝子を解析したか？



遺伝解析に用いた7つの形質の一つ

種子 成熟葉 老化葉

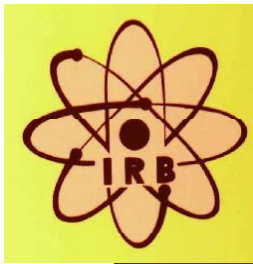
この結果が遺伝子が発見された3番目の形質となった

黄色(優性)と緑色(劣性)の種子の遺伝子をイネで説明



/ locus





ガンマーフィールドシンポジウム

「ガンマーフィールドシンポジウム」(2009は第48回)は毎年7月中旬に水戸市で開催。

シンポジウム後、講演集は英文誌「**Gamma Field Symposia**」(最新号は第46巻)として発行。

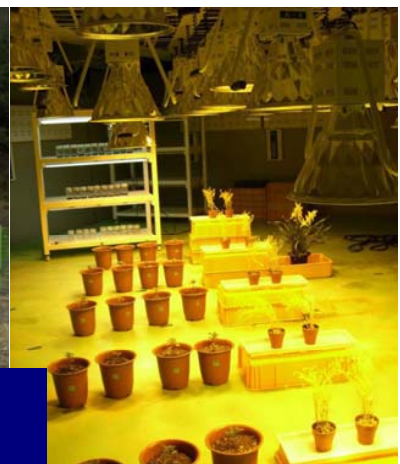
現在、1-46号は農業生物資源研究所のホームページに掲載。

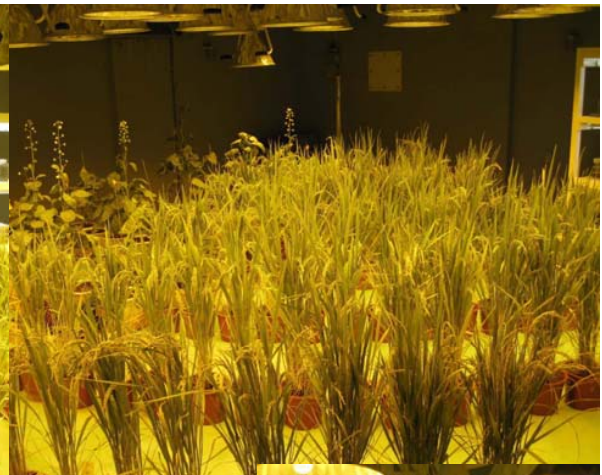
<http://www.nias.affrc.go.jp/eng/gfs/index.html>

ガンマーファイトロン



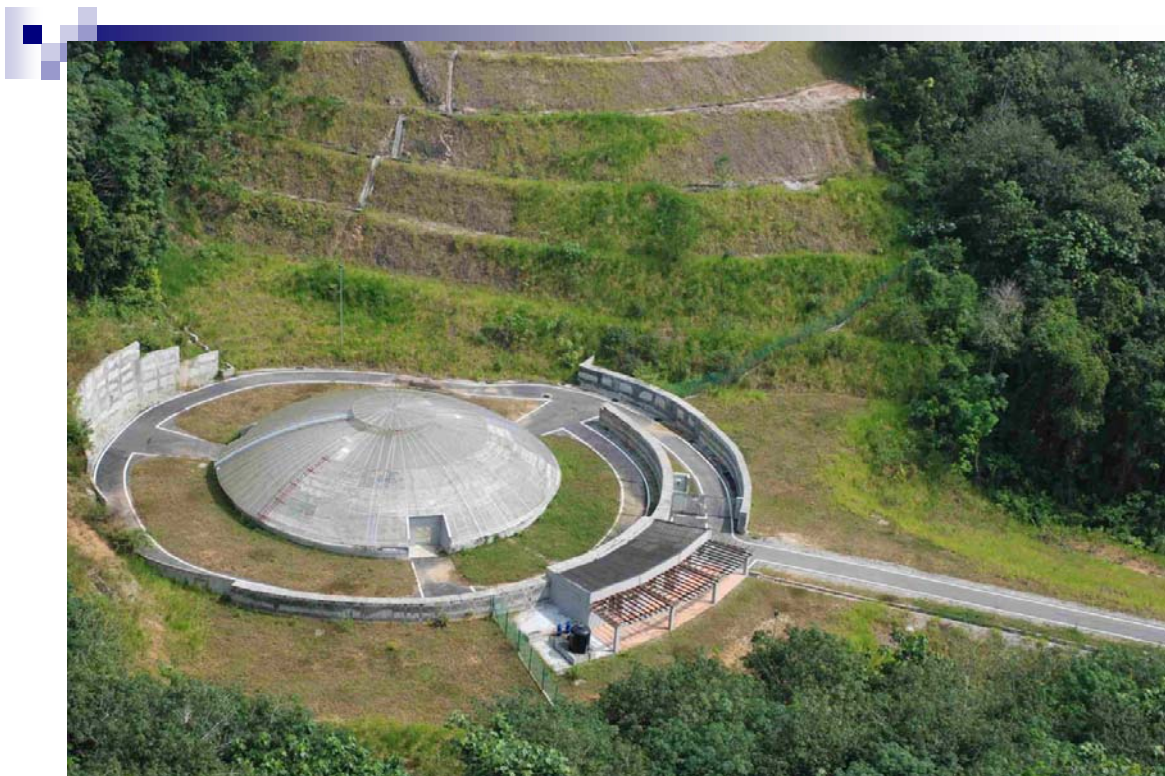
韓国原子力研究所 (KAERI)
先端放射線技術研究所 (井邑市)





韓国原子力
研究所
(KAERI)

先端放射線
技術研究所
(井邑市)の
ガンマーファ
イトロン



2008年、マレーシア、クアラルンプール郊外にあるMINTに建設されたガンマーグリーンハウス: Courtesy of Dr. Rusli Ibrahim



今後

- アジアにおいてはガンマーフィールドに代表されるガンマ線緩照射施設による突然変異育種への期待が大きく、韓国、マレーシアおよびベトナムから技術協力が求められている。
- 放射線育種場は50年近い研究の歴史を持ち、アジアのリーダーとして指導的立場に立って技術協力を進める責任は大きい。

問題点

- ・これまで原子力予算で行ってきた線源交換と管理費(年間約3000万円)が重荷になっている。

放射線育種場

- ・研究開発の状況（別紙）
- ・産学官連携（民間、大学、地方自治体等への支援等）

- 1) 文部共同利用（別紙）
- 2) アジアの原子力講演会等

2009 年

2 月 17 日 文部科学省主催「豊かな生活に役立つ放射線」講演会（青森市）で中川が講演

2008 年

8 月 1 日 文部科学省主催「FNCA アジアの原子力講演会」（福井市福井大学）で中川が講演

1 月 18 日 文部科学省主催「アジアの発展に役立つ原子力を考える」講演会（福井県敦賀短期大学）で中川が講演

2007 年

11 月 5 日 内閣府放射線利用経済規模調査検討会に中川が委員として出席（この年約 4 回に出席）

10 月 12 日 文部科学省主催「アジアの発展に役立つ原子力を考えるーアジア原子力協力フォーラムの成果」講演会（茨城県茨城県立図書館：水戸市）で中川が講演

7 月 25 日 文部科学省主催「アジア原子力協力フォーラムの成果」講演会（名古屋市商工会議所）で中川が講演

2006 年

12 月 13 日 文部科学省主催「アジアの発展に役立つ原子力を考えるーアジア原子力協力フォーラム」（東京、日本工業倶楽部）で中川が講演

7 月 3 日 文部科学省主催「アジアの発展に役立つ原子力を考えるーアジア原子力協力フォーラムの成果」（広島商工会議所）で中川が講演

・国際協力

8 月 12-16 日 農業生物資源研究所が共催。ウィーン IAEA 本部で開催された IAEA 突然変異育種国際シンポジウムに参加（石毛理事長、中川他 4 名）

・人材育成

- 1) 学生の見学および研修、国内

2009

12 月 9 日 磐城農業高校（予定：150 名）

10 月 2 日 佐原高校（約 50 名）（毎年約 40 名が研修：授業の一環）；平成 17 年から毎年講義を行っている。

その他、茨城県立農業大学校や東京農大など、講義の一環として訪問

海外からの研修、訪問

2009 年

12月日程未定 韓国原子力研究所から2名が3日間訪問予定 (IAEA 予算)
12月 1-31日 マレーシアから研究員1名が研修予定 (マレーシア予算)
11月 22-27日 ベトナム原子力庁と農業遺伝学研究所研究員3名 (ベトナムでのガンマーフィールド建設計画にむけた研究打ち合わせ (ベトナム予算))
5月 9-14日 サウジアラビア、Institute of Atomic Energy Research King Abdulaziz City for Science and Technology から研究者2名 (サウジアラビアでの突然変異育種に向けた研究協力のための視察) (サウジアラビア予算)

2008年

7月 28日 ベトナムから研究員2名が視察 (原子力研究機構東海からの依頼)

2007年

3月 6-7日 中国から農業科学院宇宙育種研究グループリーダーの Dr. Luxhang Lu が視察 (IAEA 管理職研修)
12月 9日 原子力行政コース 10名

指導他

2009年

9月 21-24日 FNCA ワークショップ参加 (杭州市) : 中川 (プロジェクトリーダー) ・西村 (委員)
8月 30日-9月 5日 IAEA 専門家 (中川) : 韓国原子力研究所 (IAEA 予算)
8月 2日-8月 8日 ガンマーグリーンハウスワークショップ (マレーシア原子力庁 : で講師) (マレーシア予算)
6月 19日 日越科学技術協定合同委員会 (ハノイ市) (ベトナム側からの研究協力要請のため、中川が参加した。
3月 12-13日 FNCA コーディネーター会合で放射線育種プロジェクト成果発表 (中川 : プロジェクトリーダー)

2008年

10月 26-31日 FNCA ワークショップ参加 (ベトナム、ダラト市) : 中川 (プロジェクトリーダー) ・西村 (委員)
9月 1-30日 マレーシア原子力庁研究員 Dr. Azhar 研修 (マレーシアでガンマーグリーンハウスを稼働させるための事前研修) (マレーシア予算)
6月 30日-7月 3日 FNCA 放射線育種バナナ専門家会合で中川が指導 (文部科学省予算)

2007年

12月 22-27日 ベトナムでのガンマーフィールド建設に向けた指導 (ベトナム原子力庁原子力技術産業研究所永富前場長と中川) (ベトナム予算)
10月 29-31日 ベトナムでのガンマーフィールド建設に向けた視察団 (ベトナム原子力庁他6名) (ベトナム予算)

ガンマーフィールド来訪者数の推移

年度	平成 18 年	平成 19 年	平成 20 年
人数	403	400	352

その他 取材・放映等

来訪年月日	機関名
平成 18 年 8 月 7 日	日本テレワーク
平成 18 年 12 月 8 日	ドラマデザイン社(撮影)
平成 19 年 9 月 4 日	(株)NEXTEP
平成 20 年 9 月 26 日	サイエンスチャンネル ((株)テレパックス) http://sc-smn.jst.go.jp/8/bangumi.asp?i_series_code=C084505&i_renban_code=011
平成 21 年 6 月 1 日	福島テレビ (CN インターボイス)
平成 21 年 7 月 1 日	NEXTEP
平成 21 年 10 月 21 日	福島テレビ (CN インターボイス) その他 東京電力の「トリビアな放射線」 http://streaming.tepco.co.jp/trivia/index-j.html の Vol.5、6、12、23 など

シンポジウム他

1. ガンマーフィールドシンポジウムの開催 (2009 年 7 月で第 48 回)
2. 英文誌 Gamma Field Symposia (ガンマーフィールドシンポジウムの講演要旨) の発刊 (現在第 46 巻まで印刷)
3. ホームページでの Gamma Field Symposia の掲載 (第 1 巻～46 巻)
<http://www.nias.affrc.go.jp/newsletter/index.html#symposia> (日本語ホームページ);
<http://www.nias.affrc.go.jp/eng/gfs/index.html> (英語のホームページ)
4. テクニカルニュース (日本語と英語による突然変異育種技術のマニュアル) の発刊 (現在 1-70 号まで刊行しホームページに掲載)
http://www.nias.affrc.go.jp/newsletter/tech_news/index.html

執筆等

1. 中川仁 (2009) ガンマ線による突然変異育種の日本農業への大きな貢献・経済的側

面から- *N-current* 2-2(7):2-3

2. 中川仁 (2009) 日本ベトナム科学技術協力協定 第 2 回合同委員会に出席して -アジアの平和と繁栄のための戦略的パートナーシップ- *STAFF newsletter* 20(8):4
3. 中川仁 (2008) 第 5 章放射線利用とその最前線 2.放射線利用の現状 3)農業利用 (4)品種改良 *放射線の世界 2008 その歴史から利用の最前線まで* 0:101-106
4. 中川仁 (2008) 第 3 章 放射線を利用した品種改良 (1) ガンマ線の利用 *食品・農業分野の放射線利用* 0:126-149
5. 中川仁 (2008) 突然変異育種の現状と展望 *Techno Innovation* (68):6-12
6. 中川仁 (2009) 放射線育種研究の現状と将来-アジアでの飛躍的な発展- *放射線と産業* (121):2-3
7. 中川仁, Hoeman S, 李桂英 (2009) 乾燥に強いソルガムの育成 *放射線と産業* (121):4-7
8. 中川仁 (2009) 放射線がつくる新しい植物たち ガンマーフィールド DNA 解析が拓く未来 *Back Up* (28):28-31
9. 西村実 (2009) イネ種子成分の改良 *放射線と産業* (121):17-21
10. 中川仁 (2009) 放射線による農作物の品種改良 *生物おもしろ 33 話* (18):96-102
11. 中川仁 (2007) アジアにおける突然変異育種の動向-FNCA と IAEA/RCA の取り組み *原子力 eye* 53(5):30-31 など

・放射線を利用した研究を行っていく上での課題等

- 1) 上記のように、「原子力の平和利用」においてはこれまでも貢献してきた。近年、韓国 (2005 年にガンマーファイトロン建設)、マレーシア (2009 年にガンマーグリーンハウス稼働)、さらにベトナムでガンマーフィールドの建設計画があり、アジアで放射線照射による突然変異育種が推進されている。放射線育種場はアジアで唯一ガンマーフィールドを稼働させ、先導的立場にあり、今後も、この分野で指導していく責任は重い。
- 2) 線源交換：放射線育種場は建設時から旧科学技術庁 (後に文部科学省) 原子力予算で建設と線源交換および施設管理が行われてきた。しかし、新原子力予算に移行し、原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブとなってからは、戦略的原子力共同研究プログラムと研究炉・ホットラボ等活用研究プログラムに応募をするが課題は採択されていないため線源交換の費用を獲得できない。また、たとえ獲得できたとしても、プロジェクトの中で線源交換を行う予算を計上できないし、共同研究による年 4000 万円の予算では、線源交換に予算を充てると本来の研究ができなくなるという問題もある。

線源交換・点検の費用は毎年 3,000 万円以上必要であり、今後、農業生物資源研究所の交付金から永続的に捻出するのは困難であり、捻出できなければ閉鎖せざるえない状況にあるため、何らかの形で予算のサポートをいただきたい。

放射線育種場の沿革について

(独) 農業生物資源研究所放射線育種場

昭和31年	9月	原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画(第1回) 「ガンマーフィールドその他の施設の整備を図る」ことが計画の内容に盛り込まれた。
		(昭和34年度から3カ年計画で農林省にガンマーフィールドを設けることとし予算化(原子力予算)された。)
昭和35年	4月	農林省設置法の一部改正により新たに放射線育種場が設立(業務内容) ・農林省関係試験研究機関の要請により農林作物への照射を行う。 ・放射線育種のため照射ほ場における照射方法及び放射線による変異並びに遺伝に関する調査研究を行う。 ・照射ほ場に貸与ほ場を設け各種植物について大学、公共及び民間の試験研究機関等から依頼を受けたものについても照射を行う。
昭和36年	3月	ガンマーフィールド完成(写真①)
昭和37年	3月	昭和37年度原子力開発利用基本計画 事業の大綱の中で「放射線育種場のような大規模な施設、装置については関連研究機関の共同利用を図る」とされた。
昭和39年	2月	ガンマーグリーンハウス完成(写真②)
昭和40年	4月	放射線育種場共同利用施設設置(東京大学農学部附属施設) 全国大学関係等の業務を処理するための共同利用施設 ガンマーフィールド等の施設を大学等の研究者も共同利用できるようにすることを目的に設立されたものである。
昭和41年	10月	ガンマールーム完成(写真③)
昭和45年	10月	農業技術研究所放射線育種場に改組
昭和58年	12月	農業生物資源研究所放射線育種場に改組
平成13年	4月	特定独立行政法人に改組 独立行政法人農業生物資源研究所放射線育種場
平成18年	4月	非特定独立行政法人に改組 独立行政法人農業生物資源研究所基盤研究領域放射線育種場

① ガンマーフィールド



項 目	概 要
建設年月日	昭和36年3月
使用目的	農作物の圃場緩照射
線 源	^{60}Co 88.8TBq
線源の半減期	5.27年
線源交換の頻度	2年毎
規 格	円形圃場
規 模	半径100m 31,400m ²

国内唯一の大型圃場照射施設として、一般農作物及び果樹・林木等大型植物に対して、自然条件下でガンマ線を照射し、品種改良のための有用突然変異体を誘発するために設置された。

本施設は場内の研究ばかりでなく、文部共同利用施設として国立大学の基礎及び応用研究に使用されており、広く産学官の共同研究や依頼照射にも利用されている。

② ガンマーグリーンハウス



項 目	概 要
建設年月日	昭和39年2月
使用目的	農作物の温室緩照射
線 源	^{137}Cs 4.81TBq
線源の半減期	30.04年
線源交換の頻度	—
規 格	八角形温室
規 模	半径7m 150m ²

亜熱帯または温暖性作物の生育期に緩照射を行うために設置された。

本施設はガンマーフィールドと同様に大学共同利用、依頼照射等にも用いられている。

③ ガンマールーム



項 目	概 要
建設年月日	昭和41年10月
使用目的	農作物の室内急照射
線 源	^{60}Co 44.4TBq
線源の半減期	5.27年
線源交換の頻度	4年毎
規 格	長方形照射室
規 模	室内6m×9m 54m ²

作物の突然変異誘発のための急照射を行う施設で、小型の繁殖体に対して高線量率で短期間の照射を行うのに使用される。

本施設は周年に渡り使用頻度が高く、県の機関及び民間との共同研究、場内の基礎研究及び依頼照射等に使用されている。

食品照射技術に関する最近の動向 と農林水産省での関連研究

独) 農業・食品産業技術総合研究機構

食品総合研究所

等々力節子



国際規格・基準の動向

1) Codex規格 (2003年改訂)

検知法も整備、言及されている。

2) 植物検疫処理基準 (国際植物防疫条約)

照射処理一般のガイドライン ISPM#18 (2003)

植物検疫処理の線量の設定 ISPM#28 付属書 (2009年 4月 CPM4)

(ミバエ類6種、1科 及びコドリंगा 8種類 採択)

海外における実用動向・話題

1) 植物検疫処理への放射線利用

臭化メチル代替処理および選択枝の追加 (米国での輸入果実)

2) 食品の微生物制御への利用

香辛料・乾燥野菜 (腐敗菌)、海産物の (ベトナム・タイ等 エビ照射)

米国でレタス・ホウレンソウの許可 (2008年, 4kGyまで、病原性大腸菌対策)

3) 検知技術利用の拡大→国際的な貿易上の問題も (EU-アジア諸国間)

米国での照射果実の輸入開始

検疫処理としての国際的な広がり 臭化メチル代替処理の必要性



・インド産マンゴーの米国への輸出
(2006二国間協定、
2007.5月から輸入開始)

・タイ産 熱帯果実の米国への輸出
(2007年解禁) 2008年輸出

・メキシコ産 グアバ 2008年解禁等

なお、どのような植物検疫処理を実施するかについては、輸出国、輸入国の2国間の合意(協定)が必要であり、実際の運用にあたっては、輸入国が担当官を派遣して現地で処理の確認をする等の措置が取られている。



タイから米国への輸出用照射果実
(検疫処理)



＜タイ照射センター内にある
USDA/APHIS オフィス＞

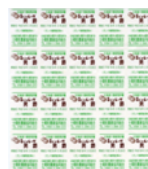
照射処理は米国の農務省の
植物検疫担当者の立会の下
で実施される。記録はオンラ
インで本国に送信。

国内動向-バレイショの照射 小売り表示徹底へ産地の取り組み



JAS法:
照射した生鮮農産物
小売の段階で容器包装
にその旨の表示

店頭表示用のシールと
説明を同封



表示確約販売(18年産より)
表示販売を約束するという内容の
「確約書」を全卸売市場
と締結して販売する事とした

農水省関連機関での食品照射研究

・ 照射効果に関する研究 (原子力試験研究予算等)

殺菌: リステリア菌, 大腸菌, サルモネラのガンマ線照射による制御

(芽ものの野菜、生鮮品など: 低線量で確実な殺菌効果)

殺虫: 低エネルギー電子ビームとくん蒸組み合わせ処理, 香辛料殺虫

(完全殺虫が可能→抵抗性を誘導しない)

・ 健全性関連の研究 (原子力試験研究予算 H19~23)

ガンマ線照射によるアレルギー性の変化

大豆(乾燥植物性食品のモデル)

セリ科香辛料

トマト(生鮮食品モデル)

既存アレルギーの抗原性増加
新規アレルギータンパク質誘導
現在までの研究結果では認められない

・ 検知法研究

簡易法開発, 厚生労働省機関への協力
国際コラボ参加等

実験用コバルト照射装置(食品総合研究所)



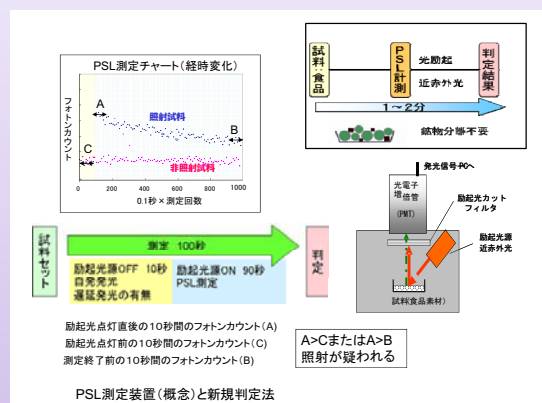
その他: 行政機関への協力、講演会、講習会
タイへの専門家派遣等、USDA/ARS 研究者との情報交換等

検知法開発(農水省委託プロジェクト等)

目的: 事業者が自主管理等で利用できる簡易分析法の開発

PSL(光刺激ルミネッセンス)法

東京都立産業技術センター・食品総合研究所の共同研究

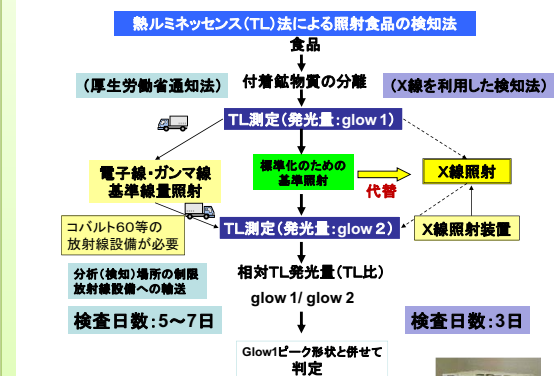


国内普及型の測定装置と判定法の開発
民間企業等に普及実績

香辛料・ハーブのスクリーニングを前処理なしで2分で完了
メーカー等の原料受け入れ検査(全数チェック)に利用出来る。

X線照射代替(簡易)TL法

農林水産消費安全技術センター・食品総合研究所の共同研究



小型X線照射装置の開発
室内、室間再現性の確認

ガンマ線等の大規模照射施設を有しない検査機関、
民間企業等が照射食品の簡易な検査法として利用できる。

分析法としての妥当性確認(コラボ試験による試験室間の再現性確認)が到達目標

今後の研究・技術開発課題

専門家の確保

・ 検知法

国際的レベルで検査法整合性の担保、試験室の技能の維持向上

提案: アジア諸国、EU諸国との連携による

国際的認証標準物質の供給体制確立

ヒント: 英国(UK-FSA)の照射食品検知法(TL/PSL)法の技能試験
(proficiency testing)開発研究プロジェクト(2005-2007)

・ 照射効果に関する知見の継続的集積

微生物制御: 振興食中毒菌への備え(高齢化、食習慣の多様化)
他技術との比較、組み合わせ処理

害虫制御: 薬剤の代替処理法としての有用性の評価を

・ 健全性評価

既存データ、評価結果の整理

食品科学の進歩や新知見を反映したre-Viewを!

リスク(量の問題)を出来る限り正確に把握する努力!

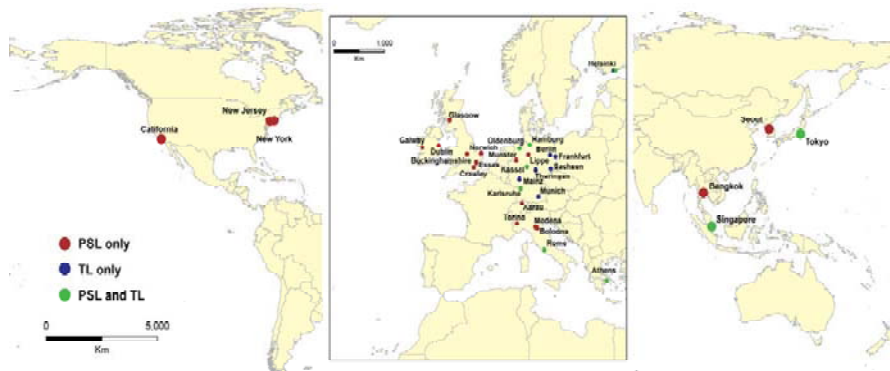


参考)英国FSAの照射食品検知に関する研究プロジェクト



UK-FSA proficiency testing Development Program (2005-2007) (Dr David Sanderson, Suerc)

(目的) ・ヨーロッパ標準分析法開発時の Collaboration study のfollow up
・研究として PSL/TL(定性分析)の技能試験は可能か?



SUURC PSL装置のユーザー間でのコラボ試験 食品総合研究所も参加
英国、ドイツのオフィシャルラボ、イタリア、ポーランド、ギリシャ、フィンランド
韓国、シンガポールなど、TL=16 ラボ、PSL=35ラボ 3回のラウンド
PSL/TL 共通フラインド試料(香辛料類)を配付してコラボ試験を実施

参考)食品照射関連の国際基準・規格の動向

□ WTO/SPS協定関連

- **食品(Codex規格) コーデックス委員会(FAO/WHO):人の生命と健康**

一般規格: コーデックス照射食品の一般規格

Codex General Standard for Irradiated Foods (CODEX STAN 106-1983, REV.1-2003)

実施規範: 食品の放射線処理のための国際的実施規範

Recommended International Code of Practice for Radiation Processing of Food
(CAC/RCP 19-1979, Rev.1-2003).

検知法: コーデックス照射食品の検知法

General methods for the detection of irradiated Foods (CODEX STAN 231-2001,2003)

- **植物検疫(IPPC:国際植物防疫条約) 事務局(FAO):植物の生命と健康**

植物検疫措置に関する国際基準 =International Standards for phytosanitary Measures (ISPM)

照射の一般指針: 植物検疫措置としての放射線照射のための指針 (ISPM No18)

Guidelines for the use of irradiation as a phytosanitary measure (ISPM No18, 2003)

具体的な処理基準: 規制有害動植物のための植物検疫処理 (ISPM No28) 付属書No1～No8

Phytosanitary treatments for regulated pest (ISPM No28, Annex 1-8,2009) 8種の害虫への検疫線量

□ ISO関連

- TC34(食品) ISO/22008 WG10

食品照射-人間の消費食品への放射線照射のための適正作業規範

(作業中、2009年 3月 CD投票採決後、コメント整理中)

- TC85(原子力) 食品照射施設における線量測定規範 等 多数の規格、作業規範が食品照射に関係

特殊病害虫根絶事業について

①取組の方針

沖縄、奄美群島等には、さつまいもに重大な被害を与えるアリモドキゾウムシ等が発生しており、さつまいも等に著しい被害を与えているばかりでなく、これら害虫の未発生地域へのまん延を防止するため、その寄主となる植物の移動が禁止又は制限されている。

発生地における農業生産振興を図るとともに未発生地域へのまん延を防止し、我が国の農作物の安定的な生産に資するため、アリモドキゾウムシ等について、放射線を用いた不妊虫放飼法等の技術を用いて根絶に向けた防除を実施。

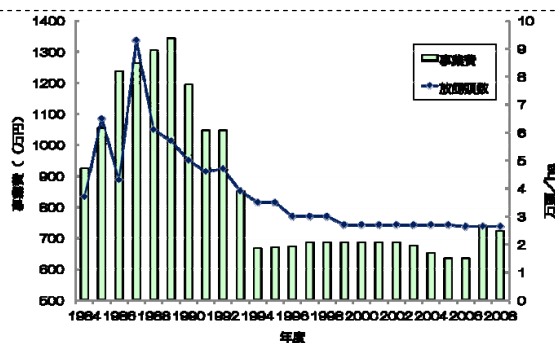
既に根絶が達成されたウリミバエについては、根絶後も台風といった気象要因等による再侵入事例がある。このため、発生地からの再侵入の防止措置を講じていく必要があり、不妊虫放飼による対策を継続して、ウリミバエの定着を防止。

②主な施策 22年度要求額（21年度予算額）

- 奄美群島におけるアリモドキゾウムシ根絶防除に必要な経費
食の安全・安心確保交付金 2,888百万円の内数
(食の安全・安心確保交付金 2,314百万円の内数)
- 沖縄県におけるウリミバエ侵入防止事業に必要な経費
(内閣府一括計上) 547百万円 (547百万円)
- 沖縄県におけるイモゾウムシ等根絶防除に必要な経費
(内閣府一括計上) 178百万円 (178百万円)



サツマイモの被害
(アリモドキゾウムシ)



ウリミバエ根絶事業・侵入防止事業費と不妊虫放飼頭数の推移



放射線医学総合研究所における 原子力利用・安全研究分野の活動



平成21年12月1日
放射線医学総合研究所

放射線医学総合研究所（放医研）の役割

ビキニ環礁での水爆実験（1954）による被ばくで、23名の日本漁船の乗組員に深刻な健康被害が生じたことをうけ、放射線による被害を研究する必要性が高まった。

戦後の経済復興の中で原子力の平和利用や放射線や放射性物質の産業応用への期待が高まり、安全にこれらを使用するための研究が必要になった。

1957年に科学技術庁所管の国立研究所として設立された。

研究開発

人材育成

放射線の人体への影響
に関すること

放射線による人体への障害の予防、
診断および治療に関すること

放射線の医学利用に関すること

1. 放射線治療

2. 放射線を用いた診断

人材育成

放射線医学総合研究所の事業

放射線の人体への影響、放射線による人体の障害の予防、診断及び治療並びに放射線の医学的利用に関する研究開発

重粒子線がん治療

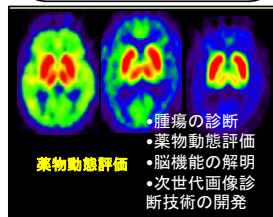
- ・重粒子線がん治療の普及
- ・治療成績の更なる向上
- ・次世代治療
- ・システム開発
- ・標準化研究、
- ・生体影響研究



手術困難ながんも切らずに治療

分子イメージング

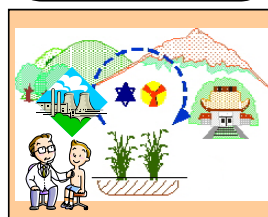
- ・分子プローブ合成技術
- ・放射性薬剤合成技術開発
- ・がんの早期診断法の開発
- ・精神・神経疾患の診断法の開発
- ・治療の評価法の開発



- ・腫瘍の診断
- ・薬物動態評価
- ・脳機能の解明
- ・次世代画像診断技術の開発

放射線安全

- ・放射線の人や環境への影響
- ・その仕組みの解明
- ・定量的な評価等の研究
- ・規制基準を定める研究



緊急被ばく医療

- ・緊急被ばく医療体制の確立
- ・地域との連携
- ・高度な緊急被ばく医療を行うために必要な研究



基盤技術と研究環境の整備・管理

高度な技術開発と安全な研究環境の提供、効率的な研究資源の活用



基盤技術の研究開発



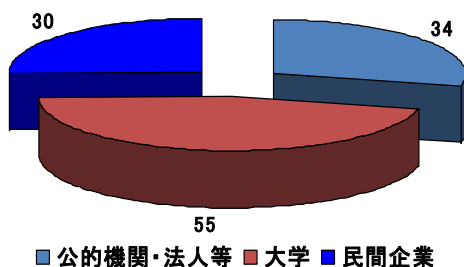
安全な研究環境維持

1. 科学技術分野、学術分野① 共同研究、研究協力

研究交流（平成20年度実績）

共同研究・研究協力（国内）

119機関



共同研究・研究協力（国外）

25機関

受入研究員等

1,868名

大学との連携

（包括協力協定）

京都大、広島大、長崎大、東北大、群馬大、福井大、横浜市大、琉球大、弘前大学

（連携大学院）

千葉大、東工大、東邦大、東京理科大、群馬大、横浜市大、東北大、明治鍼灸大（現・明治国際医療大）
広島大、新潟大

（機関協議会）

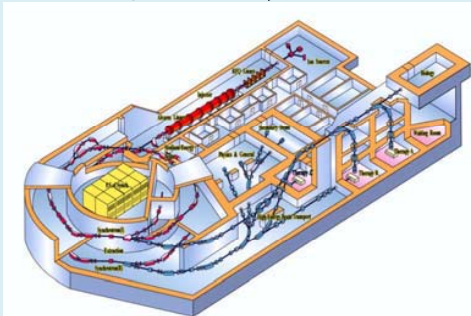
広島大、長崎大、放射線影響研究所

シンポジウム等の開催

シンポジウム、一般講演会、公開講座
研究所一般公開、国際ワークショップ
トレーニングコース、各種研修など

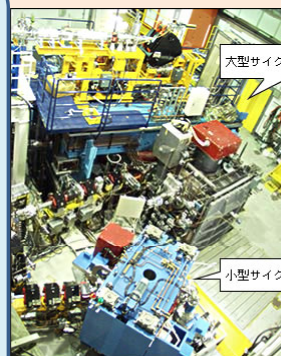
1. 科学技術分野、学術分野② 研究施設の利用

重粒子線がん治療装置(HIMAC)



がん治療に用いられる一方、治療を行わない時間帯(夜中)に共用機器として共同利用研究に用いられている。
(平成20年度課題数:135件)

サイクロ



放射性薬剤合成に3台のサイクロトロンを稼働させている。大型サイクロトロンでは週1回程度、民間企業の開発や研究等に供与している。

(平成20年度課題数:18件)
...薬剤製造を除く、有償供与も行っている

PIXE分析装置(元素分析) 及び細胞照射用マイクロビーム装置



共用機器として大学、民間企業との共同研究で多元素分析を行っている。また、単一細胞照射を併設しており、放射線影響研究の共同研究も開始している。
(平成20年度課題数:22件)

ラドン・トロンばく露実験施設



所内及び国内外の機関(大学、研究所、政府機関)がラドン影響研究に利用している。実質的な国内標準場として測定機器校正の受託業務も行っている。
(平成20年度課題数:15件)

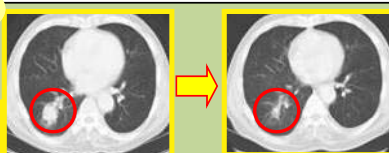
2. 放射線の医学利用①

重粒子線がん治療

重粒子線がん治療 の高度化



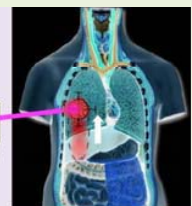
約5,000名の患者受入れ



“切らずに治す”
“短期間で高いQOL”
“高い治癒率”

次世代照射システム^{NIPS} の開発

・スポットスキャンニング
炭素ビーム
・回転ガントリー

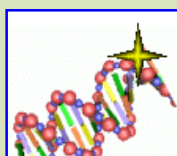


★線量集中性を更に高め
★動く臓器も照射可能に

どこでも・安全に・安心して

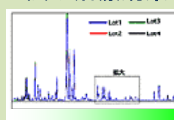
放射線治療に資する生体影響研究

1. ゲノム診断研究
オーダーメイド治療の開発
→治療成績の向上

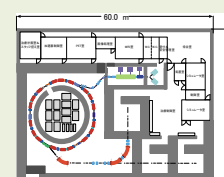


2. 粒子線生物
学的研究
より効果の高い
照射法の提案

3. 網羅的遺伝子
発現解析法
新しい腫瘍診断
法や治療効果



普及・人材育成等



従来の1/3
を実現

小型重粒子線
がん治療装置

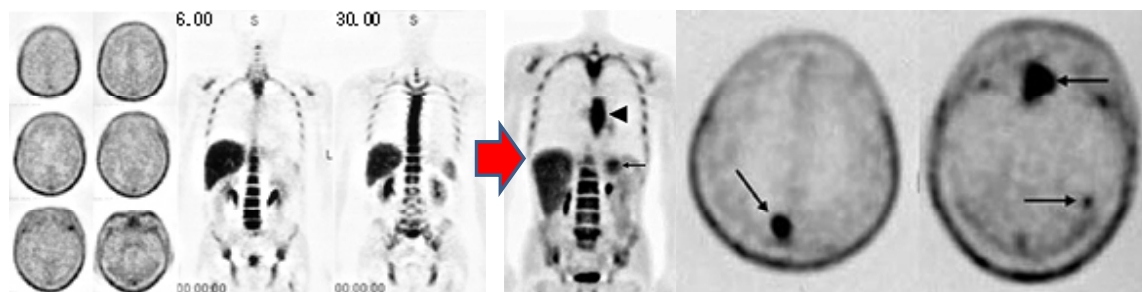
・普及推進室
・品質管理室
・医学放射線防護研究室

2. 放射線の医学利用②

分子イメージング研究

分子イメージング研究

体の中の分子の動きを画像で捉える



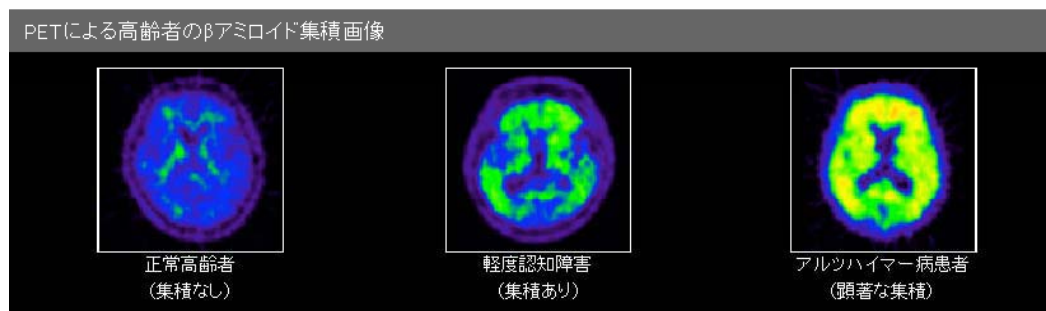
FLTの正常像を。尿路系、肝臓、骨髄への生理的集積が強いが脳、縦隔にはほとんど集積を認めない。

食道癌症例

転移性脳腫瘍症例

■ FLT-PETによる細胞増殖能の評価

F-18で標識されたフルオロチミジン(FLT)は、細胞増殖に対して有望なイメージングプローブとして期待されています。放医研の研究でも脳腫瘍の悪性度診断に有用であるとの結果が得られました。



臨床研究では、認知症の患者さんやまだ認知症には至っていない軽度認知障害(MCI, Mild Cognitive Impairment)の患者さんを対象にβアミロイド沈着をPETにより画像化し、これによって認知症を発症前に診断したり、病気の進行を客観的に捉えたりできるかどうかを検討しています。

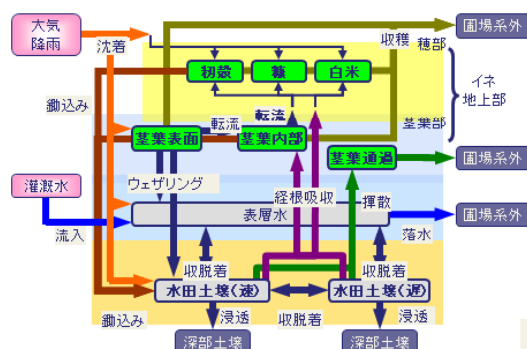
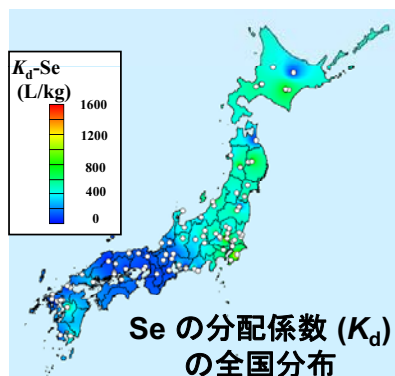
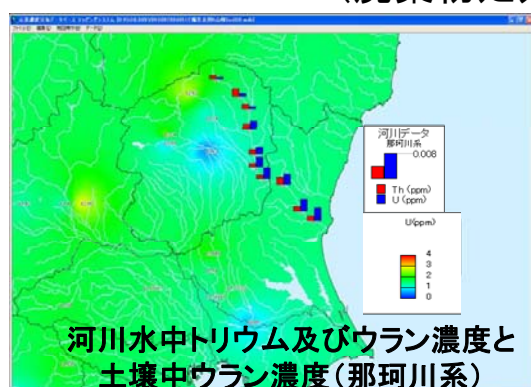
3. 放射線の安全研究 放射線防護研究

放射線防護研究

- 放射線利用における国民の安全確保と安心の醸成に貢献するため、放射線の健康および環境への影響に関する科学的データを収集・解析。成果を基に、放射線規制ニーズに対応するとともに、国民に解りやすく伝える事業を推進。
- 我が国における放射線の生体・環境への影響に関する研究(放射線安全研究)の総合推進機関として、以下の研究を総合し推進。



環境中に放出された放射性核種の環境内挙動の分析 (廃棄物処分を視野に入れて)



水田生態系における核種移行モデル (環境内モデルの開発)

指標となる生物種を対象として、被ばく線量と放射線の影響(線量-効果関係)を評価する研究を行っています。

また、微小生物が共存する実験生態系を用いて、生態系の影響を評価するための手法の開発にも取り組んでいます。

低線量放射線リスクの実態を明らかにするための 自然放射線被ばく研究

中国・高自然放射線地域(甘肅省)におけるがん疫学調査
(線量評価とデータ取りまとめへの貢献)

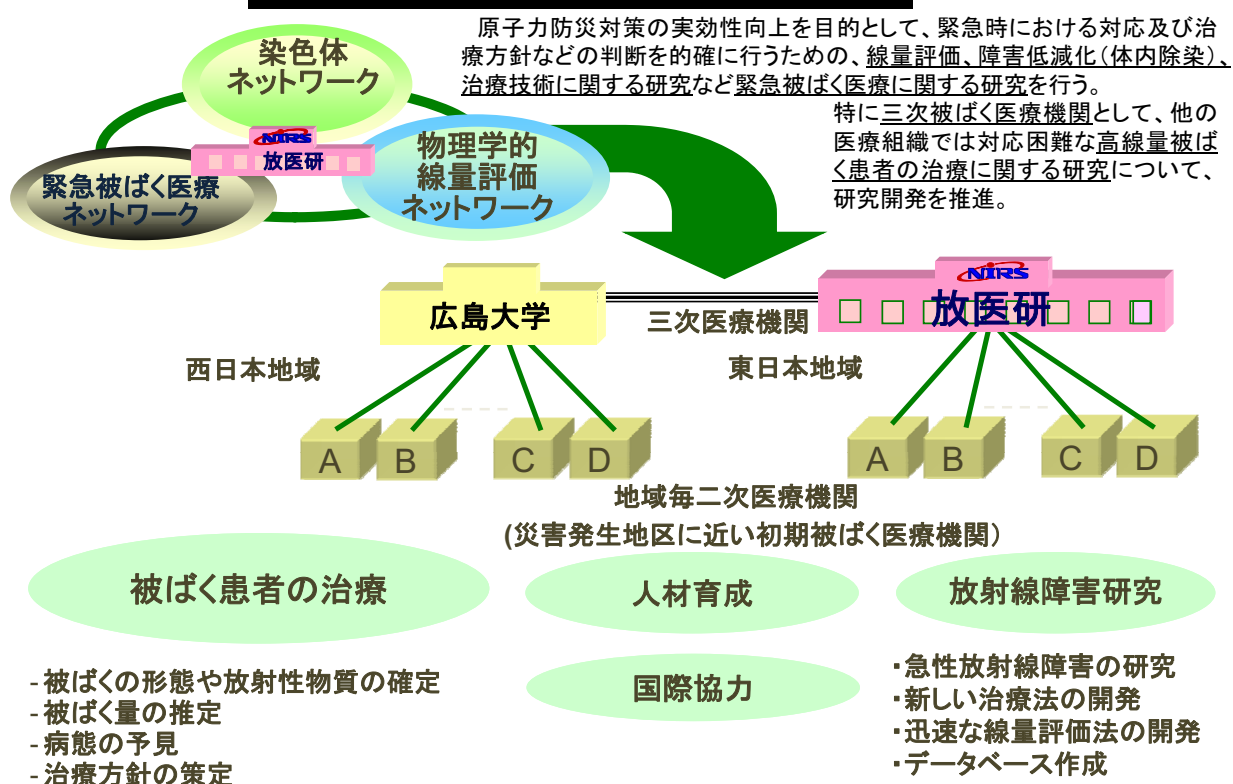


疫学データや動物実験データだけでは低線量域での放射線リスクを実証することは困難です。放医研では、放射線障害の発生機構を明らかにすることにより、放射線リスクを評価することを目標として低線量放射線の生体に対する影響のメカニズム研究を実施し、規制科学に寄与することを目指しています。

3. 原子力防災

緊急被ばく医療研究

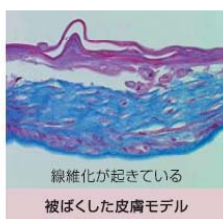
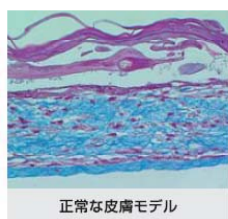
緊急被ばく医療研究



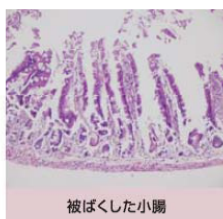
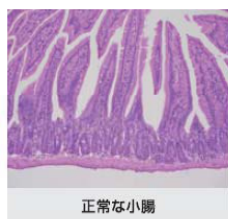


- ・ 地方自治体の要請に応じ、地方自治体の主催する講習会に講師として参加しています。
- ・ 原子力安全研究協会(原安協)や原子力安全技術センターの主催する講習会にも講師を派遣しています。
- ・ 北海道、福島県、福井県、静岡県、愛媛県、鹿児島県等の自治体における原子力防災訓練に緊急時被ばく医療派遣チームの構成員として参加をしています。

■被ばくによる皮膚モデルの変化(アザン染色)



■被ばくによる小腸の変化



高線量被ばくによる障害発生の機構を解明するための研究を、皮膚や消化管を中心に行い、治療剤となる物質の探索を行っています。

《写真1》

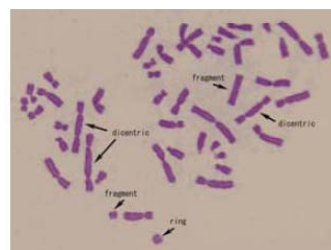
電気冷却型Ge半導体式肺モニタと
日本人体型²⁴¹Am肺ファントム



肺モニタ(左)と校正用肺ファントムを用いて体内の放射能を体外から評価する技術を開発しています。

《写真2》

放射線照射によって誘発された
ヒト末梢血リンパ球における染色体異常



放射線照射により誘発されたヒト末梢血リンパ球における染色体異常。この染色体異常の発生頻度から被ばく線量を推定します。

4. 国内外における放射線医学総合研究所の活動

☆国民の安全確保と安心の醸成

- ・健康および環境への放射線リスクを解析
- ・規制の学術的根拠となる知見を国民に解りやすく伝える
リスク・コミュニケーションの実践

☆追跡調査

- ・ビキニ環礁核実験被ばく者の追跡調査
- ・トトロスト(放射性血管造影剤)使用者の追跡調査
- ・JCO事故の被ばく者の追跡調査

☆海外協力

- ・WHO主催研修会への専門家派遣・データ提供
- ・IAEA/RCA主催研修会への専門家派遣

☆事故等への対応

- ・JCO臨界事故対応
- ・被ばく医療相談
- ・国立大蔵病院の被ばく事故
- ・八日市場電子工場X線被ばく
- ・タイ、パナマへの専門家派遣

☆人材育成

- ・専門家向け研修
- ・地域医療関係講習会支援

●国内外の放射線安全・規制機関のニーズに対応する学術的な貢献

- ・原子力安全委員会
- ・原子力安全・保安院
- ・放射線審議会など
- ・ICRP(国際放射線防護委員会)
- ・UNSCEAR(原子放射線の影響に関する
国連科学委員会)
- ・IAEA(国際原子力機関)
- ・WHO(世界保健機関)



など



IAEAコラボレーティングセンター

【低線量放射線影響研究分野】

- ・生物学的測定、データと機構の分析
- ・生物学的指標による環境放射線の影響評価
- ・上記分野での教育研修

原子力安全委員会技術支援機関

- ・法令や原子力安全委員会が定める指針類を検討する際の技術的支援
- ・原子力施設に係る安全審査への参画
- ・放射線安全に係る規制制度の検討への貢献 等

重粒子線治療

HIMAC (Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba)

入射器 / 線型加速器
2つの加速器でイオン粒子を
光速の約11%まで加速する



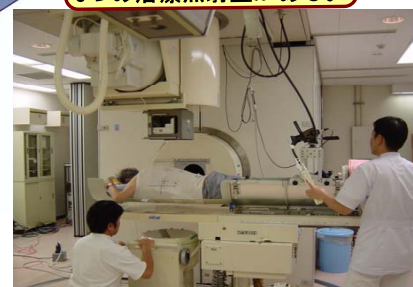
1984年: HIMACの建設案
1987年: 建設開始
1993年12月: 完成
1994年06月: 臨床試験開始

重イオン源
原子をイオン化する

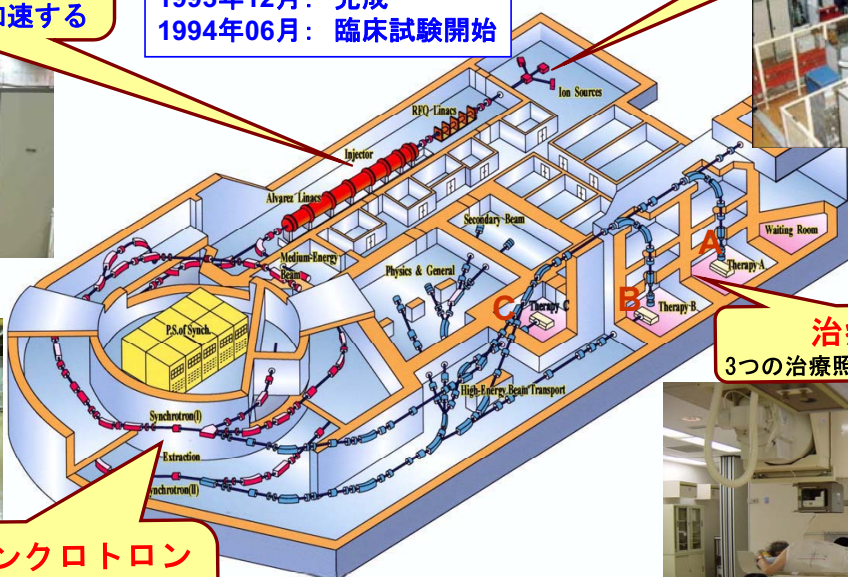


治療室

3つの治療照射室がある。



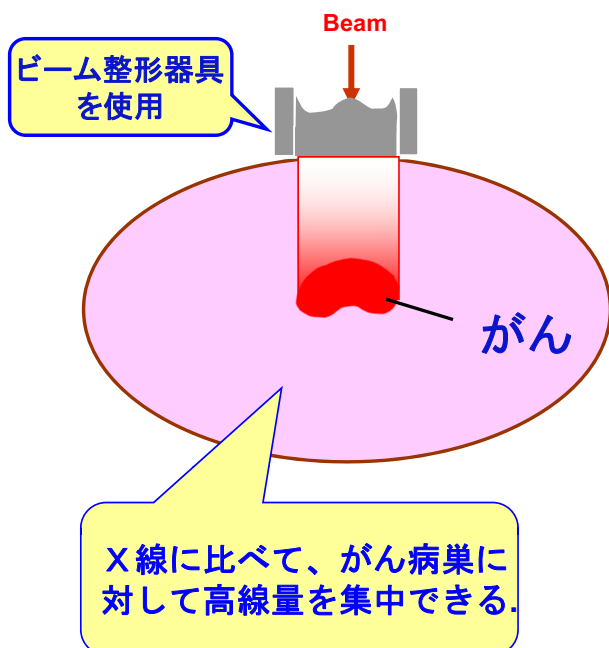
主加速器/ シンクロトロン
(直径約42m、周長約130m)
円形の加速器で粒子を100万回以上
回し、光速の約84%まで加速する



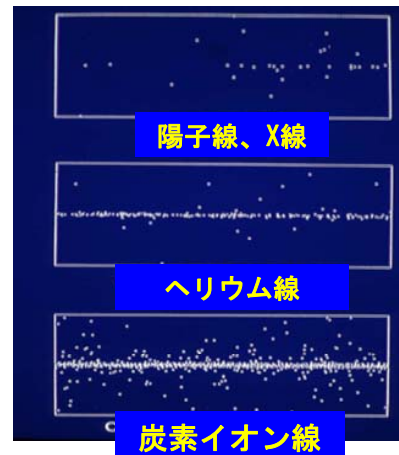
(120m x 65m)

重粒子線（炭素イオン線）の特徴

1. 優れた線量集中性



2. 強い生物効果（細胞致死作用）



重たい粒子ほど電離密度が高くなる
→ DNA損傷は2重鎖切断が多くなる
→ 細胞致死効果が強くなる
→ 炭素イオン線の生物効果はX線の2～3倍

4



放医研の重粒子線がん治療

1984 「対がん10カ年総合戦略」の一環として、世界初の医療用重イオン加速装置（HIMAC）の建設案

→ 1987年建設開始 → 1993年完成

1994 炭素線を用いた臨床試験開始

夜間や週末は、生物・物理工学的実験のための共同利用施設として国内外の研究者に提供、毎年500人を越える外部研究者に開放。

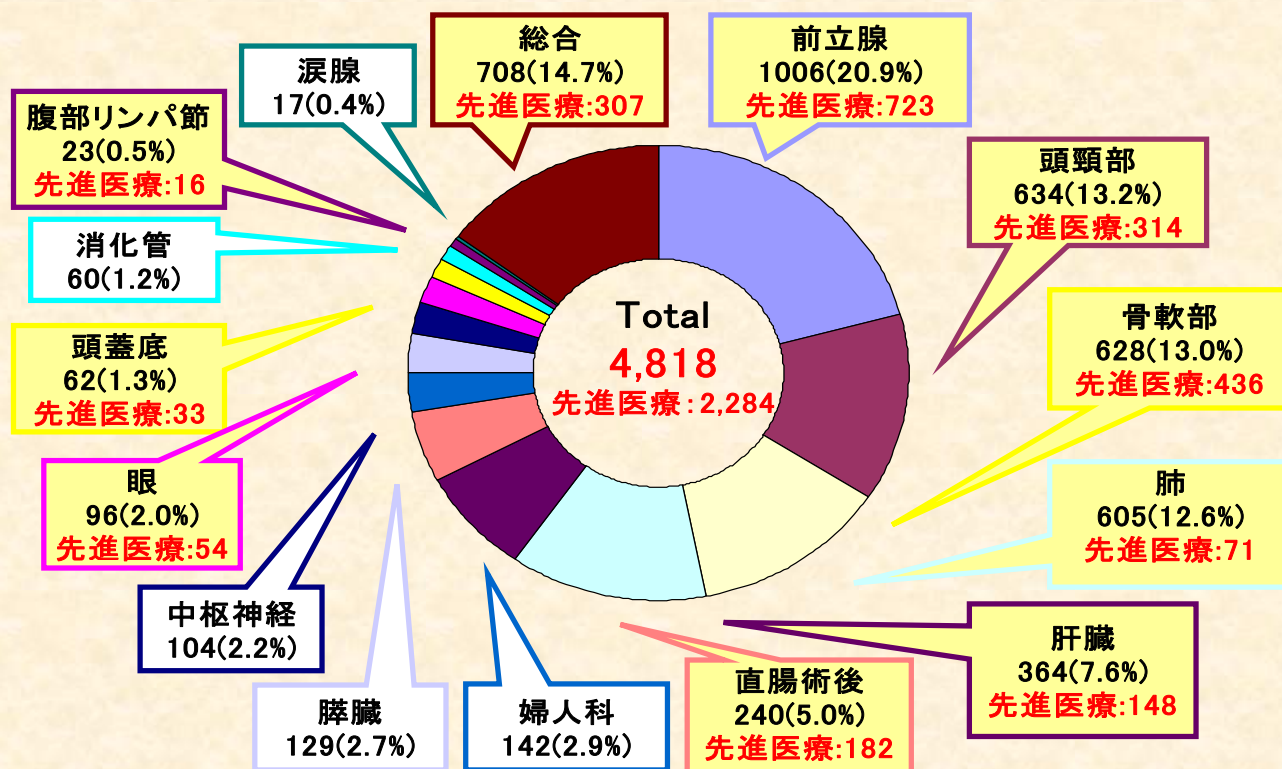
2003 （高度）先進医療の承認—「固形がんに対する重粒子線治療」

2006 普及小型重粒子治療装置実証機建設開始（群馬大）

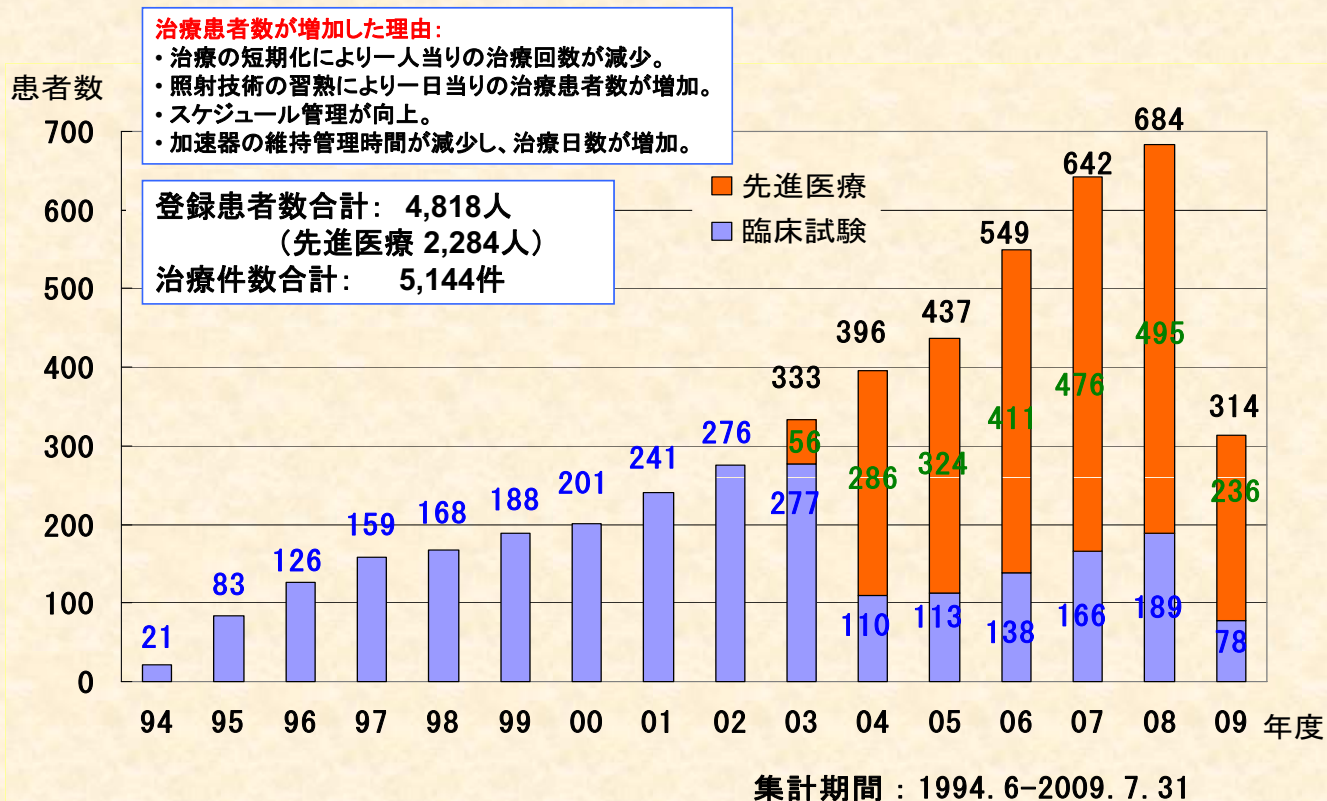
2009 総治療件数5,000件を超える。

一部疾患で保険収載検討

放医研における重粒子線治療の登録患者数と治療部位 (1994.6-2009.7)

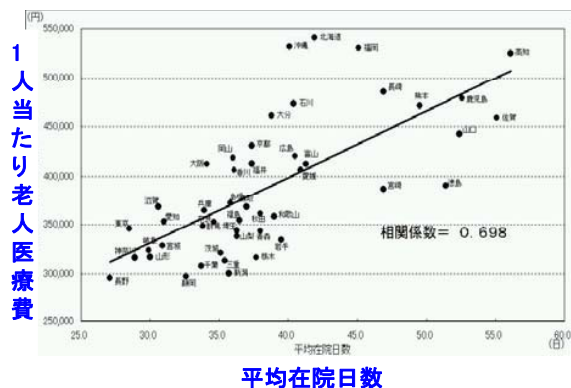


放医研における重粒子線治療患者数の推移



重粒子線治療は他の治療法より治療期間が短い

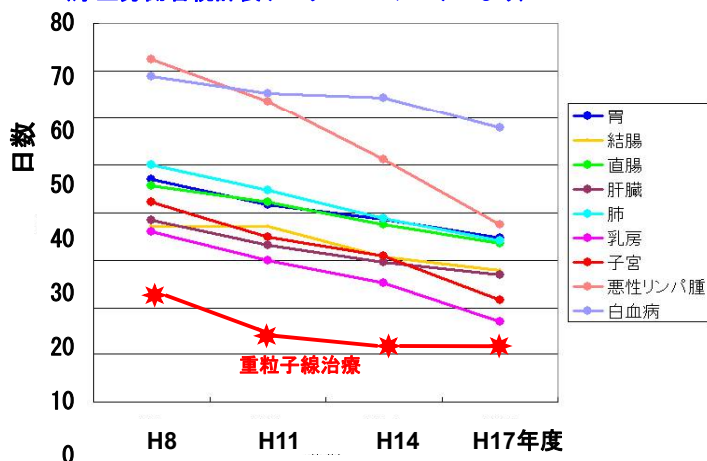
平均在院日数と1人当たり 老人医療費(入院)の相関



資料：厚生労働省大臣官房統計情報部「平成16年病院報告」、
厚生労働省保険局「老人医療事業年報」（平成16年度）より作成

がん治療における平均在院日数の推移

(厚生労働省統計表データベースシステムより)

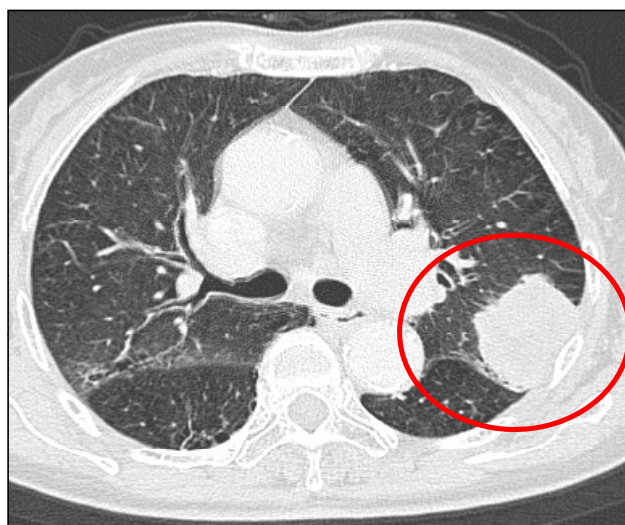


放医研の重粒子線治療は:

一人当たり平均治療回数が平均14回(1~20回)と少なく、平均在院日数も約14.4日と短い。また、多くの患者は外来治療が可能。

肺癌（超短期治療：1回照射）

71才女性 (cT2N0M0 扁平上皮がん)

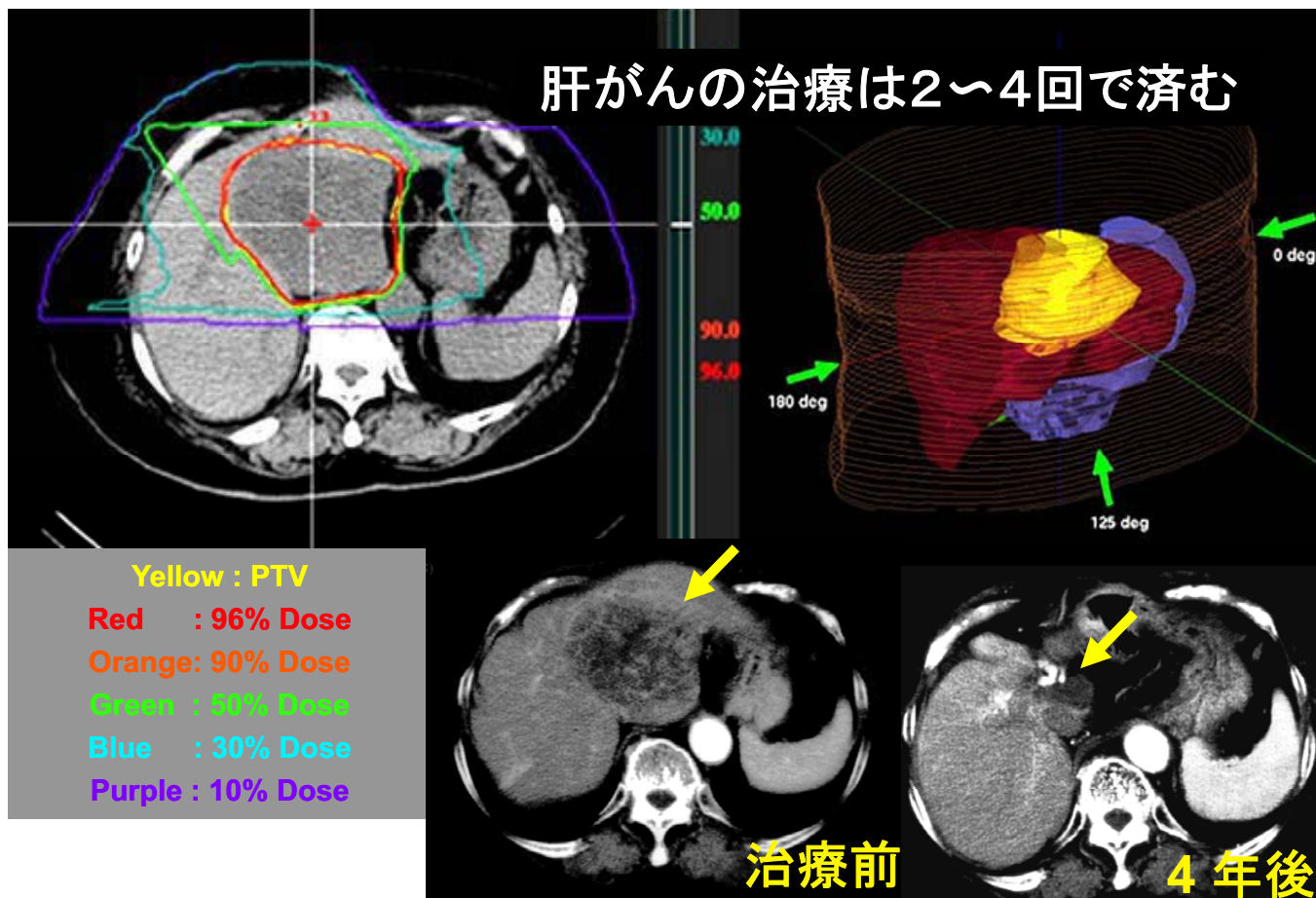


治療前



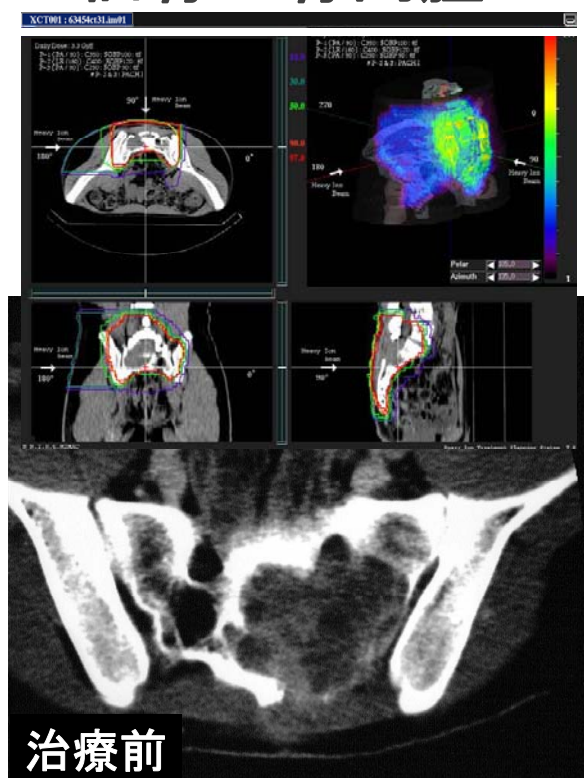
治療後

肝がんの治療は2〜4回で済む

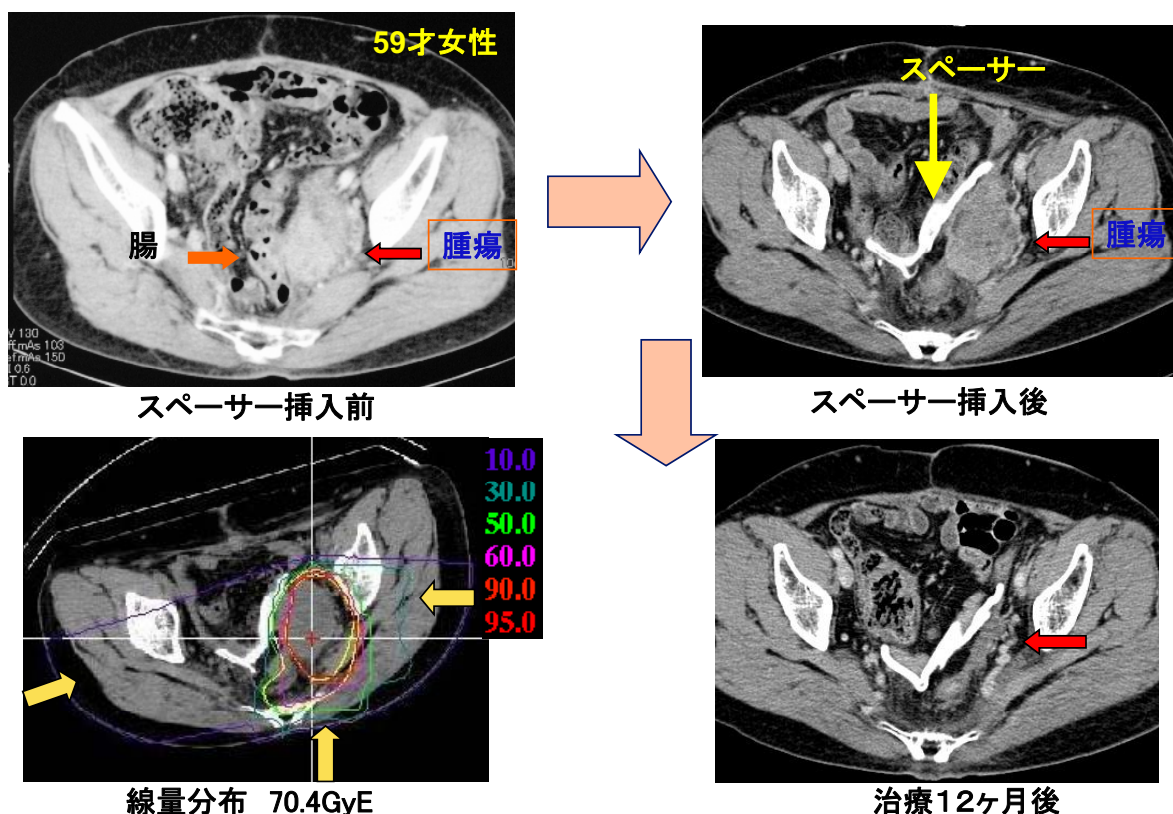


仙骨の骨肉腫

(52.8 GyE/16回)



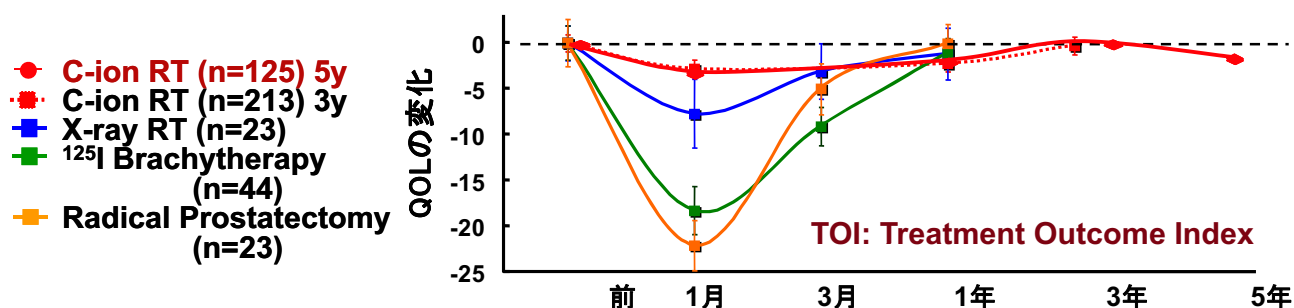
直腸癌骨盤内再発におけるスパーサーの利用



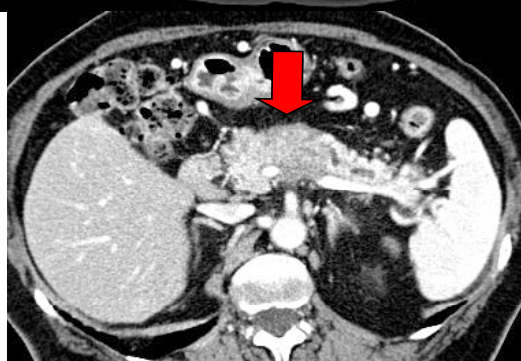
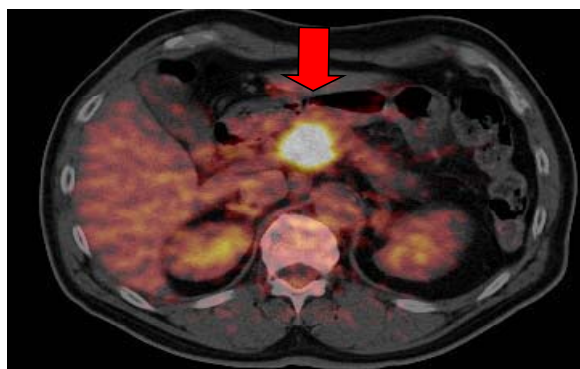
前立腺がん(高リスク症例:iPSA>20)の治療成績

施設名	治療法	線量分割法	NO.	生化学的非再発 5年生存率
MDAnderson CC. ¹⁾	従来法	78Gy /33〜43回	197	51%
Fox Chase CC. ²⁾	3次元照射法	≥76Gy / 38回	232	26-63%
Cleveland CF. ³⁾	強度変調(IMRT)	70Gy /28回	293	72%
Loma Linda U. ⁴⁾	陽子線	75CGE /39回	901	45%
NIRS	重粒子線	63-66GyE /20回 57.6GyE /16回	222	87%*

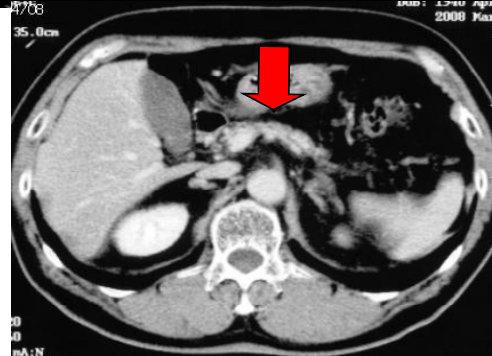
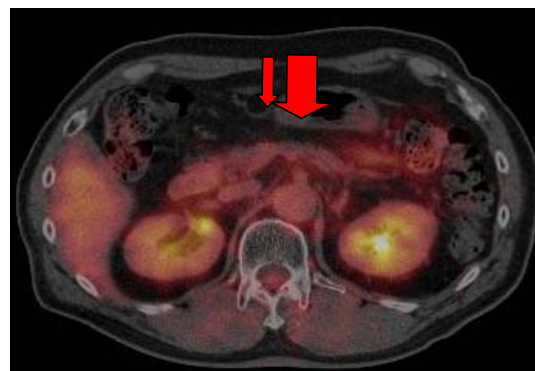
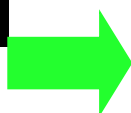
* 重粒子線は高リスク前立腺がんにも有効(8年生存率は76%)。



膵臓がん（3週間12回の重粒子線治療）



治療前



治療24月後

重粒子線がん治療の適応疾患

先進医療

- * 頭頸部がん: 鼻・副鼻腔の腺癌、肉腫など
- * 頭蓋底腫瘍: 脊索腫など
- * 肺がん(非小細胞型): 局所進行がん
- * 肝がん: (1週間以内で治療)
- * 前立腺がん: (4週間の治療)
- * 骨・軟部肉腫: 手術困難例(4週間治療)
- * 直腸がん術後再発: 手術困難例(4週間治療)
- * 脈絡膜: 悪性黒色腫(1週間で治療)

臨床研究継続中

- * 肺がん(非小細胞型): 早期のがんに対して1回照射
- * 子宮頸がん、脳腫瘍、食道がん、膵臓がん、など

適応外の疾患

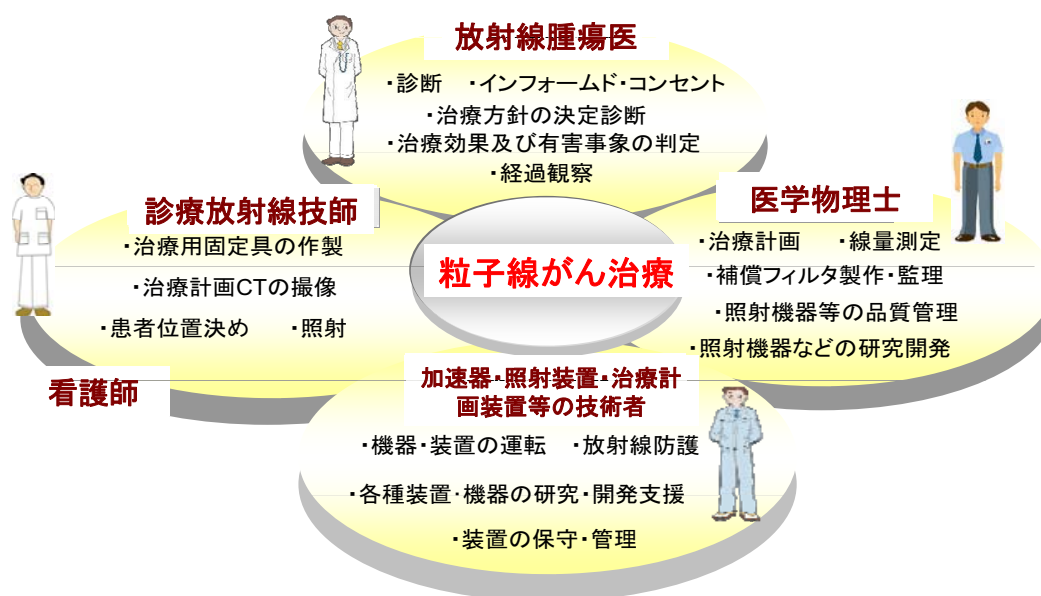
1. 病巣が全身に広がっているもの、広がる性質の強いもの。
 - ・ 広範な臓器転移やリンパ節転移は、原則として適応外。
 - ・ 悪性リンパ腫、白血病、卵巣腫瘍、辜丸腫瘍など。
2. 潰瘍や穿孔を来す恐れのある消化管のがん。
 - ・ 胃がん、大腸がんなどは、手術が第一選択。
3. 他の治療法で高い治癒とQOLが見込める場合。
 - ・ 乳がん、喉頭がんなどは、いまでも治療成績良好。

専門人材の必要性

一般の医療職よりも、より広い領域、
より専門性の高い知識が必要

→ 放医研は人材育成の中核を担っている

平成19年度より、文部科学省に
よる「粒子線がん治療に係る人
材育成プログラム」がスタート



重粒子線治療の将来展望

- ・放医研では、重粒子線治療5,000人の実績(世界の症例数の80%以上)。
 - － 難治性がんの治療成績向上。
 - － 治療期間・回数の短期化。
 - － 多くの施設への技術提供。
- ・重粒子線治療の有用性について、学会レベルでの議論が深まっている。
- ・厚生労働省は、医療法施行規則の一部を改正し、新たに「**診療用粒子線照射装置に係る放射線障害の防止に関する技術的基準**」を定めた(2008年3月26日)。
- ・重粒子線治療の標準化にむけて国際貢献(ICRU/IAEA、PTCOG、ICRPなど)。

・わが国では、重粒子線治療の**保険収載**も視野に入っている

→ まずは、骨軟部腫瘍から

・他の疾患は、**先進医療**および**臨床試験**を行い、さらなる治療成績の向上を目指す。

・放医研の実績に対する評価が高く、技術協力、人材育成の要請が増加。

・より難治性の高いがんに対して、臨床試験の続行(膵臓がんなど)。

・国内外で、5ヶ所で新規治療施設を建設中(日1、独3、伊1、中1)。

・さらに多くの施設が建設計画。

5. 放射線医療・安全研究分野における問題点

1. 人件費枠による医療関係人材の不足
 - ・ 特に診療放射線技師・看護師の不足。
 - ・ 医師が退職しても、その補充が困難（結果的に医師が減少しつつある）。
2. 放射線利用の医療の展開の観点から
 - ・ 放射線治療を十分に理解した医師、放射線治療に必要な医学物理士が少ない。
 - ・ 一般的に放射線治療への偏見（最後の治療である、気休めの治療）。
3. 専門人材育成について（人材確保する上での課題等）
 - ・ 重粒子線がん治療に関する医療関係者の研修のための整備が必ずしもされていない（そのための予算をとっていない）。
 - ・ 重粒子線がん治療に関わる研修を実施できる場所は世界中で放医研のみ。研修希望者は多いものの、全員を受け入れるにはパワー不足。
4. その他
 - ・ 国からの要求に基づいた業務の財政的な基盤が構築されていない。
（放医研に要求されていた緊急被ばく医療に関わる研修業務は、一般競争入札による受託業務であり、安定した業務執行が困難。）
 - ・ 放射線生物分野・安全研究分野の基盤を形成する研究者は全世界的に見て減っている（放射線安全研究の基盤の弱体化）。
 - ・ 研究開発予算が年々減少されつつある。

<参考資料>

2. 放射線の医学利用 被ばく線量の最適化に向けた方針の検討 （国民に不必要な被ばくをさせないための指針の策定）

1. 背景

- a. 国際動向：放射線防護に関し、UNSCEARは最新の知見及び医療被ばくを含めた各国のデータをまとめて報告書を作成している。ICRPは既存の防護関連知見を基に防護体系を作成し、それを基にIAEA等が具体的安全基準を出している。WHOは昨年からGlobal Initiativeとして医療放射線防護の実践に取り組み始めた。諸外国では、ICRPの医療放射線防護の最適化として、患者の線量の目安となる診断参考レベルを防護規制に取り入れている国々もある。
- b. 国内：日本は1990年ICRP勧告を取り入れ、現行の関連法令及び通知等により放射線防護が行われている。しかし、医療被ばくの最適化については、厚労省から介護者等の被ばく（線量拘束値）を考慮した核医学患者退出基準等が出されているものの、患者自身の被ばく最適化（診断参考レベル等）は指針等の規制に取り入れられていない。関連学会や職能団体から個別にガイドラインが出されている状況である。

2. 放医研の取り組み

- a. 基礎データこれまで郵送法により医療放射線利用の実態調査を長年にわたり継続し、また最適化の基礎データとして、患者が受ける被ばく線量をファントムの測定等により評価してきた。これらの一部は日本のデータとして、放医研が事務局のUNSCEAR国内対応委員会を通してUNSCEARに提出されている。
- b. 国際関連WHO Global Initiativeの会合はこれまで3回開催され、放医研から毎回2名の参加者を出してきた。次回会合は12月に放医研で開催予定である。日本として、小児被ばくの防護研究などを基に、リスクアセスメントに関する事項に参画することを検討している。

- c. 国内放射線診断の安全については、線量評価を基盤としてリスク評価研究に係わってきた（例：厚労科研費研究遠藤班、他）。放射線治療（粒子線）でも、放医研を中心とした厚労科研費研究班（辻井班）が職業被ばく・公衆被ばくを考慮した防護に関する報告書を出し、成果が改正医療法施行規則に取り入れられた。更に、WHO Global Initiativeをはじめとする国内外の動き・諸問題に迅速かつ適切に対処すべく、医療放射線防護活動にオールジャパンとして対応可能なハブ的母体としての委員会（仮称：日本医療放射線防護対策委員会、委員長：米倉理事長、事務局：放医研）の立ち上げ準備を、他組織の関係者も交えて意見交換しつつ、現在進めているところである。医療被ばく関連データの収集・蓄積、国際標準に基づくガイドライン等の提案、国際機関活動への対応の議論・参加、行政に対する提案、広報活動など、実践的な活躍が期待される。

3. 今後の課題

医療放射線利用の種類は今後益々多様化し、技術進歩も継続して行くことが予想される。すべての放射線診療分野で防護の最適化を実現するためには、時宜を得た放射線診療の頻度・医療被ばく線量評価による効率的な実態把握と、生物学的及び疫学的知見を加えたリスク評価が必須である。実際、海外では国家レベルの放射線防護専門機関を有し、被ばく関連データを一元的に収集・管理している国々もある。また、医療被ばくのリスク評価を目的とした大規模な疫学調査も複数の国で計画・実施されている。日本として国際的に比肩し得る線量・リスク評価データを確保し、医療放射線防護の先端に位置するためには、十分な人的・物的資源の確保と、広範な協力体制（防護対策委員会など）の構築が急務である。

4. 国内外における放射線医学総合研究所の活動 （安全確保のための活動にかかわるコミュニケーション）

リスクコミュニケーションに関わる活動

放射線の影響に対する不安や、放射線防護対策に関する疑問などに応えるため、定期的な対話セミナーやアンケート等を通じた、双方向でのコミュニケーションにより、人々の要望に応えながら、放射線影響、放射線安全研究の成果の普及に努める。

- ダイアログ（対話）セミナー、アンケート調査等により、放射線への不安や、疑問などに応える。
- 放射線影響・防護研究成果に対する理解を促進する。

リスクコミュニケーション関連の過去の成果 ダイアログセミナー開催

○H18-20年度の3年間で7回開催

(チェルノブイリ事故影響, ICRP新勧告, NORM利用, 航空乗務員の宇宙線被ばく, 国際基本安全基準 (BSS), 医療被ばく、放射性廃棄物処分)

○ダイアログセミナーの報告書

航空機乗務員のための教材

○CD「航空乗務員の宇宙線被ばくについて」

一般向けの本

○虎の巻「低線量放射線と健康影響」



ダイアログセミナー「医療被ばくを最適化を考える」

○「医療被ばくを最適化を考える」の実施

- ・重粒子治療推進棟大会議室にて平成21年1月24日に開催
- ・参加者数: 所外42名、所内26名
- ・キーワード(例)

現場の抱える問題点の把握

QA/QCと正確な実態調査

最適化に関するこれまでの取り組み

合意形成のための仕掛け



4. 国内外における放射線医学総合研究所の活動（国際協力）

国際協力、海外における関連分野の取組・状況の調査、基準・指針への反映等

国際的な活動



◆放射線影響防護に関わる国際動向の把握

- IAEA: 放射線安全基準委員会 (RASSC), BSS改訂作業への参加、RCA放射線防護プロジェクト, EMRAS (環境モデル)
- WHO: 国際ラドンプロジェクト, 医療被ばくに関するグローバルイニシアティブ
- OECD/NEA: 放射線防護及び公衆衛生委員会 (CRPPH), EGIR (ICRP新勧告関連), EGPH (公衆衛生関連)
- UNSCEAR: 国内対応委員会事務局, UNSCEAR報告書検討

◆海外の放射線防護関連研究との連携

- 仏IRSN, 独BfS, 中国NIRP, フィリピンPNRI等との情報交換

国連科学委員会 (UNSCEAR) の活動への貢献

- 報告書附属書ドラフトの精査とコメント取りまとめ
- 国内対応活動の拠点（国内対応委員会事務局）
- UNSCEAR会合への出席（毎回日本代表を含む数名程度）
- シンポジウム等の開催によるUNSCEARの成果普及



UNSCEAR国内対応委員会

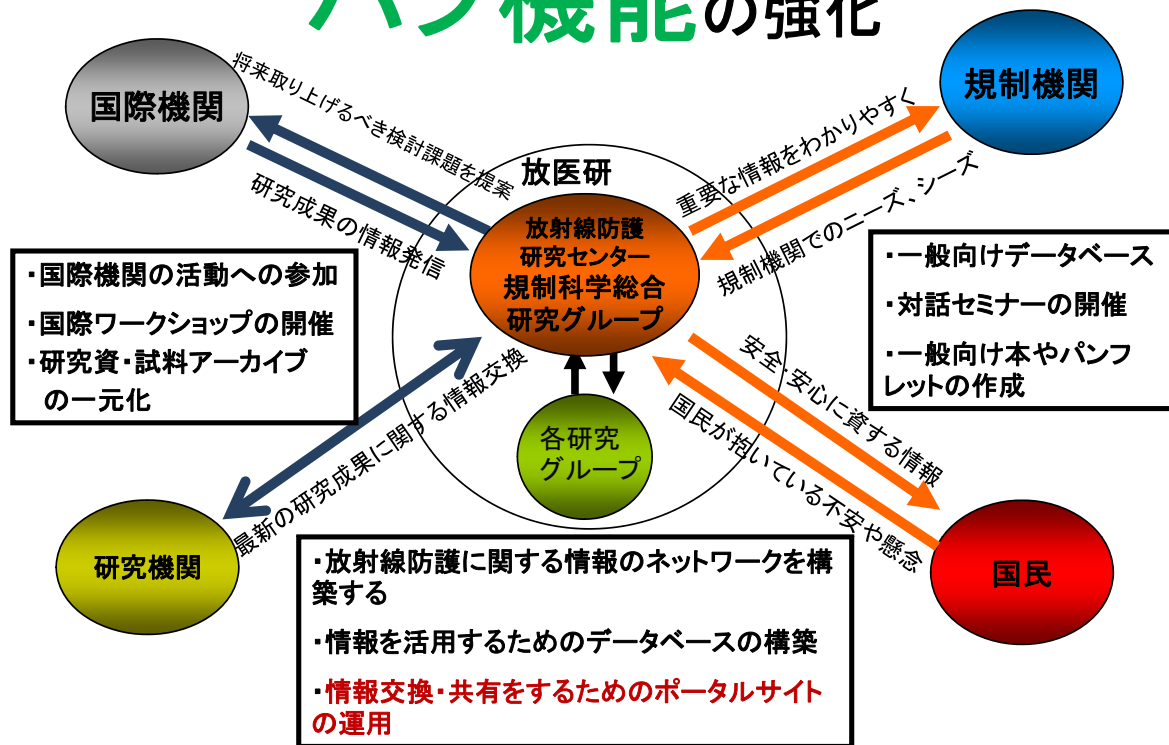
- ✕UNSCEARの諸課題に対して組織的に国内対応活動を行うため2003年に発足。事務局は放医研。
- ✕2009年11月現在、14人の委員と114人のレスポンスメンバーから構成。
- ✕定期的な会合およびメールでの議論。
- ✕UNSCEAR報告書ドラフトのレビュー、コメント作成、線源データの取りまとめなどの活動。



その他の国際機関への貢献と海外の研究機関との情報交換

- ICRP関連
2007年勧告作成において、専門家の意見をまとめたコメントを提出
2007年勧告の内容について原子力安全委員会の原子力安全審査指針類への取り込みに関する検討(委託調査)
- IAEA関連
放射線安全基準委員会(RASSC)への専門家派遣
国際基本安全基準(BSS)改訂作業への参加(ドラフト作成会合への専門家派遣)
RCA放射線防護プロジェクト(酒井センター長:コーディネーターとして参加)
EMRAS(環境モデル)
- WHO関連
国際ラドンプロジェクト(専門家として参加)
医療被ばくに関するグローバルイニシアティブ(専門家として参加)
- OECD/NEA関連
放射線防護及び公衆衛生委員会(CRPPH), EGIR(ICRP新勧告関連), EGPH(公衆衛生関連)に委員や専門家として貢献
- 海外の放射線防護関連研究機関との情報交換
仏IRSN、独BfS、中国NIRP、フィリピンPNRI等と情報交換の協定締結

放射線防護情報の ハブ機能の強化



放射線利用振興協会の活動

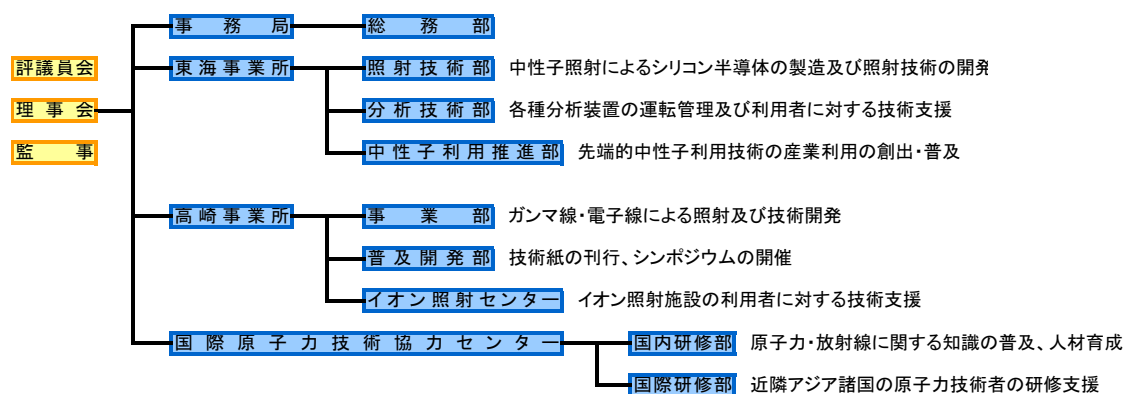
平成21年12月8日
財団法人 放射線利用振興協会



(財)放射線利用振興協会の体制



放射線利用の振興及び原子力の利用に係る技術交流の推進を目的として、放射線利用の普及事業、照射事業、分析事業、技術移転事業、研修事業、国際協力事業等を実施している。



平成21年4月1日現在

活動の概要



(1) 放射線利用成果の普及(普及事業)

- ・技術誌「放射線と産業」の刊行(2000部×年4回) (別添1)
放射線利用の研究開発及び利用の状況に関する解説、特許等の
実用化の状況、トピックス等を紹介
- ・「放射線プロセスシンポジウム」の開催(隔年) (別添2)
各種産業分野における放射線利用成果等に関する講演、ポスター
発表、情報交換

○高崎事業所・普及開発部



(2) 放射線の産業利用の推進(照射事業、技術移転事業)

①産業利用の普及

- ・原子力機構の研究用原子炉を用いた中性子照射による高性能シリコン
半導体の製造及び照射技術の開発 (別添3)
- ・原子力機構のガンマ線照射施設及び電子線照射施設を用いた高分
子材料の改質、電子機器・材料の特性改善等のための試験照射 (別添4)
- ・放射線利用技術・原子力基盤技術に関する情報の収集・公開 (別添5)

○東海事業所・照射技術部
○高崎事業所・事業部
○高崎事業所・普及開発部



②先端的中性子利用技術の産業利用の創出・普及

中性子利用技術移転推進プログラム(利用者選定、利用者に対する支
援) (別添6)

○東海事業所・中性子利用
推進部

2

活動の概要



(3) 原子力機構共用施設等の利用支援(利用技術推進事業、分析事業)

- ・原子力機構の共用施設(研究炉、ガンマ線照射施設、電子線照射
施設、イオン照射施設等)の運転管理及び利用者に対する技術支援
- ・原子力機構の各種化学分析装置、放射能分析装置の運転管理及び
利用者に対する技術支援

○東海事業所・照射技術部
○高崎事業所・事業部、
イオン照射利用センター
○東海事業所・分析技術部



(4) 原子力・放射線に関する知識の普及、人材育成(研修事業、国際協力事業)

- ・教職員及び地方自治体の教育関係者を対象に、学校教育の場で
活用できる原子力・放射線に関する基礎知識を習得するセミナー
の開催 (別添7)
- ・近隣アジア諸国の原子力技術者の研修支援 (別添8)

○国際原子力技術協力センター



3

放射線利用振興協会の活動 補足資料



技術誌「放射線と産業」の刊行

別添1

●目 的

放射線利用の展開・推進のための最新技術などの解説

●概 要

- ・1976年(昭和51年)1月に創刊
- ・年4回刊行(2000部/回)、2009年9月に第123号発刊
- ・放射線利用の研究開発及び利用の状況に関する解説、特許等の実用化の状況、トピックス等を第一線の研究者が分かり易く紹介

●最近のトピックス

- ・イオンビームを利用したバイオ・医療応用研究の最前線(連載講座)
- ・高エネルギー素粒子を利用した巨大構造物の透かし撮り
- ・陽電子消滅法による材料評価
- ・使用済みRIの処理事業について
- ・学習指導要領改訂に伴う放射線教育の見直しについて
- ・弥生時代の開始時期はいつから？



放射線プロセスシンポジウムの開催

● 目 的

各種産業利用分野における放射線利用に関する最近の研究成果の講演とポスター発表並びに情報交換を行うことにより、放射線の産業利用の普及啓発を図り、明日の科学技術の振興に役立てる。

● 概 要

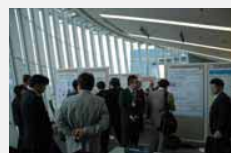
- ・1985年(昭和60年)に第1回シンポジウムを実施
- ・隔年で実施、(最近の開催:平成21年11月12,13日に第13回を実施)
- ・主なトピックス:「放射線源・照射施設・照射技術」、「高分子材料創製・改質」、「環境技術・資源」、「新線源の利用」、「食品照射」、「放射線滅菌」、「放射線育種」など

● 開催実績

	2005年 (第11回)	2007年 (第12回)	2009年 (第13回)
参加者	459人	388人	370人
講演数	25件	24件	22件
ポスター発表	41件	39件	38件



第13回シン
ポジウム
講演会場



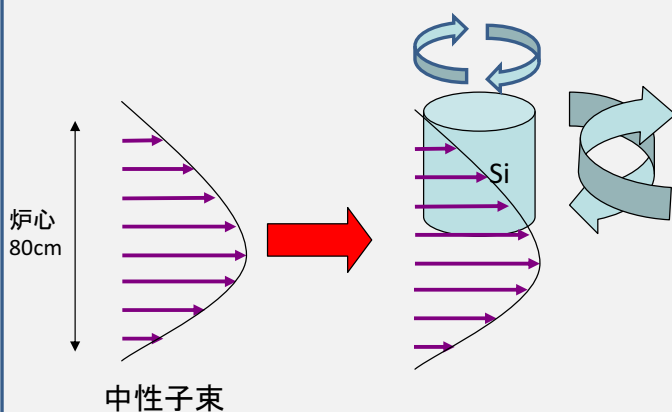
第13回シン
ポジウム
ポスター
発表会場

中性子照射による高性能シリコン半導体の製造 ①

(1) 現状

照射方法

高均一照射*をはかるために、
半径方向:シリコンを回転
軸方向:上下反転方式を採用。

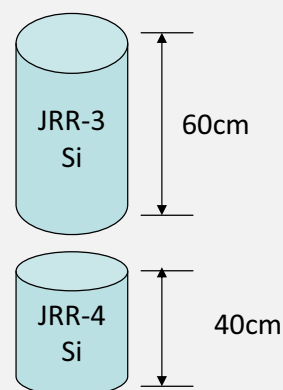


*照射均一度: $\pm 5\%$ 以内

製造量

JRR-3(5,6インチ) 平均 3.6ton
JRR-4(5インチ) 平均 0.5ton

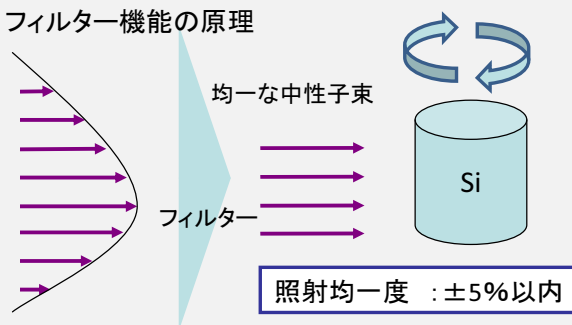
(平成16~20年度平均)



中性子照射による高性能シリコン半導体の製造 ②

(2) フィルター機能付きホルダの開発

フィルター機能の原理



フィルター付きホルダの性能

- ・反転作業が不要 (照射時間の短縮)
- ・反転方式と比較して中性子束が20%増加
- ・ホルダ寿命 : 2年(現行ホルダと同等)

↓
反転方式の約1.5倍の増産が可能。

今後の予定

- ・低出力特性試験(10KW)
- ・シリコンインゴット内の中性子束分布測定
- ・高出力特性試験(20MW)
- ・シリコンインゴットの抵抗率分布測定

①フィルター機能付きホルダの開発

- ・B(ホウ素0.27%添加)+Al合金
- ・寸法は現行ホルダと同一

②照射位置

- ・中性子束のピーク値
(核計算により決定)



フィルター機能付きホルダ



ホルダ製作



実用化
H23年度

9

放射線産業利用の普及(ガンマ線、電子線照射)

別添4

●目的

放射線利用の展開・推進のため、外部機関・企業からの依頼による照射を実施

●概要

- ・外部機関からの依頼による放射線照射の実施
- ・原子力機構の施設共用制度の有償利用の活用により実施
- ・温度管理、照射量管理、照射均一性の管理などの依頼元の多様なニーズに対するきめ細かな技術支援

●実績

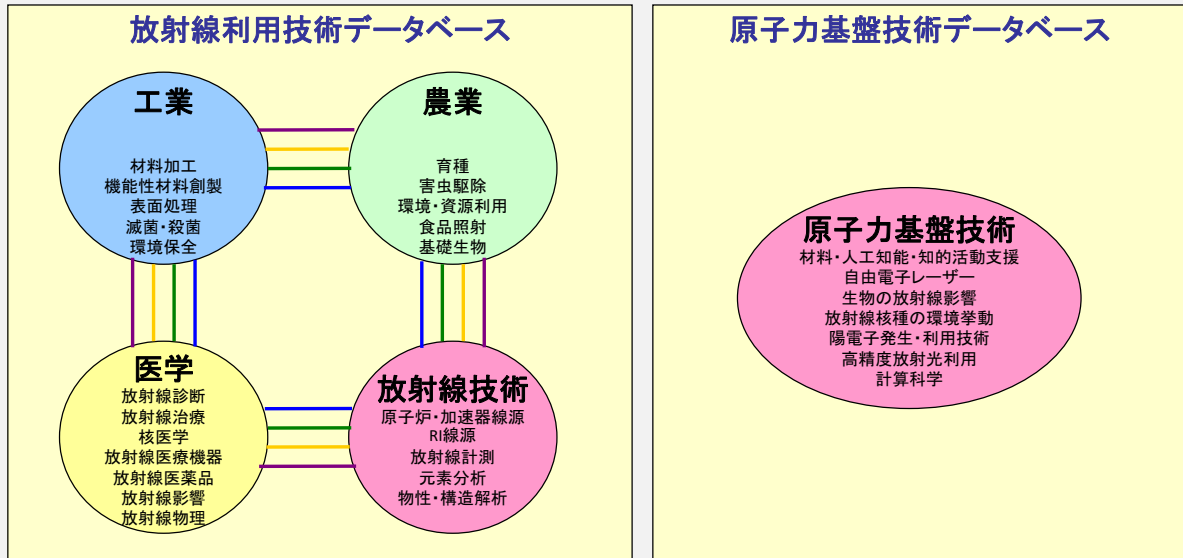
- ・原子炉構成部品、衛星搭載用部品等(ケーブル、コネクタ、電子回路部品、コンクリート、塗装材、など)の耐放射線特性試験、半導体の特性改善、高分子材料の改質など
- ・宝飾品の着色など材料改質照射

10

データベースによる情報の提供

別添5

工業、農業、医学などの分野における放射線利用技術等の情報をデータベース化し、インターネット (<http://www.rada.or.jp>) を通じて提供しています。



* : 文部科学省からの受託事業

11

中性子利用技術移転推進プログラム ①

別添6

● 目的

中性子を利用する研究の経験がない企業等に、以下に示す支援を提供することにより、JRR-3に設置された各種先端的中性子施設を用いた実験を経験させ、産業界への先端的中性子利用技術の普及を図る。

● 支援内容

1. 説明会・相談会
 - ・産業界における先端的中性子利用実験の有効性に関する説明会及び専門家による実験相談会等を実施
2. 実験計画立案の支援
 - ・研究ニーズに即した実験内容の提案、および実験計画立案のための技術指導
3. 実験実施の支援
 - ・実験に関する手続き等の支援
 - ・専門家による実験指導
 - ・データ解析等に関する指導
 - ・報告書作成に関する支援

* : 文部科学省からの受託事業(対象は原子力発電施設等立地地域)。

12

中性子利用技術移転推進プログラム ②

●支援実施状況

説明会・相談会

実施回数：**52回**
参加者数：**793名**

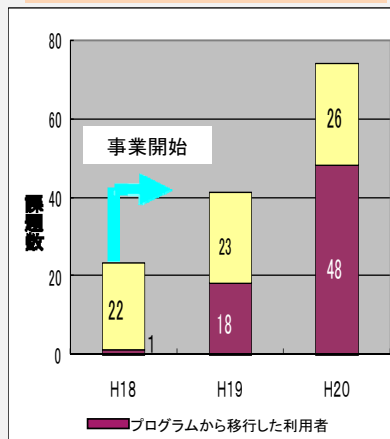


実験実施の支援

年 度	実験課題数	参加企業数
18	52	33企業
19	69	56企業
20	52	49企業
計	173	138企業 (126グループ)

●プログラムの成果

JRR-3産業利用課題数の推移



●本プログラム経験者の
37%が独自にJRR-3の
中性子利用実験を開始
(支援実施126グループ中47グループ)

●JRR-3における全産業利
用の課題数は3年間で
約3倍に増加
(H18年度23課題→H20年度74課題)

●成果非公開の研究及び
JAEA との共同研究等の
本格的な利用へ移行



先端的中性子利用技術の産
業利用創出・普及

13

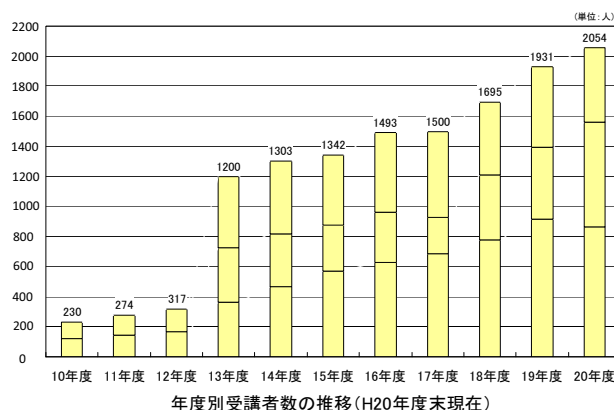
教職員セミナー

別添7

目 的 : 教職員の原子力や放射線に対する理解増進
研 修 内 容 : 各原子力分野の専門家による講義、及び実験実習、各種の原子力施設の
見学、教育現場での実践事例報告等を通じて、学校教育の実践に役立つ
原子力や放射線に関する知識や情報を見て、聞いて、触れて、学ぶ。
参加累積数 : 約13,300名(平成10年度から平成20年度末まで)

- 1) 基礎コース(初めての受講者を対象)
校種別に地域ブロック単位(全国9ブロック)で開催
- 2) 応用コース(既受講者を対象)
体験型: 原子力施設(臨界実験装置等)を用いて
実験の体験
実践型: 参加者の実践した原子力教育事例の共有化
地域型: 地域ニーズに沿ったテーマ

学習指導要領の改訂を反映して実施



* : 文部科学省からの受託事業

14

近隣アジア諸国の原子力技術者研修

研修名	対象国	受講者数	派遣講師等人数
講師育成研修 (平成8年度～) 各国の人材養成の中核となる教官に対する 放射線・原子力技術研修	インドネシア、タイ、 ベトナム	87名	10名程度／年
講師海外派遣研修 (平成9年度～) ・講師育成研修経験者のフォローアップ研修 ・各国との共催研修	インドネシア、タイ、 ベトナム	1,676名	5名程度／年
保障措置に係る研修支援 (平成8年度～) 旧ソ連等を含めた諸国の行政官、技術者を 対象にした核不拡散の研修	アジア諸国等	170名	1名程度／年

* 平成20年度末まで

J-PARCに関わる 茨城県の取り組み

中性子ビームラインの整備と産業利用の促進

平成21年12月8日

茨 城 県

大強度陽子加速器施設(J-PARC)

Japan Proton Accelerator Research Complex



○日本原子力研究開発機構, 高エネルギー加速器研究機構の共同プロジェクト

○事業費 第1期; 1,524億円 ※ H13年度事業着手

○整備状況 H20年12月 物質・生命科学実験施設稼働開始
H21年 2月 原子核・素粒子実験施設稼働開始
H21年 4月 ニュートリノ実験施設稼働開始
H21年 7月 J-PARC完成記念式典

科学技術と産業関連施設の集積

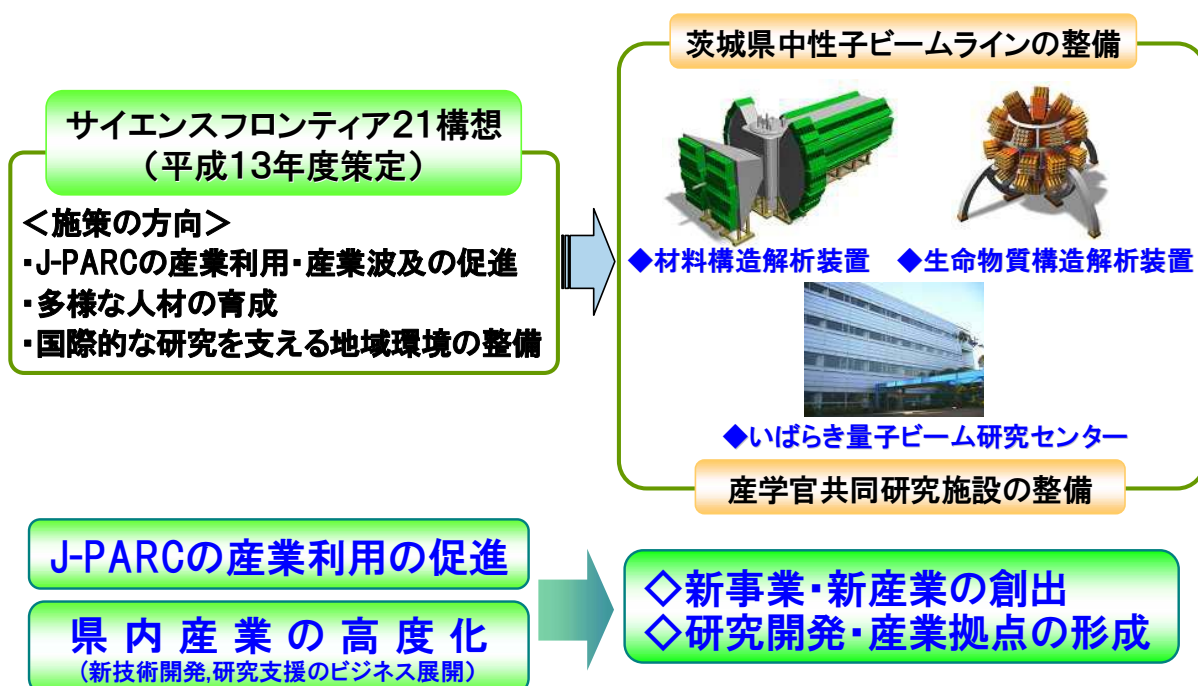
3



サイエンスフロンティア21構想の推進

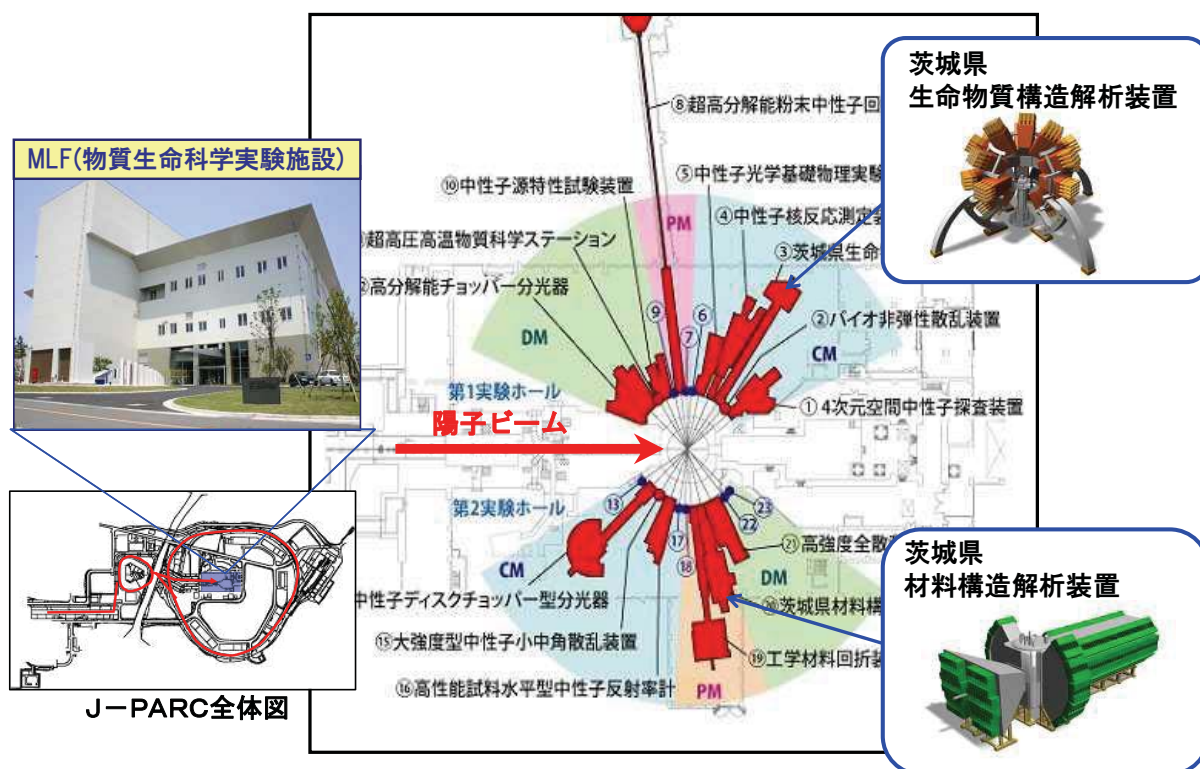
4

つくば、東海、日立、鹿島地区の連携強化を図り、大強度陽子加速器(J-PARC)を核とした一大先端産業地域の形成に向け、県中性子ビームラインを整備するとともに、中性子の産業利用を促進します。



J-PARC/MLFの中性子実験装置レイアウト

5



J-PARC/MLF 中性子実験装置一覧

6

BL	装 置 名	略称/通称	運用・整備状況	建 設 主 体
BL01	4次元空間中性子探査装置	4SEASONS	運用中	JAEA、KEK、東北大 (科研費)
BL02	バイオ非弾性散乱装置	DNA	予算化	JAEA(H23年度稼働予定)
BL03	茨城県生命物質構造解析装置	iBIX	運用中	茨城県
BL04	中性子核反応測定装置	NNRI	運用中	北大、東工大、JAEA (JST)
BL05	中性子光学基礎物理実験装置	NOP	調整中 ※	KEK (科研費)
BL08	超高分解能粉末中性子回折装置	SuperHRPD	運用中	KEK
BL10	中性子源特性試験装置	NOBORU	運用中	JAEA
BL11	超高圧中性子回折装置	検討中	予算化	東大、JAEA (科研費)、(H23年度稼働予定)
BL12	高分解能チョッパー分光器	HRC	調整中 ※	KEK
BL14	冷中性子ディスクチョッパー型分光器	AMATERAS	運用中	JAEA
BL15	大強度型中性子小中角散乱装置	TAIKAN	予算化	JAEA(H23年度稼働予定)
BL16	高性能試料水平型中性子反射率計	H-REF	調整中 ※	KEK
BL19	工学材料回折装置	TAKUMI	運用中	JAEA
BL20	茨城県材料構造解析装置	iMATERIA	運用中	茨城県
BL21	高強度全散乱装置	NOVA	調整中 ※	NEDO、KEK

設置可能なビームライン : 23本
 運用中 : 8本
 整備中(予算化・調整中) : 7本
 (H21年度末運用予定) : 4本※

中性子の特徴

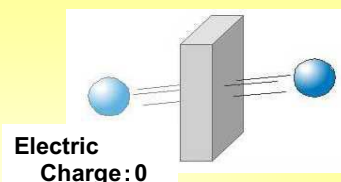
m 質量あり $m=1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$

N 電荷なし
透過性が高い 非破壊探索子

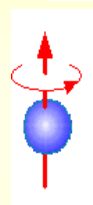
S スピン1/2を持つ
偏極中性子ビーム
核整列

M 磁気モーメントがある
 $\mu_n = -1.913 \text{ mN}$
マイクロ磁気構造、磁性の揺らぎ
磁性材料の開発

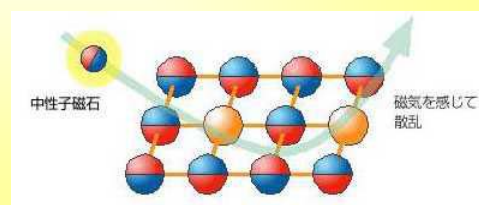
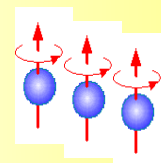
R 核反応する
即発 γ 線分析、検出器



Electric Charge: 0



Spin: 1/2

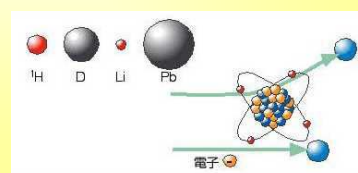
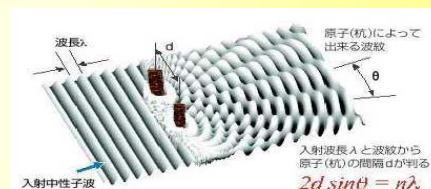
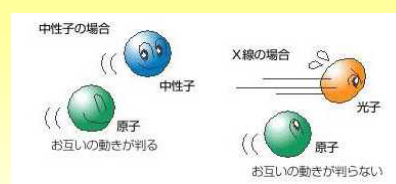


中性子の特徴

E 熱中性子エネルギーは
固体素励起と同程度
分子振動、格子振動モード、
原子運動力学

λ 波長は原子間隔と同程度
構造に敏感、結晶構造と原子配置
 $10^{-11} \sim 10^{-5} \text{ m}$ の範囲の構造決定

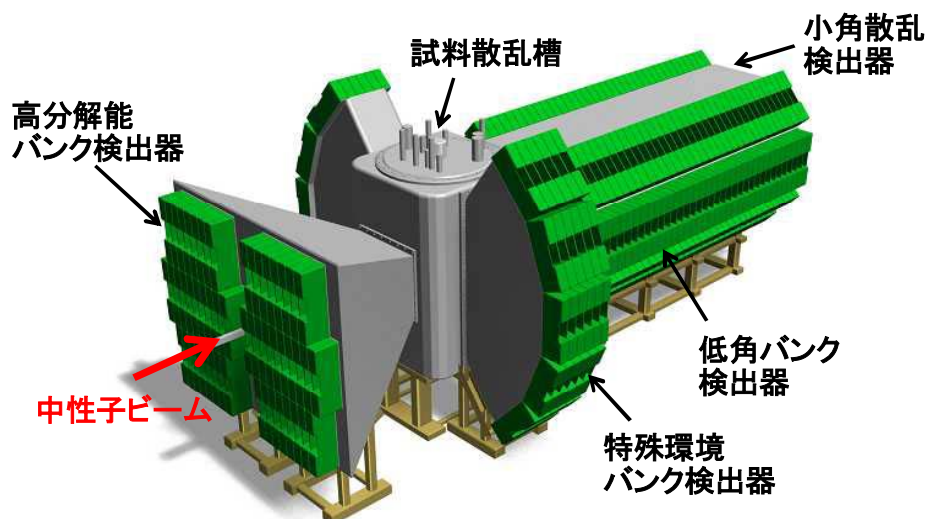
N 原子核を見る
軽原子に敏感(水素, Li)
同位体の違いが分かる
コントラスト法により複雑な分子
構造の解明可能



産業における中性子の適用対象と技術 9

産業分野	適用対象	適用技術
電機・電器	MRAM, 光磁気ディスク 磁気記録ヘッド, 液晶	粉末回折, 偏極回折, 反射率計
化学・繊維	ディスプレイ用機能性薄膜 高分子触媒, 機能性プラス チック, ゴム, 半導体素材 高張力繊維	反射率計, 小角散乱, 粉末回折, ドーピング
鉄鋼・金属	超高張力鋼, 燃料電池用酸素 貯蔵容器, Ti・Al合金, 磁石	小角散乱, 偏極回折, 残留応力, 集合組織
自動車・部 品	エンジン, 燃料電池, 自動車 部品	残留応力, 集合組織, 粉末回折,
重工・機械	発電プラント, 建設機械	残留応力, 集合組織
電力・ガス	発電プラント, 燃料電池	残留応力, 集合組織, 粉末回折
建設・土木	コンクリート構造, 橋梁	ラジオグラフィ
製薬・食 品・化粧品	薬品, 機能性食品, 機能性化 粧品	単結晶構造解析, 粉末回折

茨城県材料構造解析装置(iMATERIA) 10



目的

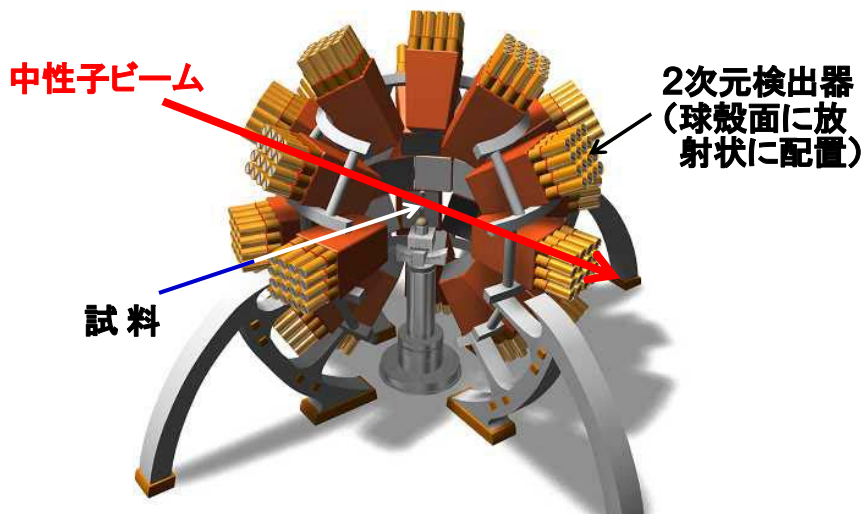
新規材料構造評価システムを開発
し高付加価値材料の創成を実現

応用例

・環境問題への貢献

- 高性能燃料電池の開発, 水素吸蔵材料の開発
- ・大容量小型電池の開発-Liイオン電池材料
- ・高密度磁気メモリの開発
- ・高温超伝導材料の開発-超伝導磁石
- ・生体用材料の開発

茨城県生命物質構造解析装置(iBIX) 11



目的

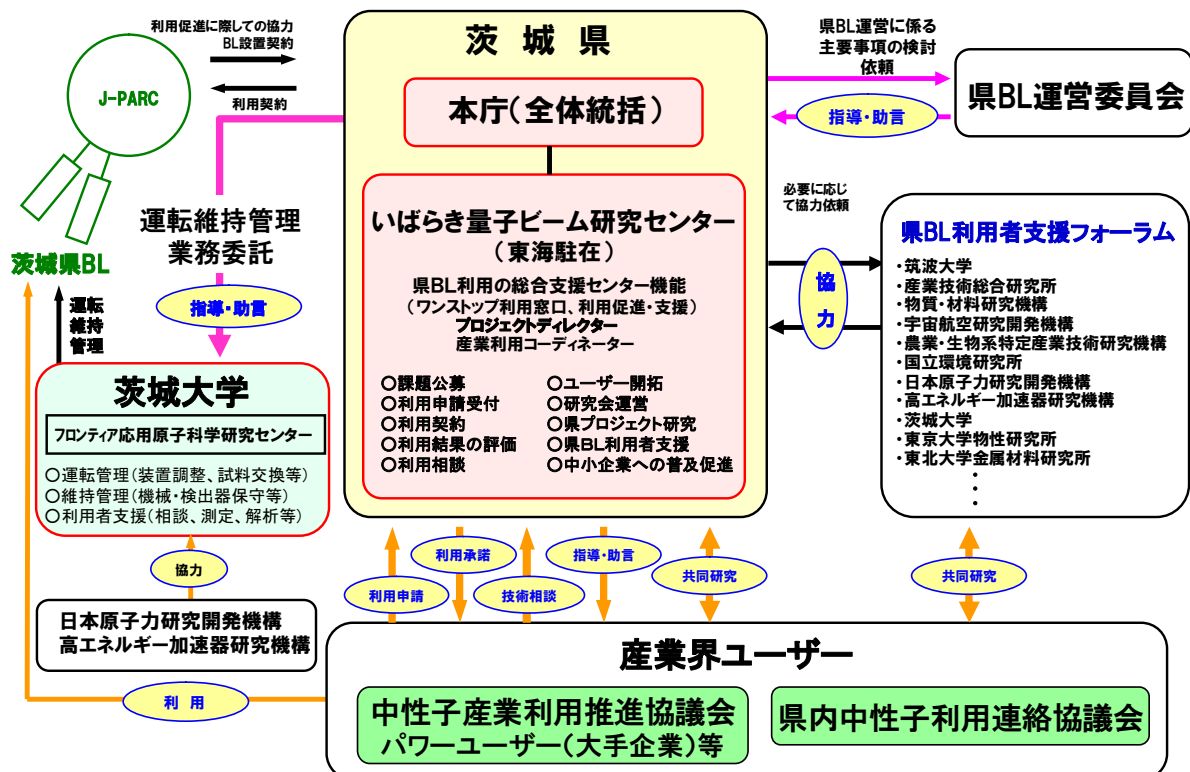
タンパク質等の機能・化学反応に寄与する水素・水和構造の解明

応用例

- ・タンパク質の機能を制御した新しい医薬品の開発
 - 難病治療の特効薬, 副作用のない薬
- ・生体高分子, 有機分子による機能性材料の開発
 - 生分解性材料, 発光プラスチック
- ・冷凍保存技術の開発
 - 冷凍食品, 移植臓器の保存
- ・環境浄化バクテリアの開発

茨城県ビームラインの運営体制

12



茨城県ビームライン運営の基本方針(1) 13

1. 産業界が利用しやすい運営システムの構築

- ① **利用者に対する支援スタッフの充実**
充実した技術相談、測定・解析支援スタッフの整備
- ② **使いたいときにすぐ使える利用システムの構築**
随時受付枠、緊急利用枠の設定
- ③ **秘密保持システムの構築**
産業界が安心して利用できるシステムの構築
もの(試料)・ひと・情報の厳格な管理
コンプライアンスの徹底 (倫理教育の実施)
- ④ **産業利用の促進**
トライアルユースの実施
メールインサービスの実施 (段階的に実施)
- ⑤ **運用実績を踏まえたフレキシブルな対応の実施**
ユーザー意見の適確な反映 (県BL利用者懇談会(仮称)の整備)

2. 県内企業に対する優遇措置

- ① **負担金額(利用料金)の割引**
- ② **優先的な利用の実施**
- ③ **充実した利用支援、技術支援**

茨城県ビームライン運営の基本方針(2) 14

【課題公募】

- 産業利用公募枠(随時受付枠、定期受付枠)、緊急利用枠
- 対象は産業界(財団法人、社団法人を含む)
- J-PARC課題公募と連携(J-PARCセンター、県ホームページ)

【課題受付】

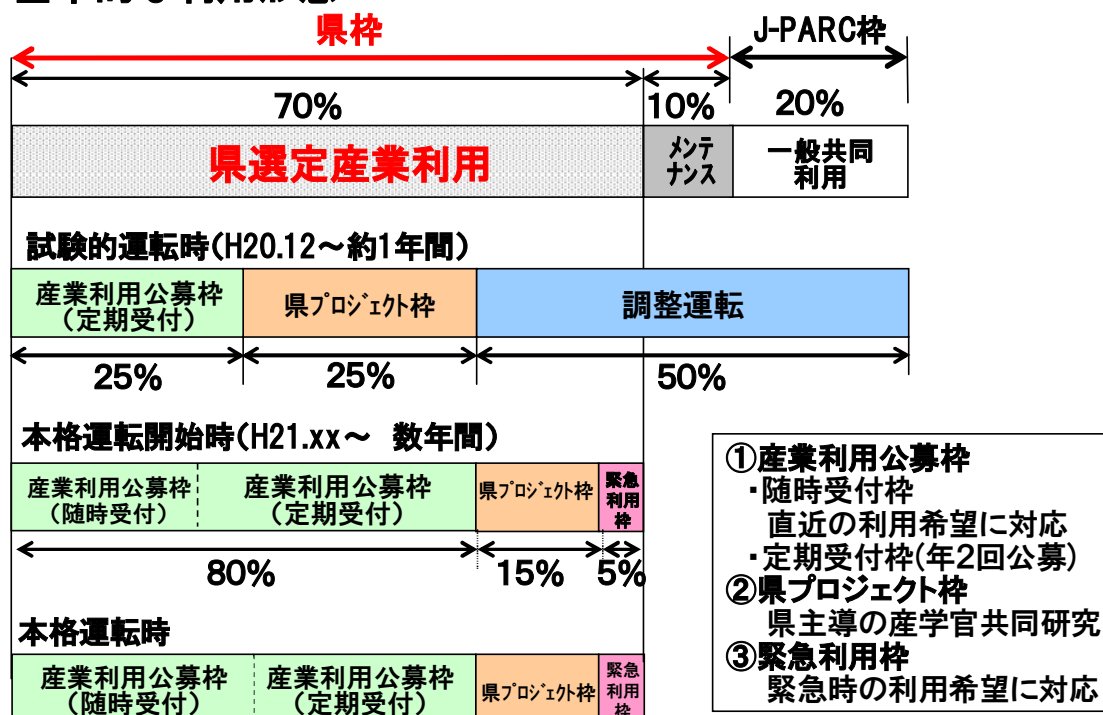
- J-PARCセンターと県が連携してユーザーズ・オフィスを運営

【課題審査・採択体制、ビームタイム(BT)割り振り体制】

- 審査：J-PARCセンターで実施(課題審査の一元化)
- 採択：県BL課題採択委員会で実施(県が利用可否を決定)
※判断基準 - 産業利用促進上の意義、県内産業利用の促進を重視
- BT割り振り：県BLビームタイム調整会議で実施(県がBT決定)

県BLのビームタイムと利用枠

基本的な利用形態



産業利用促進のための施策

1)中性子産業利用促進連絡会議

J-PARCセンター, JAEA, KEK, 茨城県, 放振協, 東大などが連携してPR活動

2)茨城県中性子利用促進研究会

材料構造解析研究会, 生命物質構造解析研究会, 中小企業利用研究会

3)中性子産業利用推進協議会

中性子実験施設利用企業が施設や国に対して提案するための組織

4)県内中性子利用連絡協議会

県内企業の中性子利用促進と関連産業育成に寄与するための活動組織

5)J-PARC/MLF利用者懇談会

中性子実験施設利用者の意見を反映するための組織

6)中性子産業応用セミナー

全国の企業の利用拡大を図るため全国の主要都市で開催

7)企業セミナー・技術相談会

パワーユーザを期待される企業を訪問して中性子産業利用技術を紹介

茨城県中性子利用促進研究会

- ・産学官によるセミナーや中性子モデル実験などを実施
- ・参加者(H21.11末現在)：412名(111社,37研究機関)

○材料構造解析研究会

統括者：森井幸生 茨城県ビームライン産業利用コーディネーター・
日本原子力研究開発機構客員研究員

装置責任者：石垣 徹 茨城大学教授

- 「多結晶材料の集合組織解析」分科会
- 「小角散乱法によるハードマターの微細組織解析」分科会
- 「中性子応用解析技術の高度化」分科会
- 「磁性材料・電池材料の構造解析」分科会

○生命物質構造解析研究会

統括者：大橋裕二 茨城県ビームライン産業利用コーディネーター・東工大名誉教授

装置責任者：田中伊知朗 茨城大学准教授

- 「創薬標的タンパク質の構造解析」分科会
- 「電子伝達タンパク質の構造解析」分科会
- 「分子間反応機構の解明」分科会

○中小企業利用研究会

統括者：林 眞琴 茨城県企画部技監

- 「量子ビームによる材料評価法」分科会
- 「界面構造評価法」分科会
- 「非破壊分析・評価法」分科会

中性子産業利用推進協議会

◆設立趣旨

全国の産業界が結集して、J-PARCなどの中性子の産業利用を推進するとともに、産業界が利用しやすい仕組みや施設の充実を施設や国などへ提案し、要望する

◆運営体制

会長：

今井 敬 新日本製鐵(株) 名誉会長

副会長：

庄山悦彦 (株)日立製作所 会長

内藤晴夫 エーザイ(株) 社長

瀧本正民 豊田中研(株) 代表取締役

運営委員会委員長：

中村道治 (株)日立製作所 取締役

顧問：

有馬朗人 武蔵学園 学園長

◆発起人

(株)日立製作所取締役 中村道治

茨城県知事 橋本 昌

J-PARCセンター長 永宮正治

■参画状況(H21年12月現在)

産 業 分 野	参 画 企 業
電機/電器	日立製作所, 東芝, 松下電器, 三洋電機
半導体/記録デバイス	富士通研究所, 日立マクセル
精密機器	リコー, キヤノン, セイコーエプソン
鉄鋼	新日鉄, JFE, 住金, 神鋼, 日新製鋼
金属/電線	三井金属鉱業, 日立金属, 住友電工
自動車/自動車部品/タイヤ	トヨタ, 豊田中研, 本田技研, 日産, デンソー 日本精工, GS17サ, プリヂストン, SRI開発
化学	三菱化学, 住友化学, 富士フイルム, 旭化成 日東電工, 三菱レイヨン, 日立化成, 三井化学 日産化学, 大日本印刷
繊維/ガラス	クラレ
電力	東京電力, 原子力安全システム(関西電力)
建設/土木	竹中工務店, 鹿島
コスメティックス	花王
製薬	エーザイ, 大塚製薬, 持田製薬
食品	サントリー, 味の素
分析	東レリサーチセンター, 日立E&S, 千代田テック
公的機関/団体	産総研, 理研, 物材研
合 計	53

県内中性子利用連絡協議会

中性子利用に関する技術情報，J-PARC活用成果，周辺機器開発等の情報提供や情報交換を通じて，県内企業の県ビームライン等中性子の利用促進を図ることにより，県内における中性子関連産業の育成に寄与するとともに，県内企業の技術高度化と新製品開発の促進に資する

設 立：H20年7月28日

会 員：195社(H21.11末現在，設立時65社)

会 長：河口雅弘 日本アドバンステクノロジー(株) 代表取締役社長

副会長：蓼沼克嘉(株)化研 代表取締役

荒井孝司(有)テクノエーピー 代表取締役

広報・啓発活動

○中性子産業応用セミナー

- ・平成17年度から，毎年2～3回県外の主要都市で開催
- ・H20年度実績 12月大阪市，2月さいたま市，浜松市
- ・H21年度計画 11月新潟県(三条市)，2月佐賀県(鳥栖市)
- ・内容：J-PARCと県の取組み，産業利用事例の紹介



○産業展・学会等へのブース展示

- ・H20年度実績(主なもの)
 - 6月 産学官連携推進会議(京都)
 - 8月 国際結晶学会(大阪)
 - 10月 神戸国際産業メッセ
 - 2月 国際ナノテク総合展(東京ビッグサイト)
 - 内容：ブース展示およびシンポジウム(講演とパネルディスカッション)
- ・H21年度実績・計画
 - 6月 産学官連携推進会議(京都)
 - 11月 MECA SENS V/QuBS2009(水戸)
 - 2月 nano tech 2010(国際ナノテクノロジー総合展)(東京ビッグサイト)
 - 内容：茨城県ビームライン利用成果報告会およびブース展示



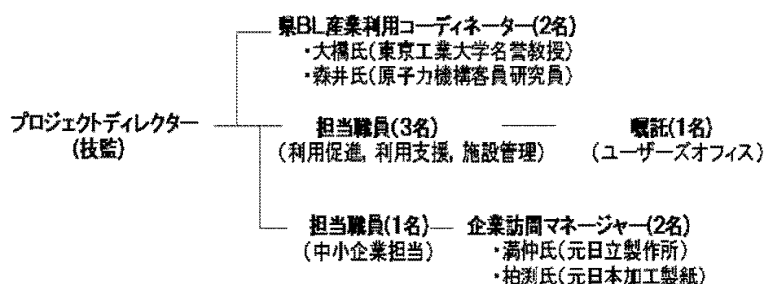
○企業セミナー・技術相談会

- ・全国の企業での出前説明会およびJ-PARC視察会・技術相談会の開催
- ・県BL産業利用コーディネーター(2名)を配置し，企業の幅広い技術相談に対応

いばらき量子ビーム研究センター

企業が様々な相談や技術支援等を受けられる総合窓口機能とともに、大学・研究機関・企業が研究，教育，交流ができる環境を提供

- ・所在地：東海村白方162-1(旧NTT茨城研究開発センタ跡地)
(敷地面積：24,089.69㎡)
- ・居室面積：貸出用6,480.52㎡，県利用1,335.97㎡ 合計7,816.49㎡
- ・施設内容：研究室，実験室，会議室，相談室，管理事務室
- ・オープン：H20年12月1日
- ・入居機関：茨城県，東海村，J-PARCセンター，
茨城大学，東京大学(原子力専攻，物性研究所)，筑波大学
物質・材料研究機構，中性子産業利用推進協議会



いばらき量子ビーム研究センター

茨城県ビームラインの課題採択状況

年次区分	装置区分	申請件数 A	採択件数 B	予備採択 件数 C	倍率 A/B	倍率 A/(B-C)
H20年度	iMATERIA	45	22	3		
	iBIX	10	10	0		
	計	55	32	3		
H21年度 上期	iMATERIA	30	26	10		
	iBIX	12	12	5		
	計	42	38	15		
H21年度 下期	iMATERIA	21	21	6		
	iBIX	4	4	1		
	計	25	25	7		
累 計	iMATERIA	96	69	19	1.39	1.92
	iBIX	26	26	6	1.00	1.30
	計	122	95	25	1.28	1.74

※ 「予備採択」：利用のキャンセルや装置調整状況によりビームタイムに空きが生じた際に利用可能となるもの(0時間採択)

重点的な取り組み

1. 茨城県ビームラインの機能高度化(H21～H24年度)
 - ・最先端の性能を維持するため利用者ニーズを踏まえた機器性能の高度化
 - ・試料周辺装置の整備や解析ソフトウェアの改良
2. 具体的な成果の早期創出
 - ・リチウムイオン電池材料開発のための構造解析
 - ・鉄鋼材料中のナノ析出物の構造解析と水素トラップサイトの解明
 - ・タンパク質やアミノ酸等の水素・水和構造の解明
3. 小型中性子源および関連装置の開発
 - ・産業利用および研究用回折・散乱装置用の中性子源の開発
 - ・地元企業の技術力を生かした中性子の産業・研究利用のための光学系・検出系製品の開発
4. 量子ビームの医療分野における活用
 - ・小型加速器中性子源を用いたホウ素中性子捕捉療法（BNCT）の研究開発

関係機関への要望事項

1. J-PARCのビーム出力1MWの早期実現と十分な運転時間の確保
2. J-PARCの利用料金の低廉化
3. 利用者の利便性を高める施設の整備と研究開発を支援するスタッフの充実
4. トライアルユース制度の拡充と量子ビームプラットフォームの構築推進
5. 高レベル放射性廃棄物の隔離期間を大幅に短縮する核変換実験施設の早期整備

日本医学放射線学会

群馬大学大学院医学系研究科
放射線診断核医学分野 教授
附属病院放射線部長

遠藤 啓吾

1

放射線を用いた病気の診断、治療

●放射線診断

CT, MRI, マンモグラフィ、単純X線（肺、骨）、
造影X線検査（胃透視）、超音波検査など

▪核医学（SPECT, PET）

▪IVR（インターベンショナルラジオロジー）

血管塞栓術、血管内治療、CTガイド下生検など

●放射線治療

2

今日の話題、課題

1. 放射線診断と医療被ばく
2. 放射線治療(アイソトープ治療)
3. 放射線治療(密封小線源治療)
4. 医療法と放射線障害防止法による2重規制
5. 育たないベンチャー企業
6. その他

3

画像診断の基本はエックス線CT

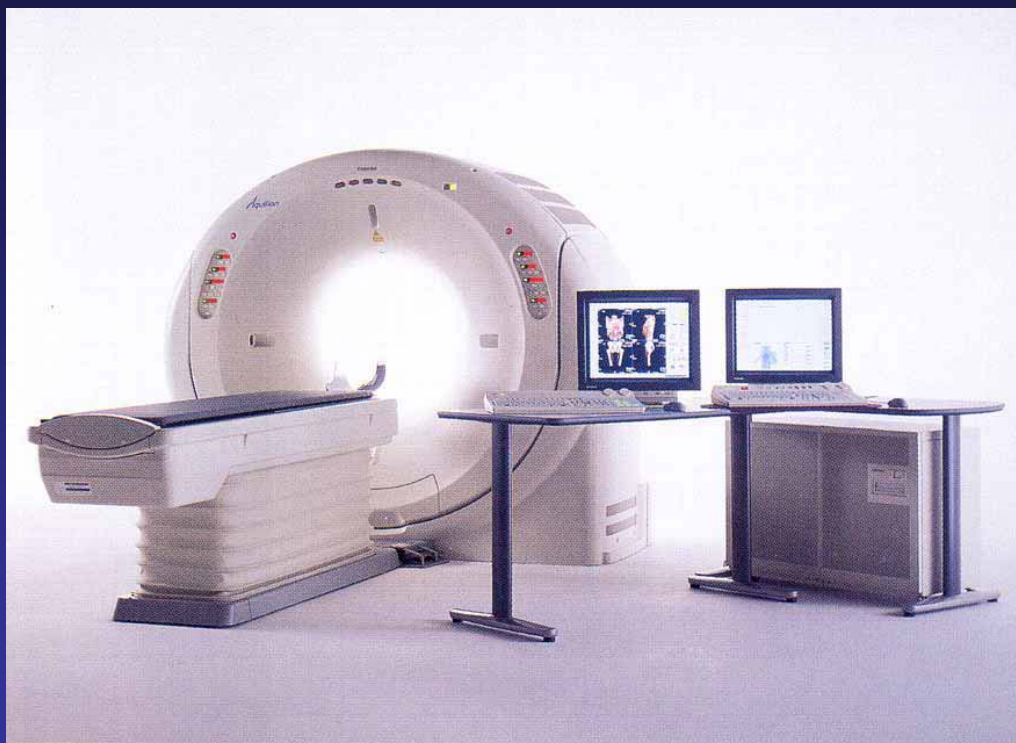
美しい画像

短い撮影時間(0.4秒／スライス)

➡ CT以降、断層画像が中心に
MRI,SPECT,PET,超音波検査など

➡ 画像処理技術が発達
冠動脈CT(心筋梗塞)
CT内視鏡(大腸癌)

4



東芝社製 CT

5



6



7

医療被ばくについて

CTによる被ばくは、単純X線の約300倍

CTが画像診断の基本

医療被ばくの多くはCTによるもの

OECD加盟26カ国中CT台数は、世界一

医療被ばくも世界一

1年間に延べ3千万人以上がCTを受けており、
今後さらに増加する。

しかしCTを診断する放射線科専門医数は最低

8

医療被ばくについての反論

医療被ばくの多い日本の平均寿命は世界一

利益の方が多いのではないか？

50mSv以下の被ばくによる発がんのエビデンスがあるか？

患者はCT撮影を希望する。CT撮影により収入増
杏林大学病院での割り箸事故などのようにCTを行
ないと医療訴訟になる？

9

学会としての取り組み

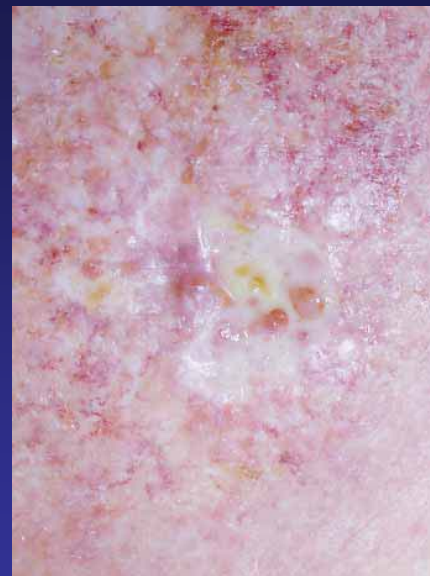
- 放射線科専門医の更新には、医療被ばく講習の受講を義務化
- 医療被ばくの多いCT、IVRの50%以上は、他科の医師により行われており、他科の医師に対する医療被ばくの教育が不十分。

10



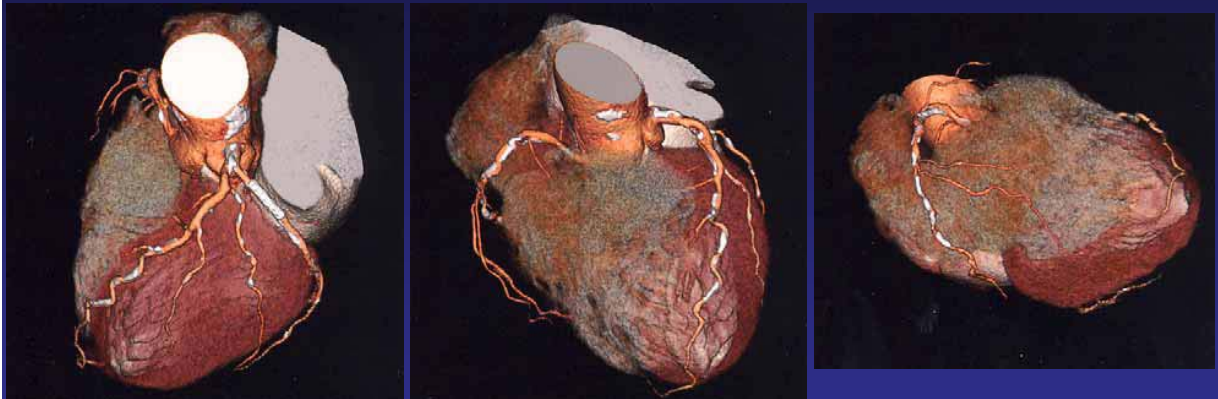
(東芝)

11



心筋梗塞に対するIVR治療に伴った放射線皮膚炎

12



冠動脈CT: 心筋梗塞の診断

13

医療被ばくについて

- 日本よりも欧米の方がはるかに医療被ばくに敏感
- Radiation safety, 医学物理士という職種がある。
- 日本放射線技師会より単純X線写真を含むすべての放射線診断の線量記録を義務化する案が提案された。しかし少ない線量の放射線診断を含む全ての放射線診断を記録する必要性は？
線量の多いCT, IVRの線量記録を義務化する方が現実的だが、可能か？

14

放射線診断専門医について

放射線科専門医 約5,000名

放射線診断専門医 4,000名強

放射線治療専門医 1,000名弱

米国では約35,000名の放射線診断専門医。
毎年2,000名が新しく専門医に。日本は毎年200名強。
しかし産科、小児科、麻酔科など異なり、放射線診断
専門医不足は話題にならない。

15

放射線治療

放射線を利用した病気の治療

高エネルギーX線(放射線発生装置)

陽子線治療、重粒子線治療

密封小線源治療(放射線照射器具)

ガンマ線を利用

RI内用療法(非密封RI)

ベータ線、外国ではアルファ線も利用

16

甲状腺のRI内用療法(アイソトープ治療)

- バセドウ病のアイソトープ治療

I-131 222MBq(6mci)以上を経口投与
平成10年の厚生省課長通知により I-131
500MBq (13mCi) まで外来治療できるようになり、RI治療患者数は増加。

- 甲状腺癌のアイソトープ治療

I-131 3.7GBq(100mCi)以上を経口投与

17



バセドウ病のI-131治療 (6mCiを経口投与)

18

甲状腺癌のI-131治療

多くの場合3.7GBq(100mCi)以上投与し、患者をRI治療病室に500MBq以下になるまで収容。

しかしRI治療ベッドが足りない。

3~6ヶ月の入院待ち。一部は外国で治療を。

理由；厳しい放射線管理

排気、排水設備など膨大な投資が必要で、採算が全くあわない。RI治療病室(国公立病院が主)は158ベッド/64病院に減少。

欧米なみの放射線管理にならないのか？

19



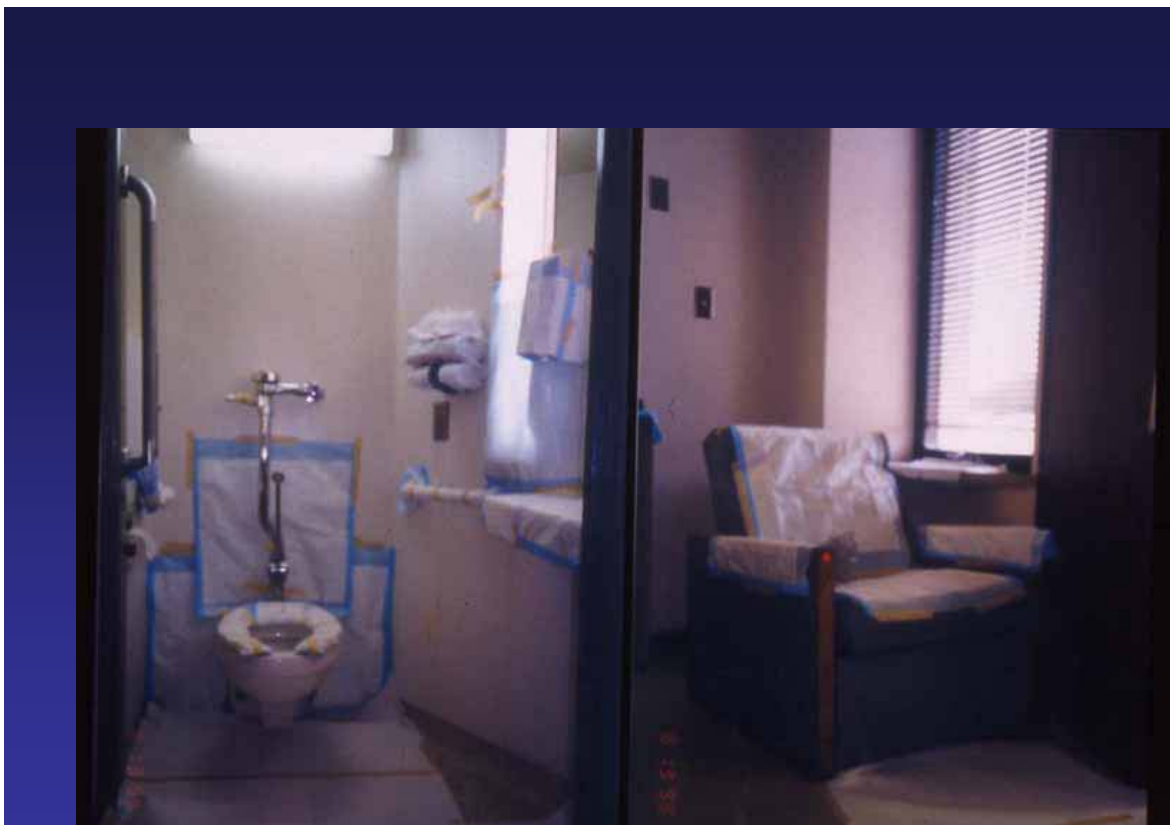
オランダ

20



群馬大学

21



米国

22

RI内用療法の進歩

ベータ線のみを放出する

Sr-89（癌の骨転移による痛み）

Y-90（悪性リンパ腫）

が新しく認可され、多くの病院で使われるようになった。

理由；I-131に比べてベータ線の放射線管理が容易

一般病室、外来で治療可能

欧米ではアルファ線による治療の臨床試験が行われているが、日本ではアルファ線の動物実験ができない

23

Y-90オクトレオタイドによる消化管ホルモン 産生腫瘍（神経内分泌腫瘍）の治療

Y-90あるいはLu-177標識オクトレオタイドによるアイソトープ治療が欧米で行われているが、日本では行われていない。しかし患者はインターネットにより情報を集め、外国で治療を受けることを望み、イタリア、スイスで治療を受けている。

なぜ日本で治療を受けられないのか？

理由；薬事法による厳しい放射性医薬品の審査
診断薬In-111オクトレオタイドが認可されていないのは日本だけ。

24

放射性医薬品の臨床治験

原則として薬事法と医療法により行う。しかし
治験薬の輸送は薬事法と放射線障害防止法（障
防法）による。

放射性医薬品の臨床治験は、薬事法、医療法、
障防法の3重規制。

臨床治験を行えるのは、

障防法許可医療施設 80施設

（核医学診療施設は約1,100施設）

25

医療法と放射線障害防止法

病院の放射線医療の多くは医療法により行
われているが、一部は医療法と放射線障害
防止法のふたつで放射線管理されている。

昭和63年の閣議において、ふたつの一元化
を決定され、かなり改善された。しかし

26

医療法と放射線障害防止法による 2重規制の現状

例1 PETカメラに装備されているGe-68密封小線源
障防法による届け出が必要。

例2 前立腺癌のI-125密封小線源永久挿入療法
障防法による届け出が必要。
米国から輸入し最近行われるようになった。
米国では前立腺癌治療の1/3が本法により
行われており、日本でも急増している。

例3 放射線治療病室

27

群馬大学病院における前立腺癌に対する I-125密封小線源永久挿入療法

米国ではI-125線源0.3mCiとして販売されている

群馬大学では11.1MBqとして届け出

企業は11MBqとして販売

I-125線源を入手できず、再申請、治療を延期

患者から強いクレーム

28

ほとんどない放射線医療関連 ベンチャー企業

日本では放射線医療関連のベンチャー企業が
まったく育っていない

ベンチャー企業がなぜ育たないのか
厳しい放射線管理、薬事法
国際的な整合性を
日本のLocal rule でなく Global standard で

29

その他

Mo-99, Tc-99m 供給制限

ヨーロッパでは、医療用原子炉の建設計画が
すすんでいる。日本では？

RI 医療廃棄物

医療で用いる非密封RIは、すべて半減期60日
以内の短半減期。

➡ 早く何とかならないか？

30

まとめ

1. CTなど放射線医療機器の台数が多い。しかし放射線診断専門医不足により十分生かされていない。
2. 医療被ばくについて、国民、医師の関心は低い。
3. RIの医学利用、特に病気のRI治療は、薬剤の認可制度、放射線管理の問題から欧米から大きく遅れている。
4. 放射線医療関連のベンチャー企業がまったく育っていない。
5. 放射線管理が厳しい。国際的な整合性が望まれる。

原子力機構における放射線利用 —量子ビームテクノロジー研究開発の概要—

平成21年12月10日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

理事 岡田 漱平

1

はじめに①: 原子力機構の主な放射線、RI利用施設



2

原子力政策大綱

3-2-2 各分野における進め方

放射線は基礎研究や様々な科学技術活動を支える優れた道具として重要であり、引き続き我が国の科学技術や学術水準の向上に資する活動において積極的に利用されるべきである。量子ビームテクノロジーは、今後、ナノテクノロジーやライフサイエンス等最先端かつ重要な科学技術・学術分野から、医療・農業・工業等の幅広い産業までを支えていくことが期待されている。

環境・エネルギー:

- ・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
- ・貴金属フリーな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



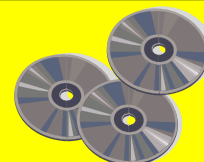
生命科学・先進医療・バイオ技術:

- ・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
- ・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
- ・バイオ農業・肥料、環境浄化植物の開発 など



物質・材料:

- ・水素社会で必須の燃料電池材料・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



量子ビームフロンティア:

- ・光速飛翔鏡による新たな量子ビーム源開発
- ・宇宙誕生の謎に迫る強誘電性氷の研究 など

3

科学技術分野

原子力政策大綱

3-2-2 各分野における進め方

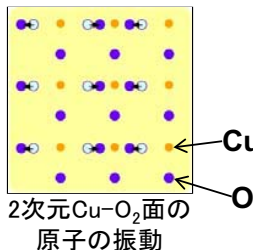
量子ビームテクノロジーは、ナノテクノロジーやライフサイエンス等最先端かつ重要な科学技術・学術分野を支えていくことが期待されている。

4-1-1 基礎的・基盤的な研究開発

RI等を利用した放射線利用研究や量子ビームテクノロジーに関しては、革新技術の探索や新しい利用分野を開拓する研究、原子力以外の広範な分野での利用を開発する研究等を着実に推進することが必要である。

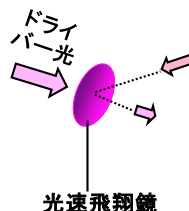
中性子 放射光

高温超伝導機構の解明研究



放射光と中性子を用いた観察により、高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ で、結晶格子の異常な振動や歪が超伝導に関与していることを発見

光子 光速飛翔鏡による新たな量子ビーム源開発



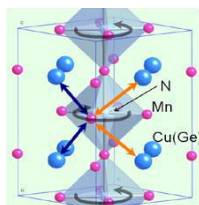
ガス中へのレーザー照射で生成した光速で飛ぶ電子の塊(光速飛翔鏡)に別のレーザーを照射すると、波長とパルス幅が圧縮されることを実証

⇒アト秒パルスX線発生の可能性

中性子 放射光

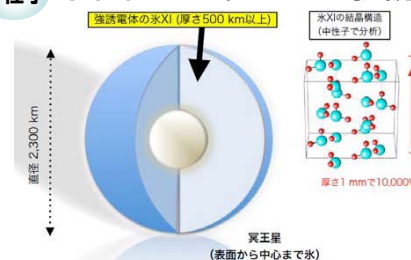
負の熱膨張の要因となる局所ナノ構造の解明研究

パルス中性子回折、広域X線吸収微細構造(EXAFS)解析等により室温で世界最大の負の熱膨張を示すマンガン化合物($\text{Mn}_3\text{Cu}_{1-x}\text{Ge}_x\text{N}$)において、格子歪みにより負の熱膨張が生じることを世界で初めて解明



Mn_3N 八面体の回転によって歪んだMn化合物の結晶格子

中性子 宇宙誕生の謎に迫る強誘電性氷の研究



⇒宇宙進化の機構解明への可能性

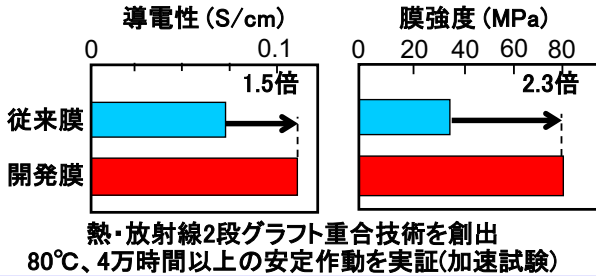
4

原子力政策大綱

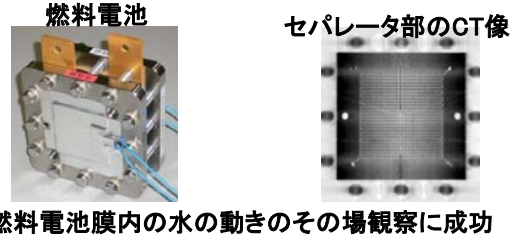
3-2-2 各分野における進め方

・放射線による新材料の創製技術や新しい加工技術・測定技術等の研究開発成果が産業界で効果的に活用されるよう、これらを周知する活動を強化することが重要である。このため、研究協力の推進や円滑な技術移転を進めるための民間による先端施設の利用等の産学官の連携・協働活動を一層推進するべきである。

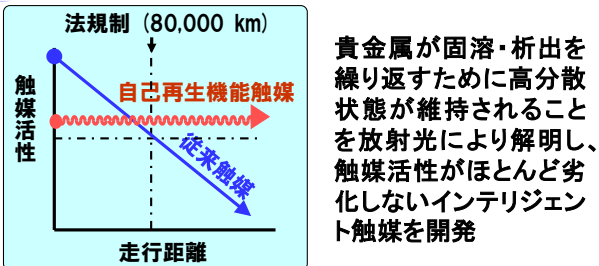
ガンマ 電子 燃料電池用高耐久性電解質膜の開発



中性子 中性子による透視(ラジオグラフィ)で燃料電池の機能解析



放射光 自己再生機能を持つ排気ガス触媒の開発



中性子 放射光 中性子・放射光を用いた工業材料の応力解析



残留応力解析用中性子回折装置等を用いて産業界のニーズに対応

5

原子力政策大綱

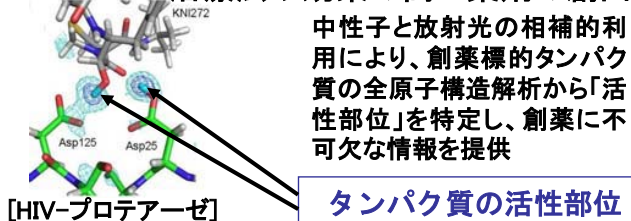
3-2-2 各分野における進め方

・放射線医学の研究開発成果に基づく患者の負担が少ない放射線治療についての情報が医療や医学教育の現場において広く共有・教育され、適正な放射線治療が普及していくよう、所要の措置を講じるべきである。

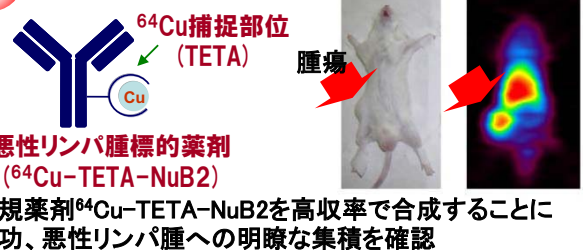
4-1-2 革新的な技術概念に基づく技術システムの実現可能性を探索する研究開発

・量子ビームテクノロジーについても、小型加速器がん治療システム等革新的技術概念に基づく技術システムの開発に同様の考え方で取り組むべきである。

中性子 放射光 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

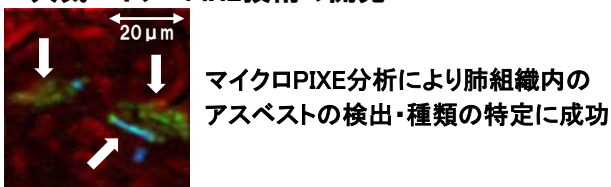


イオン 新規がん診断・治療用RIの開発



イオン イオンマイクロビームを用いたアスベスト肺診断技術の開発

大気マイクロPIXE技術の開発



光子 レーザー駆動粒子線加速器の実現・放射線治療の高度化



レーザー駆動粒子線を用いることにより、超小型で局所照射が可能な陽子線照射治療装置の開発を目指した研究

⇒20MeV加速に成功

6

原子力政策大綱

3-2-2 各分野における進め方

・農業分野の利用活動のうち放射線育種については、国民生活の水準向上や産業振興に寄与できる品種の作出を目指し、技術開発及び事業を引き続き推進していくべきである。

イオン 遺伝子資源開拓・イオンビーム育種技術開発



無側枝性
輪ギク(新神2)

新花色
(ヴィエント・
フラミンゴ)

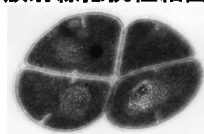


NOx高
吸収化
ヒメイタビ

イオンビームやガンマ線を利用して、植物の新しい品種を開発

イオン DNA損傷・修復機構の解明

放射線抵抗性細菌



放射線損傷修復機構
の解明研究

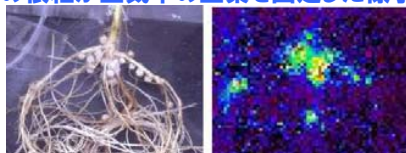


高性能DNA修復試薬

イオン ポジトロンイメージングによる植物機能の定量的解析

¹³N標識窒素ガスの迅速な製造・精製・投与法を開発し、共生的窒素固定の画像化に初めて成功

ダイズの根粒が空気中の窒素を固定した様子の可視化



ガンマ 電子 海産資源の放射線加工による植物活力剤開発



海産資源(かに
殻)の有効利用



シクラメンなどの花卉や
ゴルフ場の芝に有効

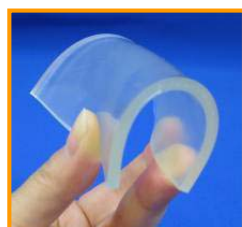
7

原子力政策大綱

3-2-2 各分野における進め方

・放射線を利用した環境浄化技術や有用金属捕集材の製造技術については、国は技術の高度化を進めるとともに、その実用化に取り組む者を適切に支援していくべきである。

ガンマ 電子 植物由来のカーボンニュートラル材料の開発



電子線やガンマ線を利用して、分子間に橋かけ構造を導入し、曲げても折れない、熱に強い優れた特性を持つ高分子材料の研究開発

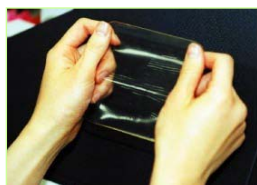
ガンマ 電子 環境浄化や有用資源回収に有用な高性能金属捕集材の実現



海水からのウラン捕集

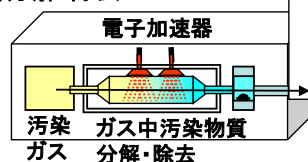
希少金属や有害金属だけを選択的に吸着できる分子を放射線を利用して基材に結合させ、環境浄化や有用資源回収に役立つ高分子材料を開発

ガンマ 電子 ガンマ線や電子線を利用した橋かけ技術でハイドロゲル創傷被覆材の実用化



電子 環境汚染物質の浄化プロセスの開発

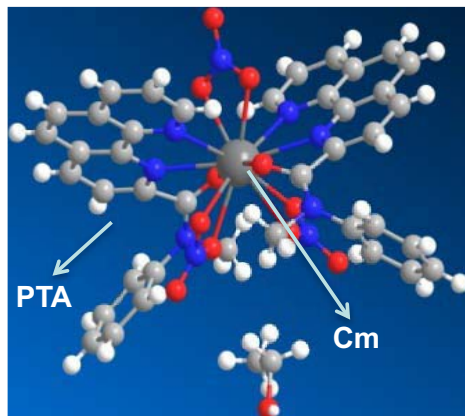
電子ビームによりダイオキシン等を分解・除去



8

放射光

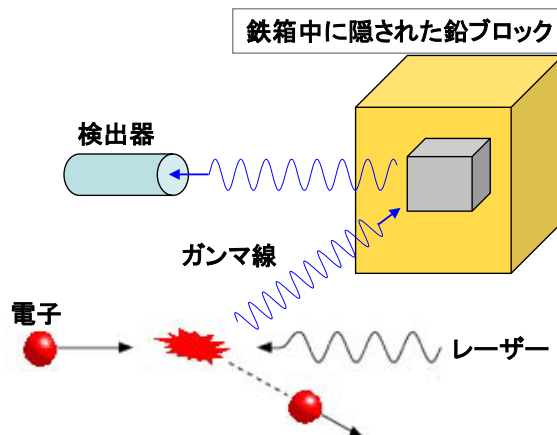
画期的な再処理プロセスを目指した
分離抽出剤の開発



PTA-Cm錯体

アクチノイドイオン認識化合物としてフェナントロリンアミド (PTA)を創製。再処理・高レベル廃棄物処理におけるステップ数の簡素化に向けた研究開発

ガンマ光子 非破壊・非接触の診断技術の開発



放射性廃棄物の処理処分、核燃料サイクルの計量管理などに向けて、レーザーコンプトンガンマ線による非破壊分析法を研究開発

9

社会・国民に支持され、成果を還元する科学技術を目指し、説明責任と戦略性を一層強化していくため、質の高い研究を層厚く生み出す人材の育成、科学技術の発展と絶えざるイノベーションの創出に向けた戦略的な研究開発の推進、研究成果の社会還元に向けた取組みの強化が必要

○留意点

- ・研究開発を進めるに当たっては、新しいシーズを創出するための挑戦的な基礎的研究と社会のニーズを的確に把握した応用研究を戦略的に推進し、継続的かつ効率的な研究成果の社会・国民への還元を図る。
- ・世界最先端の量子ビーム施設、量子ビーム技術を研究ニーズに応じて継続的に発展させるとともに、それらを最大限に活用した先進的な研究開発を推進する。
- ・基礎的研究では、大学や研究機関との研究協力や人的交流等の連携を強化し、量子ビーム利用によるシーズ探索を積極的に展開する。
- ・応用研究では、地域や産学官連携の取組みを強化して、新しいニーズを掘り起こすとともにニーズを的確に反映した応用研究を推進し、技術移転等を通して研究成果を効率的、効果的に社会に還元する。

10

J-PARCの原理と特徴

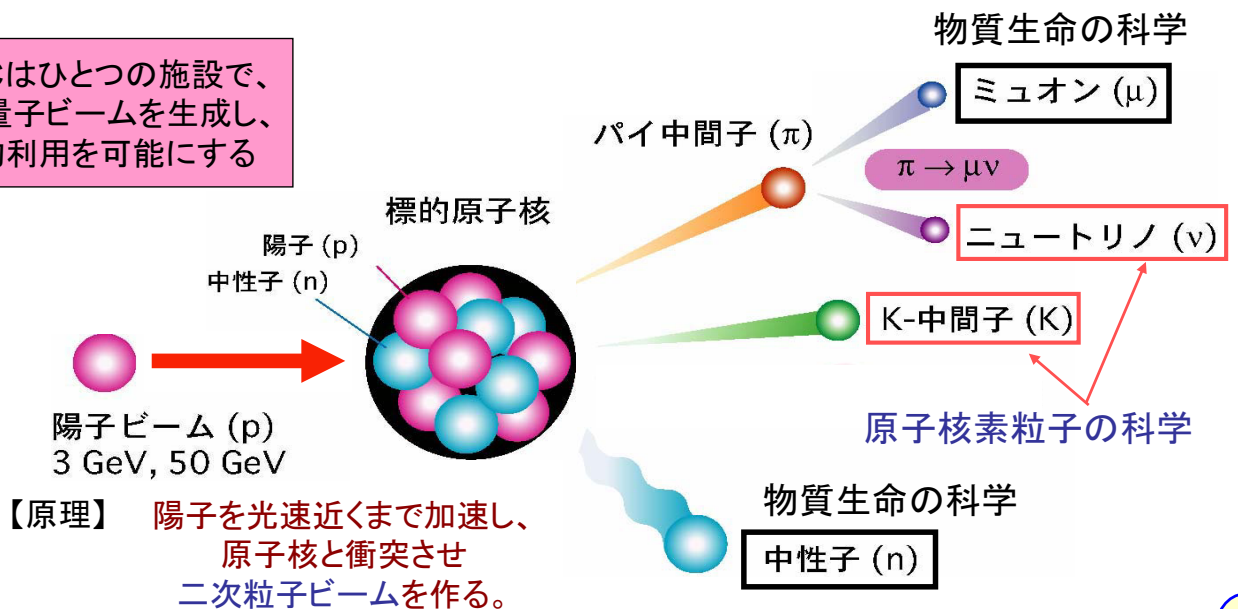
原子力政策大綱

1-2-9 放射線利用

・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「量子ビームテクノロジー」と呼ぶべき技術領域が形成されてきている。これらの技術は、様々な科学技術水準の飛躍的向上に寄与することが期待されている。

【特徴】

J-PARCはひとつの施設で、様々な量子ビームを生成し、多目的利用を可能にする



11

J-PARCの建設

原子力政策大綱

3-2-2 各分野における進め方

・国は、大強度陽子加速器といった世界最先端の量子ビーム施設・設備を我が国の基幹的な共通科学技術インフラとして整備していくことに継続して取り組む

【成果】

- ・順調に稼働開始
- ・現在120kWの陽子ビームを出力
- ・今年度前期で126課題、延べ1165人のユーザが利用した

【課題】

- ・更なるビームラインの整備
- ・ユーザサポートの充実
- ・ビーム強度の増力



12

最高分解能の中性子源の実現

原子力政策大綱

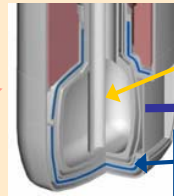
3-2-2 各分野における進め方

・国は、大強度陽子加速器といった世界最先端の量子ビーム施設・設備を我が国の基幹的な共通科学技術インフラとして整備していくことに継続して取り組む



中性子源全体図

最高性能のモデレータ



超臨界水素領域

中性子ビーム

新開発のAICデカプラ層
(青い部分)

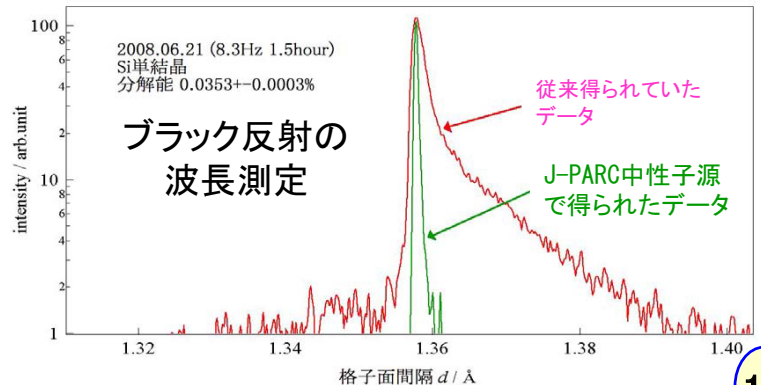
AIC = Ag, In, Cd の略

【成果】

- ・世界で最も単色性の高い中性子ビームの出力に成功し、分解能の要求される複雑系分子(例: フラーレンの動的性質)の研究を可能にした。

【課題】

- ・他のモデレータも駆使した、更なる中性子源の高性能化



13

幅広い国際競争力の確保

原子力政策大綱

3-2-2 各分野における進め方

・国は、大強度陽子加速器といった世界最先端の量子ビーム施設・設備を我が国の基幹的な共通科学技術インフラとして整備していくことに継続して取り組む

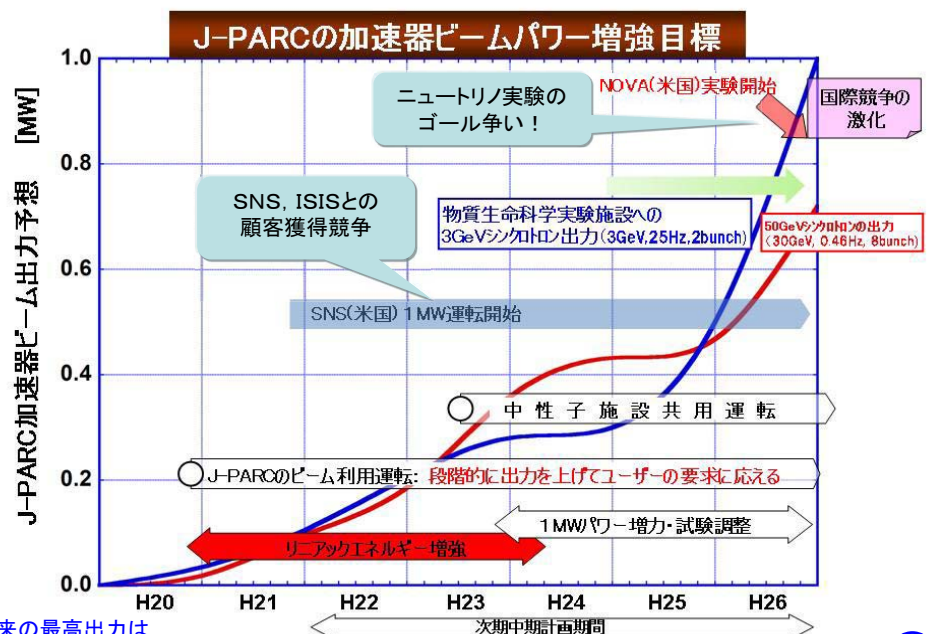
【課題】

- ・効率的な多目的利用に不可欠なビームパワー増強
- ・先端物理探究の競争勝利に不可欠なビームパワー増強

継続的に行う
加速器の高性能化と
低放射化技術開発が
不可欠

リソースの確保

(予算の不足。
物理系人材は得られるが、
施設改良や維持に不可欠な
工学系人材の確保に難)



14

原子力政策大綱

4-2 大型研究開発施設

- ・国は、施設が多くのユーザに開放されるべきものとして、施設を利活用するユーザの利便性の向上や、様々な研究分野のユーザが新しい利用・応用方法を拓きやすい環境を整備する。

魅力的な照射試験の提案

新技術の開発、近隣の照射後試験施設群の活用等により、技術的価値の高い照射データを提供

ユーザーフレンドリーな運営

技術支援体制の充実等により、多くの利用者にとって使いやすい環境を実現

原子力政策大綱

4-4 日本原子力研究開発機構の発足と原子力研究開発

- ・原子力研究開発機構には、施設の供用を通じて、我が国の原子力研究開発活動に寄与することが求められる。

軽水炉利用の長期化対策

- ・現行軽水炉の高経年化対策
- ・次世代軽水炉の開発

科学技術の向上

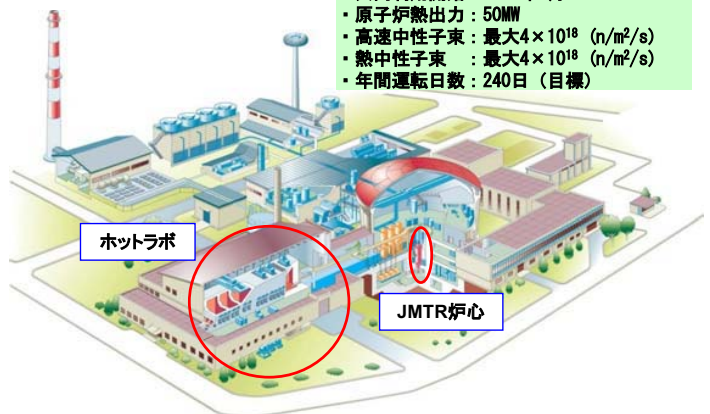
- ・核融合炉用材料、機器等の開発
- ・高温ガス炉用燃料・材料の開発
- ・原子力エネルギー基盤研究等

産業利用の拡大

- ・シリコン半導体の製造
- ・医療診断薬の⁹⁹Mo製造等

原子力人材育成

JMTRの概要



- ・臨界年 : 1968年3月
- ・共同利用開始 : 1971年7月
- ・原子炉熱出力 : 50MW
- ・高速中性子束 : 最大 4×10^{18} (n/m²/s)
- ・熱中性子束 : 最大 4×10^{18} (n/m²/s)
- ・年間運転日数 : 240日 (目標)

今後の課題ー研究炉におけるMo-99等のRI製造

- JMTRを用いてMo-99製造のための照射装置を新たに設置する必要があるが、そのための費用は運営費交付金では手当てできず、利用者が負担することとなっている。このため、Mo-99製造をする際の課題の一つとして利用者からその資金負担があげられている。
- 国内での安定した供給を図るために、JMTRとJRR-3といった研究炉の定期検査などによる停止期間を調整することが必要である。また、近隣アジアの試験研究炉とのネットワークにより、安定した供給網を構築することが必要である。

15

研究施設等廃棄物※埋設事業

※研究施設等から発生する低レベル放射性廃棄物

原子力政策大綱

2-3-2 管理処分を行う放射性廃棄物

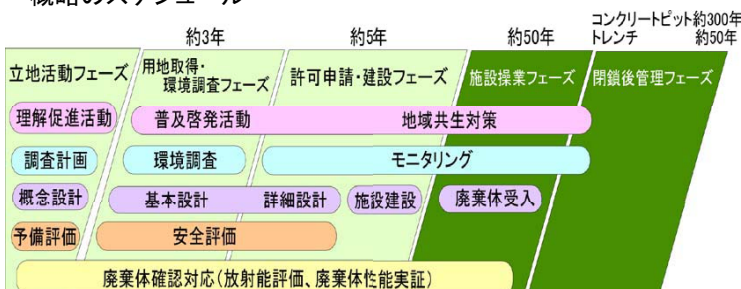
- ・(余裕深度処分の・・・、速やかに安全規制を含めた制度を検討)
- ・研究所等廃棄物、TRU廃棄物及びウラン廃棄物の安全規制制度の準備状況を踏まえて、処分の実施に向けて取組むべき
- ・(処理処分は発生者や発生源によらず性状に応じて一元的になされることが効率的かつ効果的である・・・処理処分することが可能となるように諸制度を運用)

○改正機構法により、埋設事業の実施主体として当該廃棄物の処分事業を推進

- ・研究用原子炉、核燃料使用施設、RI使用施設等の廃棄物を埋設処分する計画
- ・処分方法はトレンチ処分、ピット処分(総費用は約2000億円、積立金制度創設)

○埋設処分業務に係る実施計画の認可(H21.11)を受け、埋設施設の設計等処分事業着手

概略のスケジュール



処分場概念



16

○原子力施設の安全の維持・向上

原子力施設の安全確保を最優先に業務を推進するとともに、原子力安全監査、マネジメントレビュー(MR)等の実施に加え、法令遵守や安全文化の醸成活動を通して安全最優先のマインドを培い、自律的かつ継続的な改善を推進。



○一般安全や環境配慮への取組み

安全最優先のマインドのもと、職場のリスクアセスメント、各種保安教育、安全衛生パトロール等を実施。

- 全国安全週間(7月)、全国労働衛生週間(10月)及び年末年始無災害運動(12月～1月)等を通じて安全活動を展開。
- 2008年4月から2009年3月までの環境配慮活動について、環境報告書を取りまとめ。



○放射線安全への取組み

作業者の被ばく管理、施設内の放射線管理、施設からの排気・排水管理、環境モニタリングを実施。

○「放射線管理検討会」を設置し、機構としてより良い日常管理ができるよう、放射線管理のあり方について、常に検討・改善。



○原子力災害に備えた取組み

万一の場合に備え、各種訓練の実施、通報連絡体制・機材等を整備。

○機構は災害対策基本法、武力攻撃事態対処法の指定公共機関として、国、地方公共団体及び防災関係機関が進める防災活動に対する技術的支援を行うため、支援・研修センターを設置し、各種訓練・教育等を実施。



17

共同研究

(民間企業、大学、地方自治体、公的研究機関)

共同研究件数

年度	17	18	19	20
件数	126 (64)	242 (53)	221 (55)	234 (73)

括弧内は民間との共同研究数

共同研究相手方:

民間: 日立製作所(株)、日産自動車(株)、協和発酵キリン(株)等
大学: 東大、京大、阪大、東北大、茨大、群大等
研究機関: 物材機構、理研、JAXA、群馬県農業技術センター等

地域連携

茨城県中性子利用促進研究会

中性子の産業利用の有効性や研究開発手法の検討などの活動を通じた利用促進(平成16年度開始、継続中)

地域結集型共同研究事業

家畜排泄物のエネルギー転換及び資源化(平成17年度開始、継続中)

地域新生コンソーシアム研究開発事業

温泉水中のスカンジウム捕集に関する研究開発(平成18年度開始、19年度終了)

光医療研究連携センター

「光医療産業バレー」拠点創出(平成19年度開始、継続中)

技術移転に向けた展開

特許出願67件、登録44件、実施特許30件(平成20年度)

遺伝子資源開拓・イオンビーム育種技術開発

イオンビームやガンマ線を利用して、植物の新しい品種を開発

有用資源捕集材の開発

温泉水からの高効率スカンジウム捕集を実証

施設共用

先端研究施設共用イノベーション創出事業

放射光を利用したナノ構造・機能の計測・解析(平成19年度開始、継続中)

先端研究施設共用促進事業

明日を創り、暮らしを守る量子ビーム利用支援事業(平成19年度開始、継続中)

研究用原子炉JRR-3の中性子利用による施設共用促進(平成21年度開始、継続中)

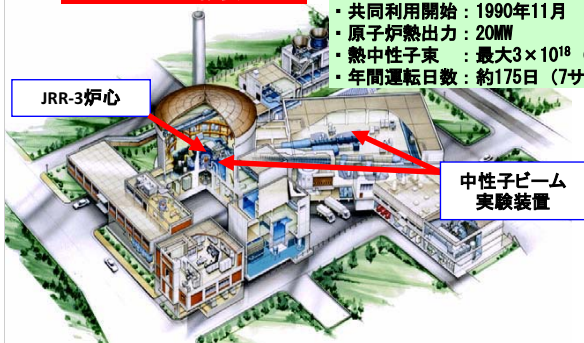
18

JRR-3における産学連携の取り組み

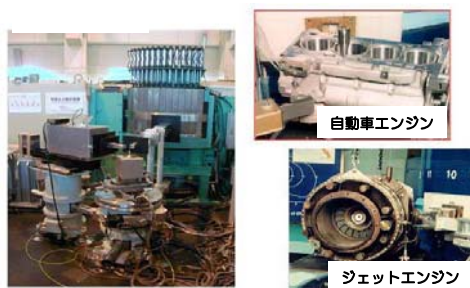
主に、中性子散乱実験による構造解析、中性子ラジオグラフィによる透視撮像、残留応力解析などに活用

JRR-3の概要

- ・ 臨界年 : 1990年3月
- ・ 共同利用開始 : 1990年11月
- ・ 原子炉熱出力 : 20MW
- ・ 熱中性子束 : 最大 3×10^{18} (n/m²/s)
- ・ 年間運転日数 : 約175日 (7サイクル)

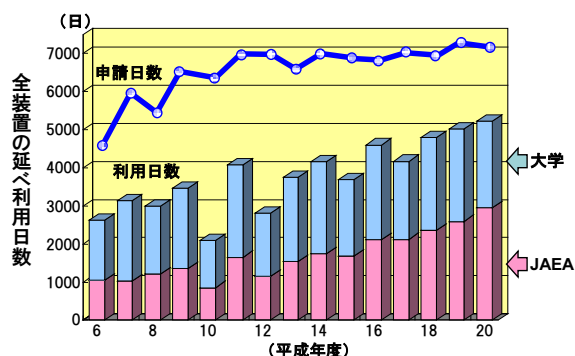


産業利用の例ー中性子によるエンジン内部の残留応力解析

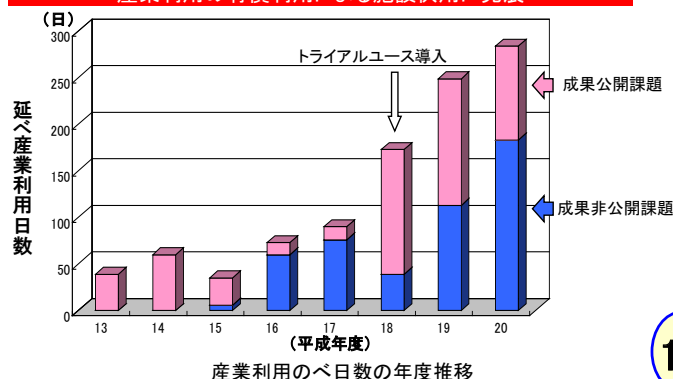


中性子残留応力解析装置 (RESA)

利用日数の増加とそれを上回る申請日数



トライアルユースでの中性子の有用性が認識されることによって
産業利用の有償利用による施設供用に発展



19

放射線利用に関する人材育成

・ 連携大学院制度への協力

茨城大学大学院 理工学研究科: 材料評価解析学、アクチノイド科学(教授3名)

群馬大学大学院 工学研究科: 物質創製工学(教授4名、准教授2名)

医学研究科: 生体機能解析学(教授3名)

兵庫県立大学大学院 物質理学研究科: 物質基礎解析学、物質構造制御学(教授3名、准教授1名)

東北大学大学院、京都産業大学大学院、岡山大学大学院、関西学院大学

・ 専門職修士課程への協力

東京大学大学院 工学系研究科原子力専攻(専門職大学院)

講義科目「放射線利用」

・ 大学院講義への協力

福井大学、茨城大学、京都大学、東京工業大学、お茶の水女子大学、埼玉大学等

・ 全国の国公私立大学と共同研究を実施(396件)平成17~21年度の延べ数

・ 全国の大学から学部学生、大学院生を積極的に受け入れ

東京大学、茨城大学、群馬大学、京都大学等

特別研究生(139名)、学生実習生(118名): 平成17~21年度の延べ数

次代を担う人材の育成・確保に貢献

20

放射線利用に関する理解醸成

理数科教育支援(未来を担う人材のために)

○理数科教育支援

- ・実験教室、出張授業、・サイエンスキャンプ、サイエンス倶楽部
- ・スーパーサイエンスハイスクール、サイエンスパートナーシッププログラム

○実績の推移(JAEA全体、○が放射線関係の題材)

平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度
37 (1) 回	125(49)回	325 (63) 回	382 (83) 回



京都府立
城南菱創
高校での
出張授業



京都府立
南陽高校
での出張
実験教室



サイエンスキャンプ関西研
レーザーを使用した実験の様子



サイエンスキャンプ東海センター
JRR3について学ぶ様子

サイエンスカフェ(気軽に聞いてもらうために)

○サイエンスカフェでの講演

- ・サイエンスカフェinリコッティ、科学技術週間サイエンスカフェで講演

○実績推移(JAEA全体、○が放射線関係の題材)

平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度
— (—) 回	2 (—) 回	5 (2) 回	17 (5) 回



科学技術週間(関西播磨)



サイエンスカフェinリコッティ(J-PARC)

施設公開、報告会など(広く知ってもらうために)

○成果の発信

- ・成果報告会、シンポジウム等
- ・ホームページでの成果公開
- ・施設公開・見学会、実験教室



東海センター施設見学会・実験教室
とJ-PARC公開



高崎研施設一般公開
「第33回花と緑の見学会」



みんなの暮らしと放射線展
(大阪)にブース出展

21

放射線利用に関する国際協力

アジア原子力協力フォーラム(FNCA)

Forum for Nuclear Cooperation in Asia

近隣アジア諸国との農業・工業分野における放射線利用の国際協力

IAEAの原子力地域協力協定(RCA)

Regional Cooperative Agreement for Research, Development and Training Related to Nuclear Science and Technology

農業・工業・医療等の分野におけるRI・放射線利用の国際協力

二国間協力

○米国 エネルギー省

日米科学技術協力

- ・オークリッジ国立研究所

* 中性子散乱

○米国 エネルギー省

原子力科学及びエネルギーにおける研究開発の協力のための取決め

- ・オークリッジ国立研究所

* 核破砕中性子源開発

- ・サンディア国立研究所

* 電子回路の放射線照射効果の研究

- ・アルゴンヌ国立研究所

* シンクロトロン放射光研究協力

○米国 スタンフォード大学

○英国 ラザフォード・アップルトン研究所

○ドイツ 重イオン研究所

○フランス ラウエランジュバン研究所

○欧州放射光施設

○中国科学院

量子ビーム科学研究分野における研究協力のための取決め

- ・物理研究所

* 中性子科学技術

* レーザー科学技術

- ・上海応用物理研究所

* 放射光を用いた材料科学

* 環境保全及び材料開発のための荷電粒子・RI 応用

○韓国原子力研究所

○マレーシア原子力研究所

○ベトナム ダラット原子力研究所

滞在した外国人研究者・技術者

世界32カ国、延べ242人

(平成17~21年度)

22

◎量子ビームサイエンス&テクノロジーの確立

- ・科学技術基本計画に貢献する先導的な基礎・応用研究から産業利用
 - ・国際拠点形成を目指した量子ビーム利用研究の推進
 - ・新しい利用分野(量子ビームフロンティア)の開拓
- 国内外への普及

◎量子ビームプラットフォームの構築

- ・先進的かつ安定な量子ビーム利用のための量子ビーム開発拠点との協同
- ・横断的量子ビーム利用の基盤形成

原子力機構が豊富な技術基盤と経験に基づき開発・整備・運転する先進的な大型量子ビーム施設や最先端の研究設備を「量子ビームプラットフォーム」として国内外の利用者に提供するとともに、自らは、これらの施設群を横断的に利用し、多彩な量子ビームが持つ「観る」「創る」「治す」という優れた機能の総合的な活用を先導する。これにより、基礎・応用研究から広範な産業分野等における利用までの領域において、量子ビームサイエンス&テクノロジーの機能と有用性を示し、国の施策である科学技術・学術と産業の振興に貢献する。

量子ビームプラットフォームの構築

プラットフォームに求められる機能

- ・ワンストップ窓口機能
- ・研究計画立案・実験支援
- ・各種ビーム利用研究の課題公募実施
- ・メールインサービス等の分析代行業務
- ・成果の広報・普及活動
- ・人材育成機能(専門家派遣含む)
- ・各ビーム施設の横断的連携とりまとめ



横断的利用の促進

課題

- ・人員確保(人数のみならず、幅広い分野に跨る人材が必要)
- ・プラットフォームを構成する研究施設・設備の運転維持費の確保

23

重要な科学技術・学術分野から幅広い産業までを支える基盤として研究開発を推進

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

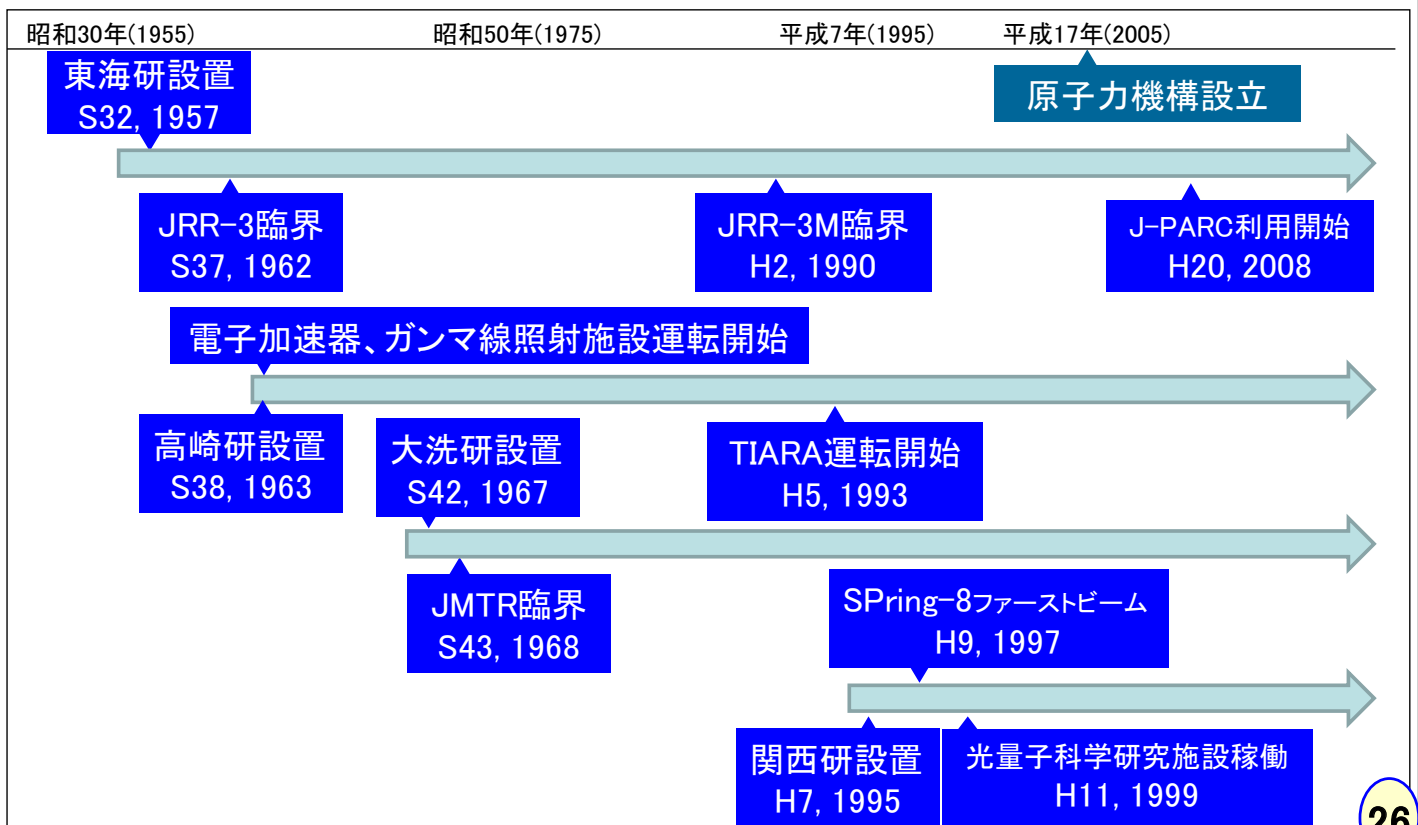


24

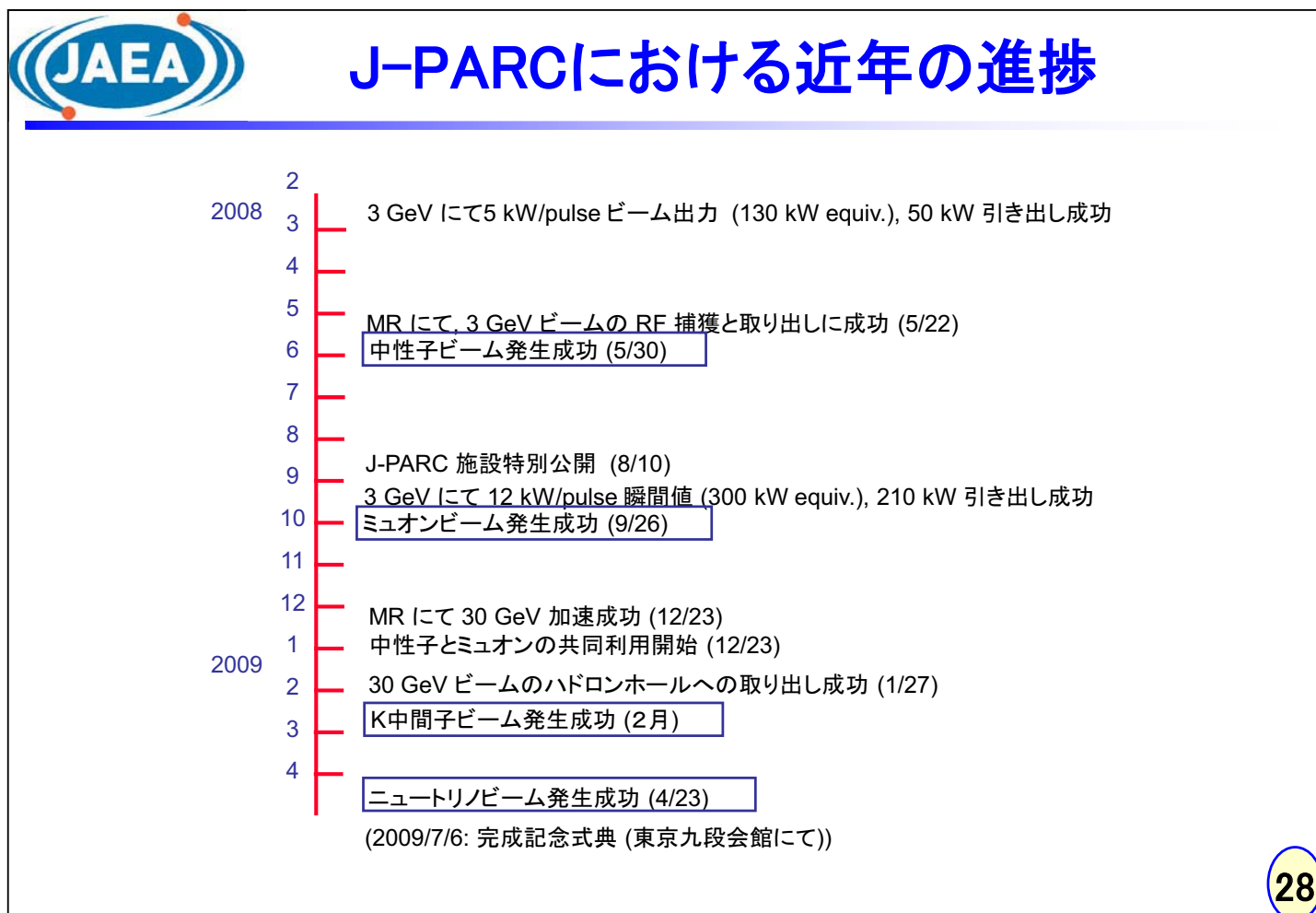
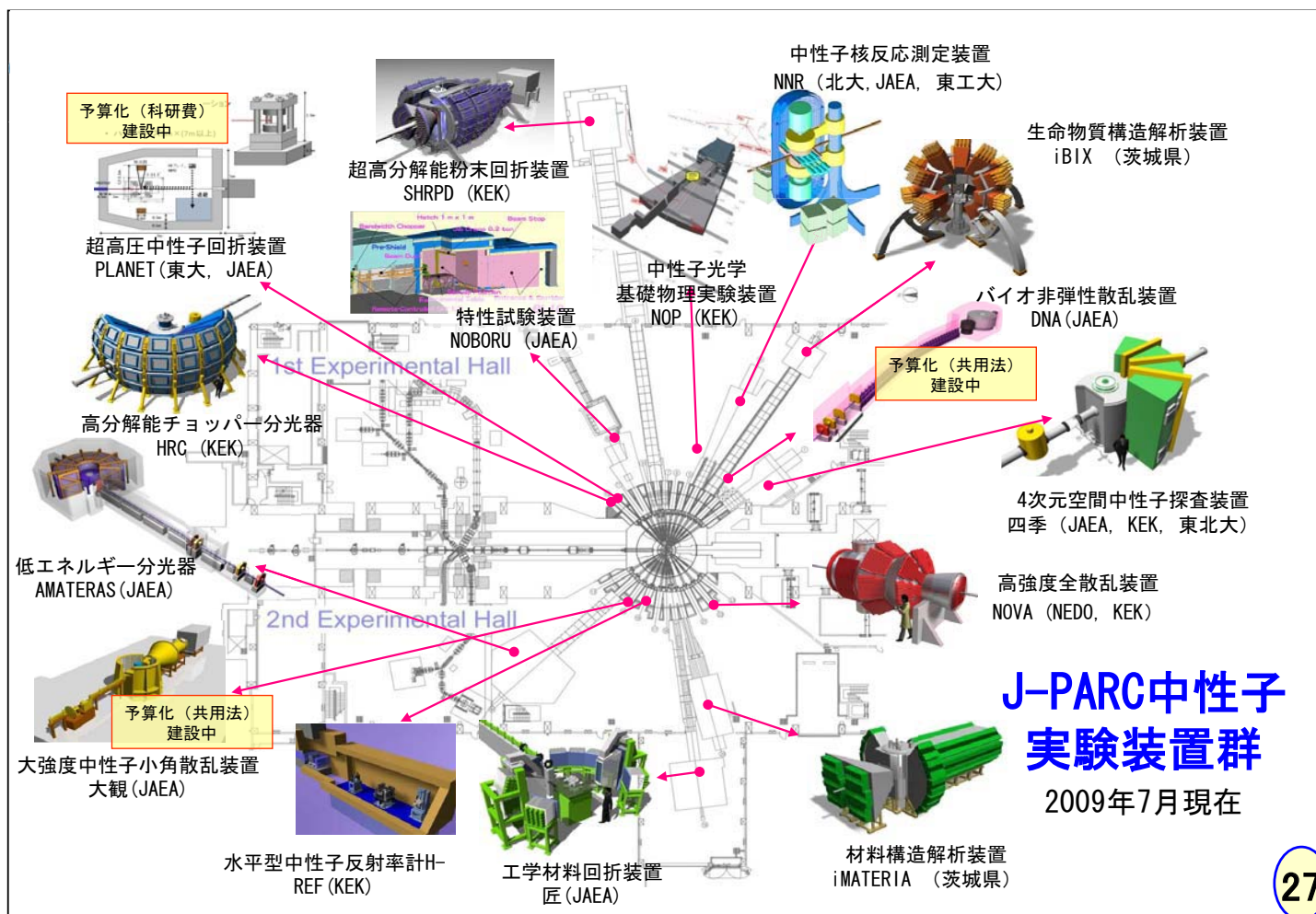
別添 参考資料

25

研究開発の経緯



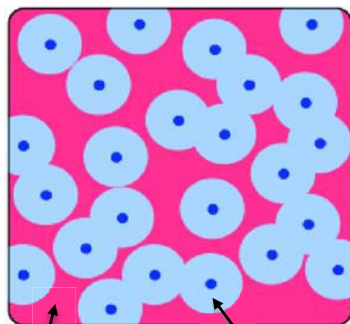
26



ミュオンを使った新しい磁場測定法

ミュオン・スピン回転法を用いて新しい超伝導の姿を発見
 —磁性の海に島状に発達する、鉄ヒ素系超伝導体の局所的超伝導—

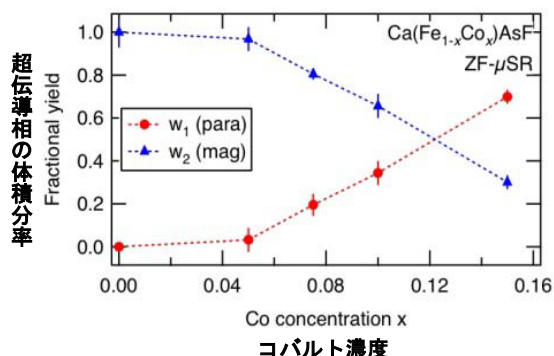
超伝導材料の開発への応用



磁性相

超伝導相

「島状（局所的）超伝導状態」。反強磁性の「海」（ピンク）の中にコバルトを中心とした超伝導の「島」が存在する。

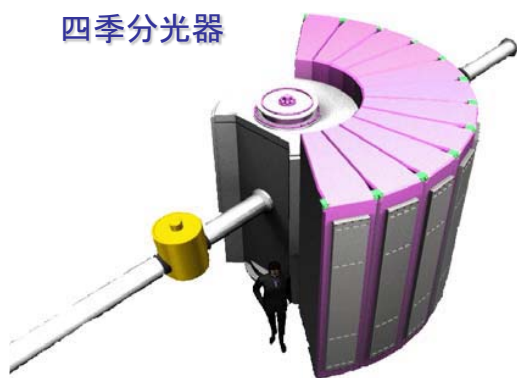


超伝導体積分率（赤丸）のコバルト濃度による変化。

29

新しいパルス中性子非弾性散乱法

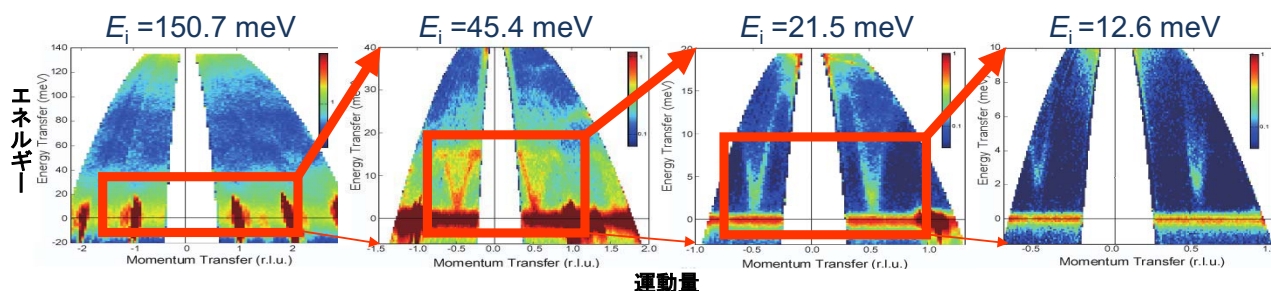
四季分光器



J-PARC中性子実験装置「四季」において
 物質内原子運動の全体像と詳細を一挙に捉える
 新規手法の実証実験に成功

—中性子により視覚化された原子運動情報を
 自在にズームイン・アウト—

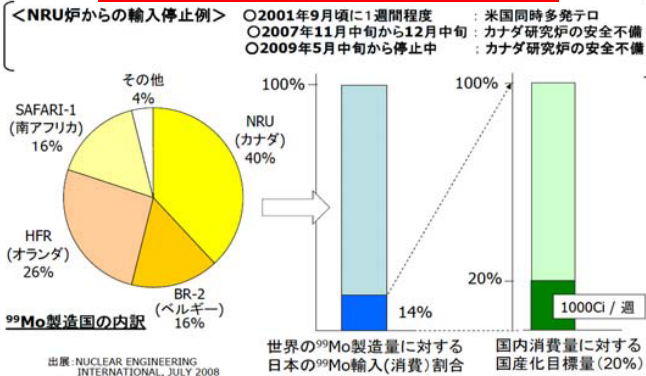
新機能材料の開発への応用



「四季」で測定された非弾性中性子散乱データ。4種類の二次元像が1回の測定で得られた。

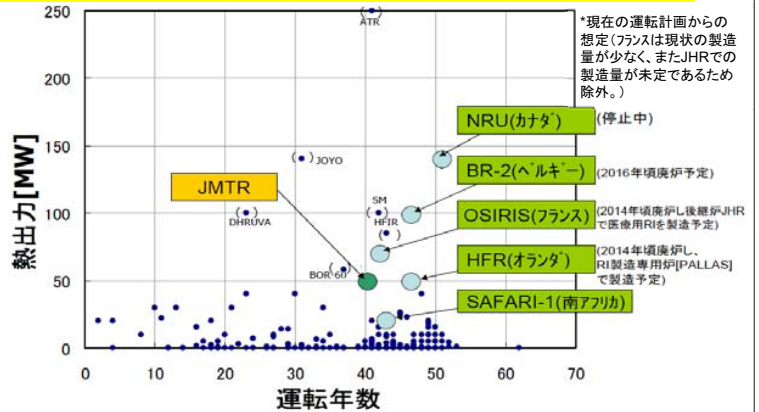
30

世界のMo-99の製造量と国内輸入割合



Mo-99を製造している主な原子炉の運転年数

数年後の主なMo-99製造国は、オランダと南アフリカになる。*



(n,f)法と原子力機構が提案する(n,y)法の比較

	(n,f) 法	(n,y) 法
製造方法	Uを中性子照射し、核分裂後のFPより ⁹⁹ Moを抽出	⁹⁹ Moの中性子照射により生成した ⁹⁹ Moを抽出
価 格	1	1/10程度
核不拡散性	×	○
比放射能	大 (生産地から遠くの消費地へ輸送可能)	小 (消費者の近郊に生産地が必要)
不純物濃度	大 (多種のFP等が生成、廃棄物の問題)	小 (n,f法の5%程度)

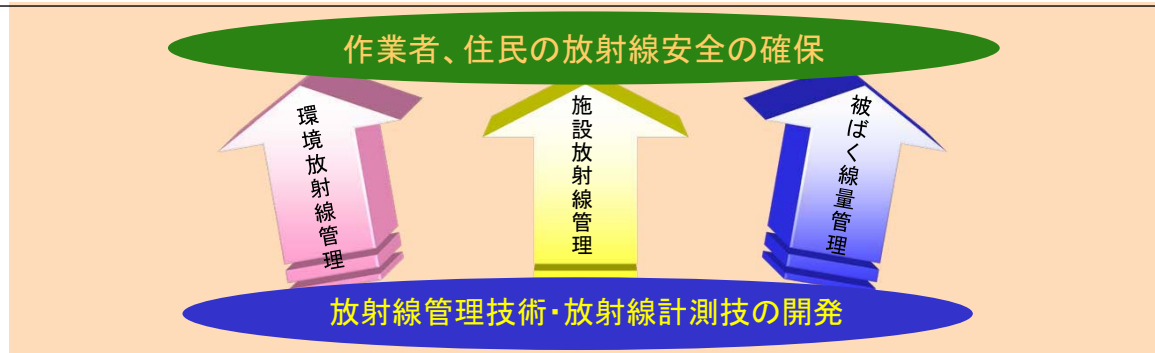
○JMTRでのMo製造に関しては、日本の製法はウランを用いない方法なので、核不拡散上有効であるが、(n,f)法によるMo-99よりも比放射能が低く、日本国内のみへの供給を予定している。

○原子力機構の試験研究炉(JMTR、JRR-3)だけでなく、近隣のアジア・環太平洋諸国との国際協力推進が必要である。

○課題として、Mo-99製造について、照射後の薬剤抽出に至るまでの処理フローの検討を加速させ、照射試験の具体化。

原子力科学研究所における安全管理体制

原子炉や核燃料取扱施設等の研究施設を用いて研究開発を進める上で、放射線に対する作業員や周辺住民の安全確保は最優先事項です。原子力科学研究所では様々な研究施設やその周辺における放射線の管理、作業員の被ばく線量の測定評価を適切に行い、放射線に対する作業員や周辺住民の安全確保に努めています。



環境放射線管理



環境試料の採取

環境中の放射能濃度の測定

土壌、農畜産物、海産物等の試料を定期的に採取し、放射能濃度を測定します。

施設放射線管理



放射線モニタ監視

研究施設の管理区域において、作業環境の放射線モニタリングを行っています。

被ばく線量管理



被ばく個人線量計

体内放射能測定

放射線作業に従事する人の外部被ばく及び内部被ばく線量の測定・評価を行っています。

J-PARCの安全への取り組み

- 日本で初めて、線量分布の監視を義務づけられた加速器である
(これまでは、遮蔽能力が十分であることの確認で担保していた)
- 運転条件を変更するたびにサーベイを行い、線量分布を確認
(計画的な段階的出力上昇を図っている)
- 各エネルギー領域に最適な複数種の線量計を設置
(例: 鉛ブリーダ付レムモニタを開発)
- 運転開始以来、安全に運転を行っている



写真1 J-PARCの放射線エリアモニタ



写真2 J-PARCのゲートモニタ

33

高崎量子応用研究所における照射施設の安全管理体制

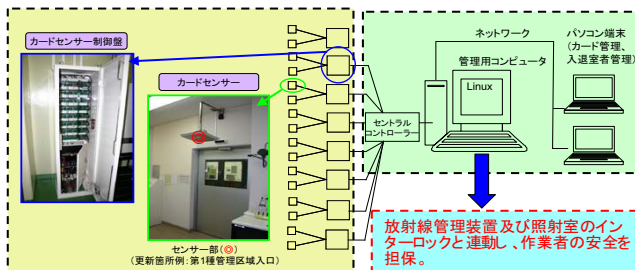
【イオン照射研究施設(TIARA)】



管理区域入域管理

IDカードを用いた入退室管理システムにより、管理区域内における放射線従事者の作業位置をタイムリーにモニターしている。また、IDカードとガラスパッチを一体化することでガラスパッチの所持を確認している。

本システムは加速器施設の安全監視システムに情報を提供し、作業従事者の安全を確保している。



照射室等での安全管理

照射室扉は人間の目視を第一に作業スイッチの作業中信号と入退室管理システムからの入室中信号および加速器の運転状態信号等で管理している。

作業中および入室中信号によって扉は閉じる事が出来ない。また、扉が開いている状態では加速器を運転したり、ビーム照射はできない。

【電子線・ガンマ線照射施設】

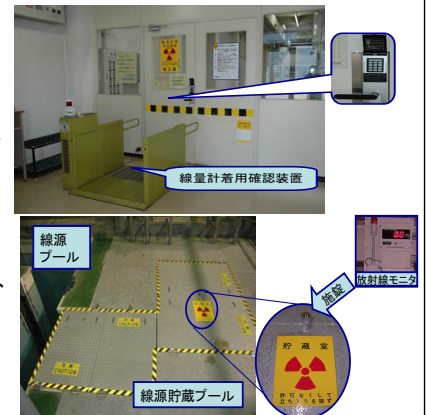


管理区域入域管理

管理区域入口において、線量計着用を義務づけ、それに付したバーコードを読み込むことで、入域管理している。また、扉にはテンキーを設置し施錠管理をすることで入域者を制限管理している。

照射室等での安全管理

照射室内ではインセルモニター、それ以外の管理区域ではエリアモニターにより、タイムリーに線量をモニターしている。ガンマ線源はプール格納が確認された後に、インターロック解除となる。



警報管理システム

高崎量子応用研究所の各施設を一般施設も含めてケーブルでつなぎ、放射線警報だけでなく施設警報、運転警報等を一括管理し24時間体制で監視。その一環として法令に基づく設置義務のない排水放射線モニタ及び環境放射線モニタも自主的に設置し、一層の放射線管理に努めている。

34

我が国の研究施設等廃棄物の処分を安全かつ早期に行い、我が国の原子力の研究開発等を確実に推進

研究施設等廃棄物※に係る現状

- ※研究施設等から発生する低レベル放射性廃棄物
- <発生>
- 昭和20年代から現在まで、既に約55万本(200Lドラム缶換算)分が発生
 - 全国の約2,400もの多様な事業所で発生(研究機関/大学/医療機関/民間事業者)
- <課題>
- 近い将来、各施設の保管能力を超える恐れ
 - これに伴い新たな研究・開発に支障
 - 老朽化施設の解体が困難



現在の
廃棄物
保管状況



処分場がない
ことから、老
朽化施設の
解体が困難

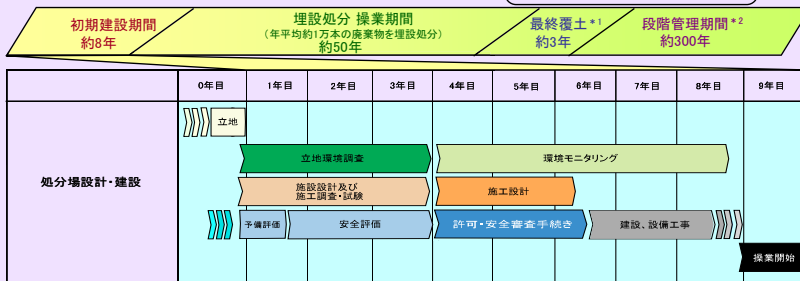
埋設事業の概要

- 原子力機構法改正(H20.6)*により、原子力機構を、研究施設等廃棄物埋設事業の実施主体として明確に位置づけ *衆参両院全会一致にて可決
- 原子力機構は、廃棄物埋設施設を建設・操業及びその施設の閉鎖後管理を実施
- 全国の他事業者の廃棄物も対価を得て、自らのものと併せて埋設処分:廃棄体(廃棄物を処分に適した形態に処理)の受入本数は約53万本、うち、機構分:約43万本

埋設施設のイメージ



埋設事業スケジュール



*1: 覆土は埋設段階毎に行われる。この3年は全ての埋設を完了させるための最終的な覆土を指す。
*2: 段階管理期間は、トレンチ処分50年間、ピット処分300年間と設定されている。

○国が定めた基本方針に即して、埋設処分業務に係る実施計画を策定

第1期事業として

- 立地活動
- (立地の合意後)初期建設期間は、各施設の設計・建設を 約8年と想定(施設の設計や建設等実施)
- 操業期間は約50年と想定
- 最終覆土(3年)後、約300年の閉鎖後管理へ移行

「放射線利用」に関する取組の状況と課題

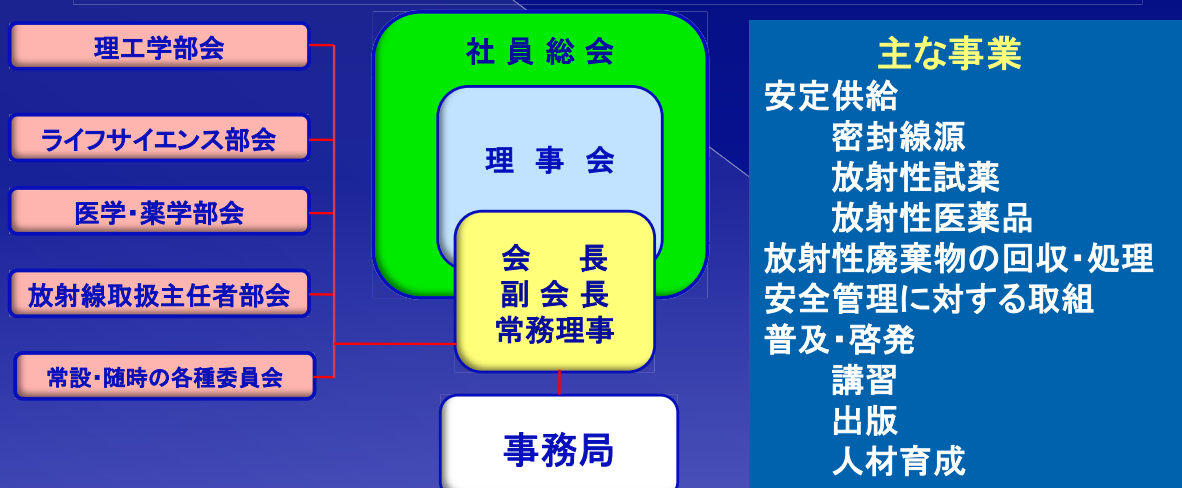
平成21年12月10日

社団法人日本アイソトープ協会

1

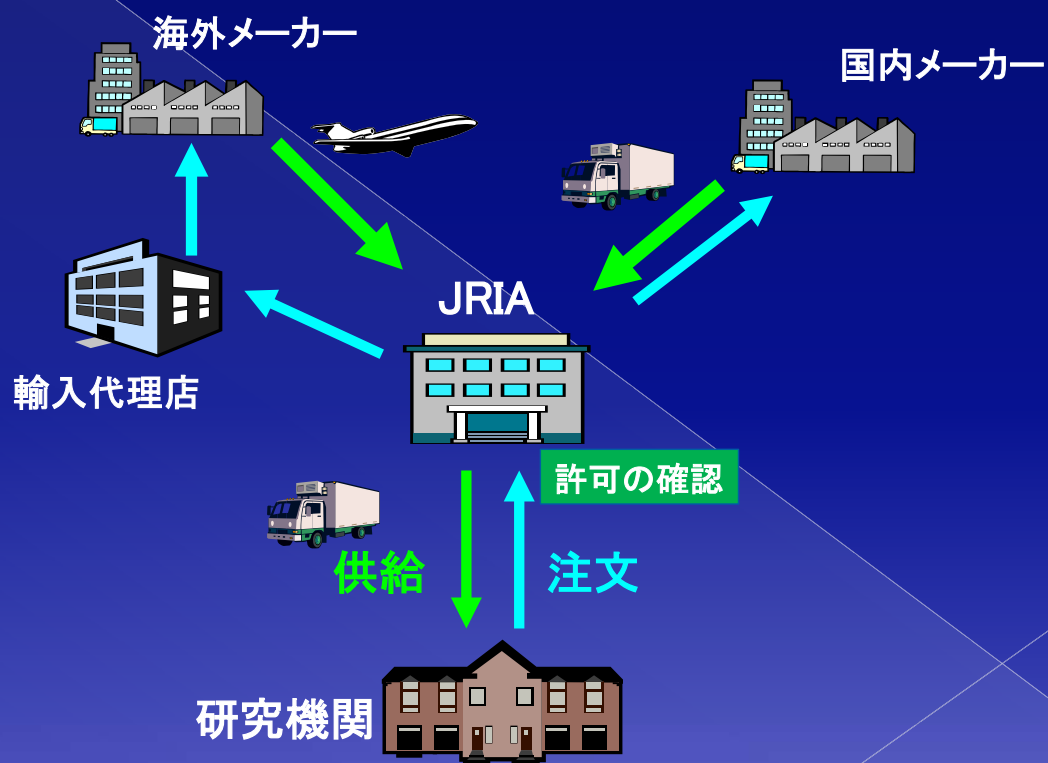
アイソトープ協会の放射線利用に係る取組

日本アイソトープ協会は、昭和26年発足以来、学術部会活動による知識・技術の普及に努めるとともに、アイソトープの供給から放射性廃棄物の回収・処理まで一貫した体制を通じて、我が国の放射線利用の促進と安全確保のために活動を続けています。



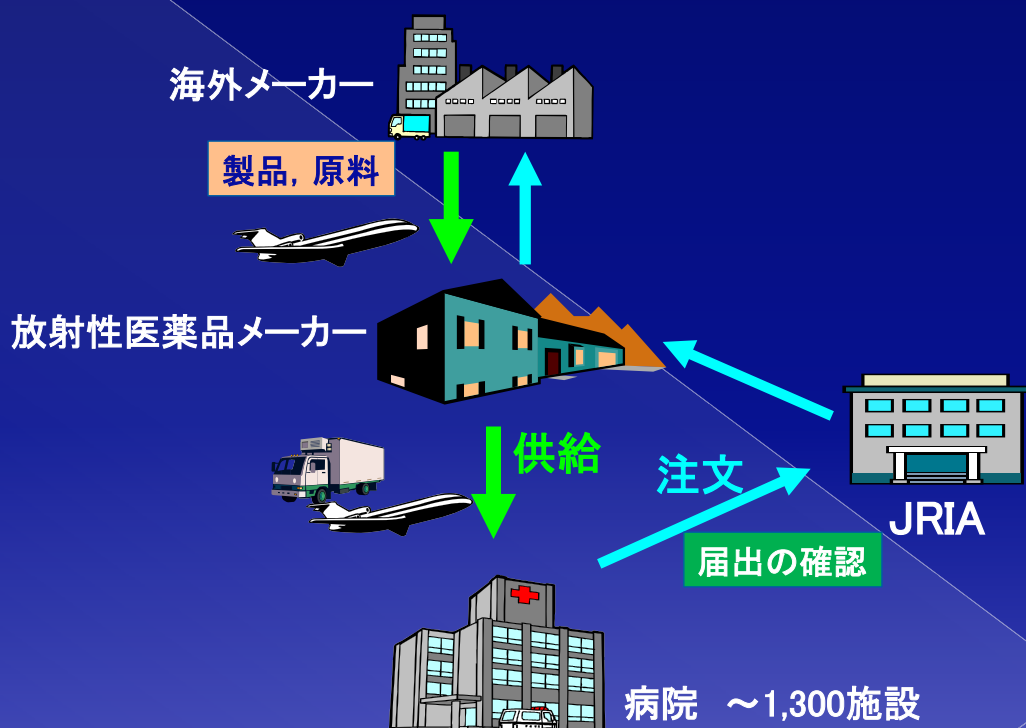
2

供給から廃棄までの一貫体制 —研究用非密封RI(標識化合物, 精製RI)の供給—



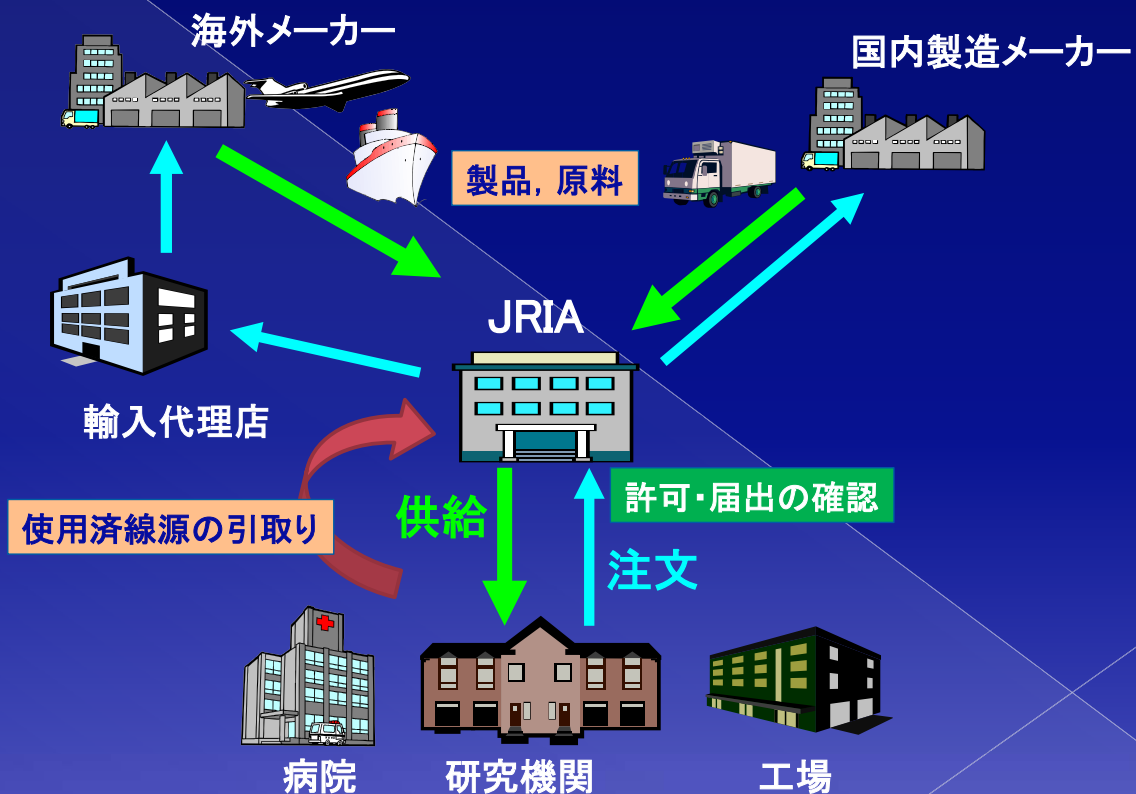
3

供給から廃棄までの一貫体制 —放射性医薬品の供給—



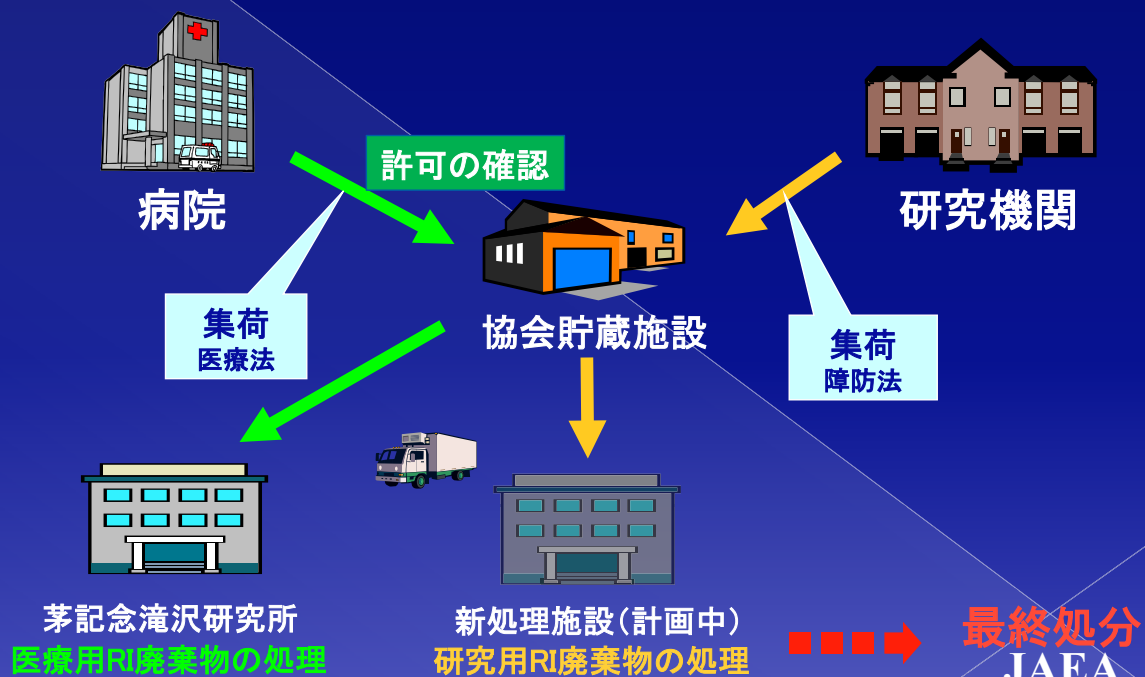
4

供給から廃棄までの一貫体制 —密封線源の供給—



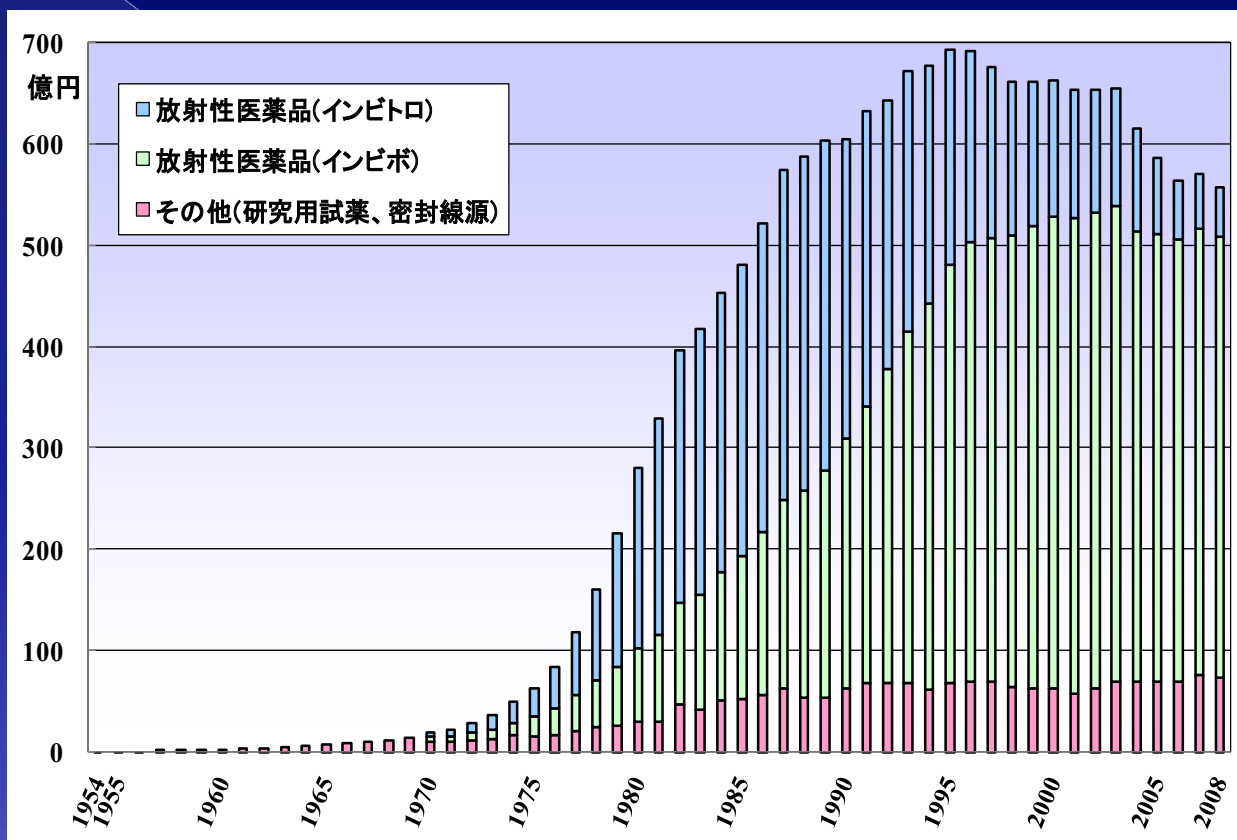
5

供給から廃棄までの一貫体制 —RI廃棄物の集荷、処理、貯蔵—



6

頒布金額の推移



インビボ核医学検査 —放射性医薬品(インビボ)を使用—

- 約140万件実施(PET検査を除く)
- このうち約90万件の検査にテクネチウム-99m標識薬剤(原料となる核種はテクネチウム-99mの親核種であるモリブデン-99)を使用。例えば、乳がんや前立腺がんの骨転移・心筋梗塞・認知症などの診断に用いる。
- PET検査は年間約40万件

全国核医学診療実態調査(2007年)による



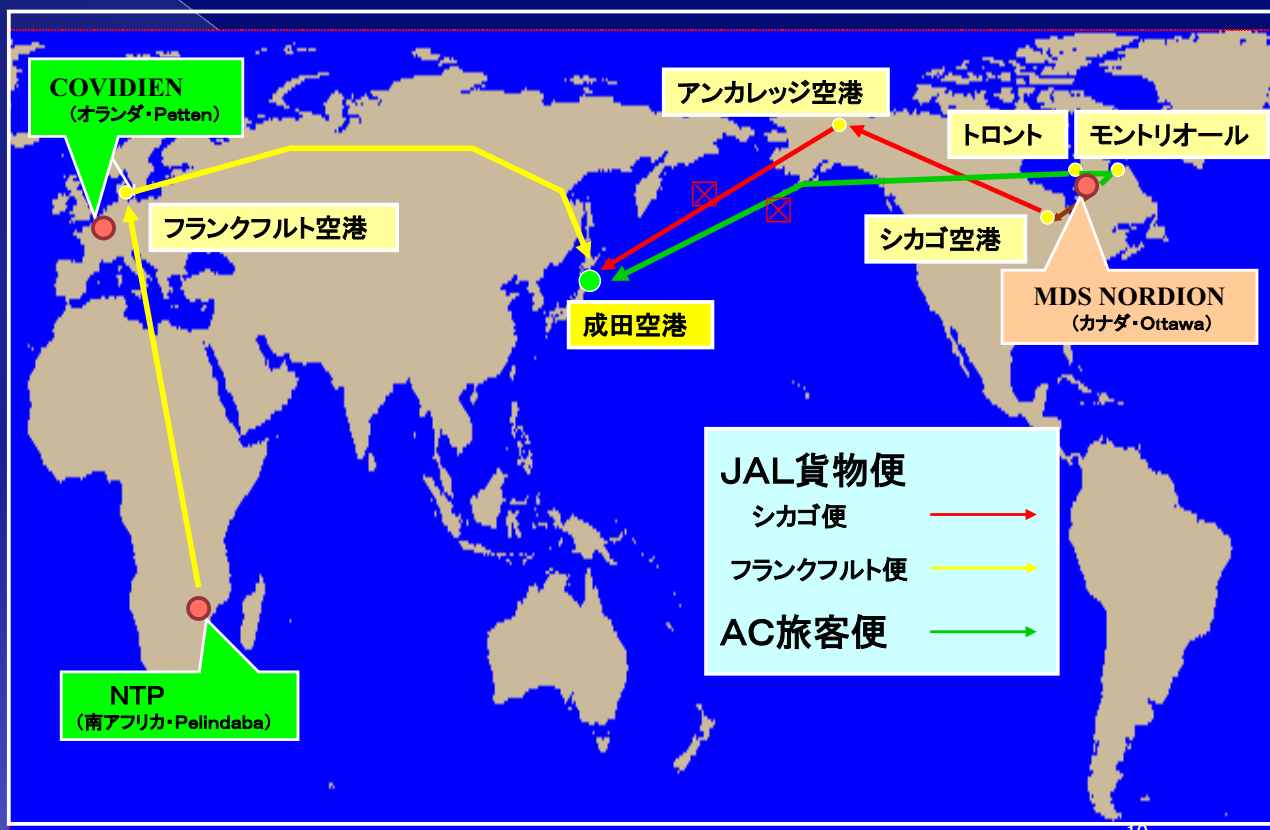
Copyright SCICUS K.K. All rights Reserved. ©2003

^{99}Mo を製造している主な原子炉

原子炉	場所	供給者	ターゲット	稼働日数 /年	稼働年数	製造割合 %
NRU	Canada, Chalk River	MDS Nordion	HEU	315	52	31
HFR	Netherlands, Petten	Covidien, IRE	HEU	290	47	33
BR2	Belgium, Mol		HEU	115	47	10
OSIRIS	France, Saclay		HEU	220	42	8
SAFARI -1	South Africa, Pelindaba	NTP	HEU	315	43	13
OPAL	Austraria Sydney	ANSTO	LEU		2	

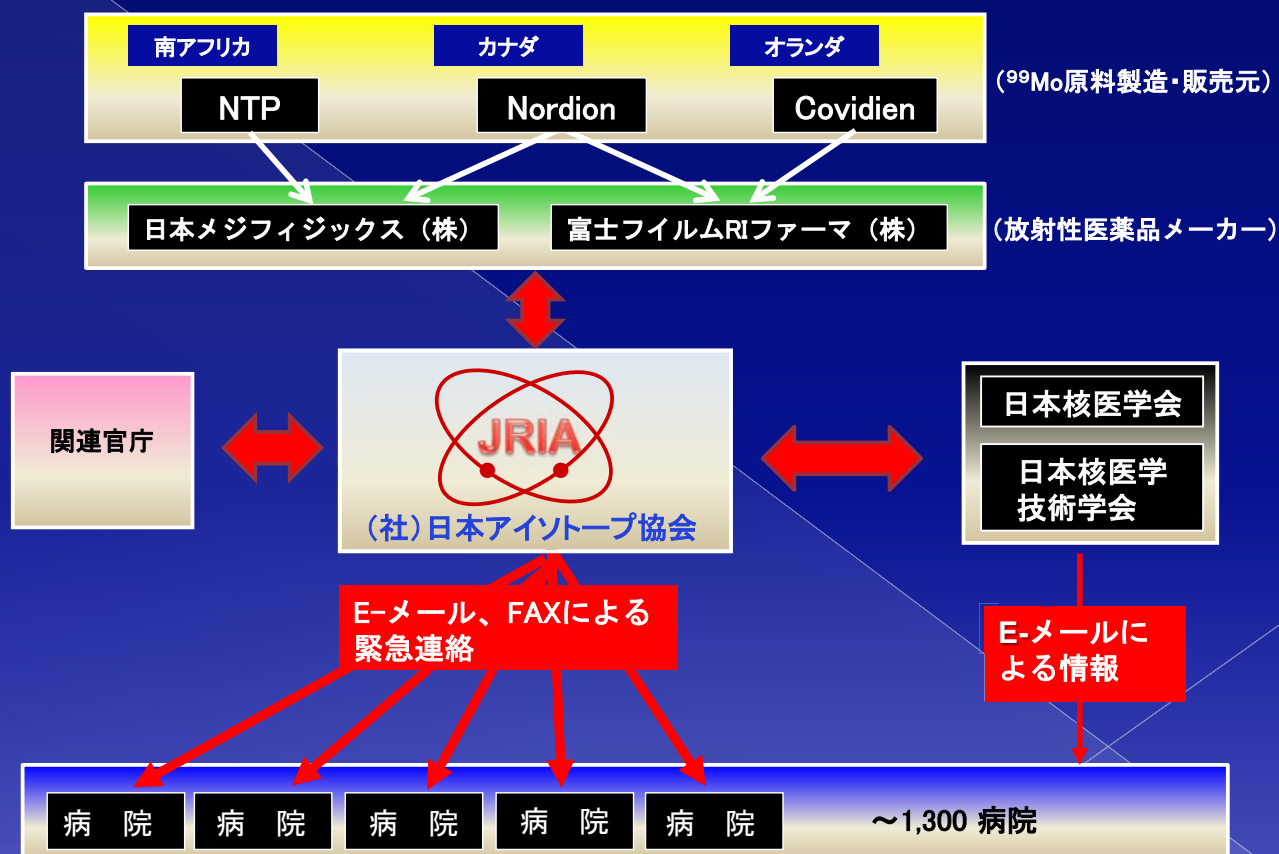
9

^{99}Mo 原料(B型輸送物)の輸送経路の現状



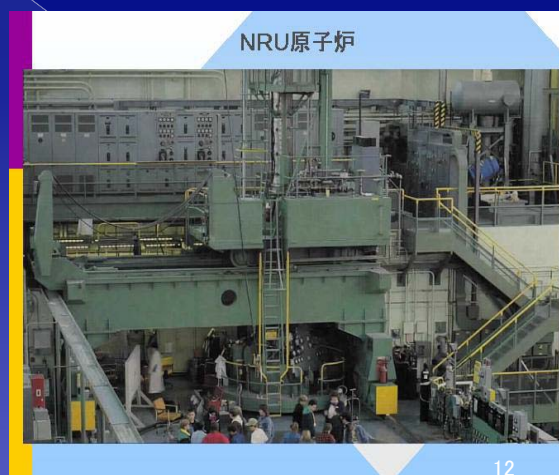
10

テクネチウム製品供給に関する緊急時の対応、連絡体制



■ アイソトープの安定供給

- アイソトープの安定供給は放射線利用促進に不可欠である
- 我が国は、大半を海外からの輸入に頼っている
- テクネチウム-99mの原料であるモリブデン-99製造原子炉の停止により、2009年の5月以降、供給不足の緊急事態が生じている
- 関係省庁、学会、放射性医薬品メーカー等と連携をとって、診療への影響を最小限に保っている
- 海外供給源の確保、輸入経路・手段の確保、国内製造の検討



■ 輸送問題

- 近年の世界的不況の影響により流通量が減少し、航空会社、海運業者は、航路や便数を削減したり、放射性物質等の危険物の扱いを取りやめる措置をとる等、海外からB型輸送物を輸送するときの輸送手段の確保が困難となっている
- ★ B型輸送物を陸上輸送するときの事前届け出(1週間前、2週間前)が緊急時の支障となっている

■ 国内製造

- ★ 原子炉(JMTR等)、加速器(J-PARC、RIビームファクトリー、大学・研究所の中型サイクロトロン等)のRI製造への整備、応用が望まれる

13

■ 研究施設等廃棄物の状況と課題

- 研究所施設等廃棄物の埋設事業は、事業実施主体(JAEA)の事業実施に向けた基本計画が認可され、着実な進展がみられる。
- 放射性廃棄物の取り扱いは障害防止法、医療法、薬事法、獣医法など、利用に係る規制により区分される
- 日本アイソトープ協会は異なった法律(障害防止法、医療法等)で規制される廃棄物をすでに保管しており、これら廃棄物の処分に向けた処理を行うことが必要である。
- ★ 規制ごとに区分して処分することになれば、処理も区分して処理しなければならない。合理的な処理と合理的な処分を可能とする規制面での対応が求められる。

14

■ 安全管理体制に対する取組

- 身元不明線源発見時のRIの回収等、安全確保のための活動を通して文部科学省その他の関係官庁に協力
- 放射線安全に関する講習会の開催等
 - 事業者或いは輸送従事者を対象とした輸送に関する教育訓練の定期的な実施
 - 消防、警察等の関係機関からの依頼に応じた講習会
 - 放射線業務従事者のための教育訓練講習会（新規教育・再教育）の開催
 - 安全管理に関する図書・資料の提供
 - 厚生労働科学研究費による医療安全に関する班研究の支援
 - 計量法登録事業者として放射線・放射能標準を供給し、品質の向上と安全に貢献している。

15

■ 放射線治療に関する取組

（密封小線源、放射性内用療法）

- 放射線治療の普及と安全管理を目的として関係官庁、学会等と連携して、委員会や安全講習会の開催、安全マニュアルの作成を実施している。
 - イットリウム-90標識抗CD20抗体を用いた放射免疫療法の実施講習会
 - 有痛性骨転移の疼痛治療における塩化ストロンチウム-89治療安全取扱講習会
 - 高線量率ラルス医療安全取扱講習会
 - ヨウ素125シード線源による前立腺癌永久挿入密封小線源の安全取扱講習会

16

■ 核医学診療に関するアンケート調査

- 核医学の普及・安全のための調査を関連学会と協力して実施している。
 - 全国核医学診療実態調査
 - イムノアッセイ検査全国コントロールサーベイ
 - 放射性医薬品副作用事例調査
 - PET検査件数に関するアンケート調査

17

■ 放射線利用に関する技術情報・安全性に関する利用者への理解醸成

- アイソトープ・放射線研究発表会
主任者部会年次大会(放射線管理研修会)の開催
- 広報誌「Isotope News」
学術論文誌「RADIOISOTOPES」
関連法令集
アイソトープデータ集
アイソトープ専門図書
放射線管理マニュアル
教育入門書
一般向け啓発図書
試験問題集
視聴覚教材



18

- ICRP Publicationsの翻訳版の発行
(ICRP勧告翻訳検討委員会)
- 放射線利用統計、RI流通統計、
放射性医薬品流通統計等による情報の発信
- 核医学に関する患者向けパンフレット



19

■ 放射線利用に係る人材育成の現状

- 各種講習会の開催
 - 第1種放射線取扱主任者講習
 - 第2種放射線取扱主任者講習
 - 第1種作業環境測定士講習
 - アイソトープ基礎技術入門講習会
 - ラジオアイソトープ安全取扱講習会
 - 密封線源安全取扱講習会
- 警視庁からのセキュリティ対応の放射線の取扱等に関する人材育成のための研修生
- 東京消防庁等との災害・事故時における協力体制

20

■ 放射線利用に係る国際協力について

- OECD/NEA医療用RIの安定供給に関するHigh Level Groupのメンバーとして協力
- 日本、中国、韓国のアイソトープ協会で、放射線に関する技術研究交流を目的として、CJK Congress（中・日・韓アイソトープ協会会議）を開催している。

■ 放射線源のセキュリティ

- 平成17年度放射線源の安全とセキュリティに関する動向調査（文部科学省委託調査）の受託
- 平成18年度放射線源登録に係る技術的課題等に関する調査（文部科学省委託調査）の受託
- 文部科学省に協力してIAEAのセキュリティ関連に対応

21

■ 放射線利用に対する国民の理解促進

- 放射線利用を普及、促進するためには国民の理解と信頼が不可欠である。
- 特に、大型のRI使用施設、RI廃棄物処理施設の建設計画には地域住民の理解が条件となる。
- ★ RI利用における国民理解へ向けた活動は、RI事業者自らが行なうだけでは成しがたく、国、地方公共団体と事業者がそれぞれの役割をもって協力して進めて行く必要がある。

22

日本アイソトープ協会は放射線利用促進のため、アイソトープの安定供給から放射性廃棄物の回収・処理までの一貫した事業をさらに推進し、併せてアイソトープ・放射線の普及・管理・健康影響などに関する啓発、研修活動を通じて社会の安全と安心に貢献していきます。

ライフサイエンス分野における放射性核種(RI)の 利用研究～製造法の開発から応用研究まで～

日本原子力研究開発機構
量子ビーム応用研究部門
ポジトロンイメージング動態解析研究グループ
石岡 典子

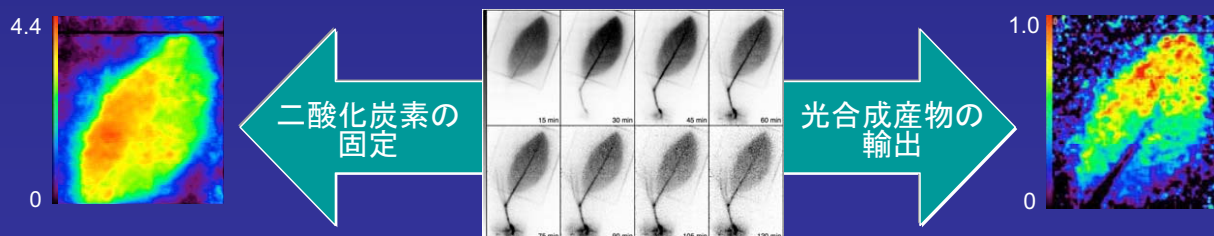
原子力委員会臨時定例会“放射線利用に係わる政策評価「有識者のご意見を聴く会」” 内閣府 平成21年12月25日

量子ビームテクノロジー



我々が目指していること...

- 放射性核種 (RI) 利用の普及
- 新規利用分野の開拓
 - 医学 (核医学)
 - がんの診断・治療
 - 農学 (植物生理学)
 - 植物体内における物質挙動と機能解析



$^{11}\text{CO}_2$ トレーサを用いたイメージングによる機能解析

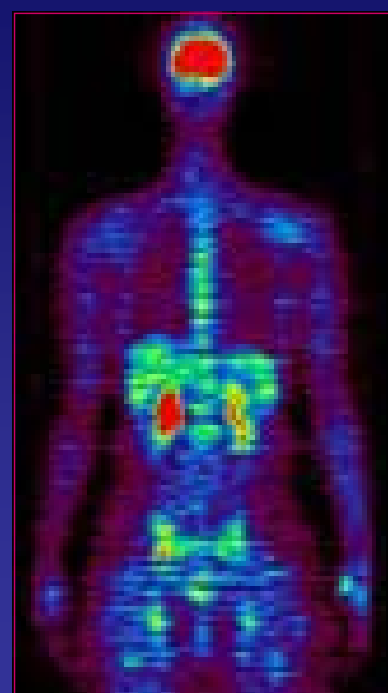
3

RIによる診断と治療



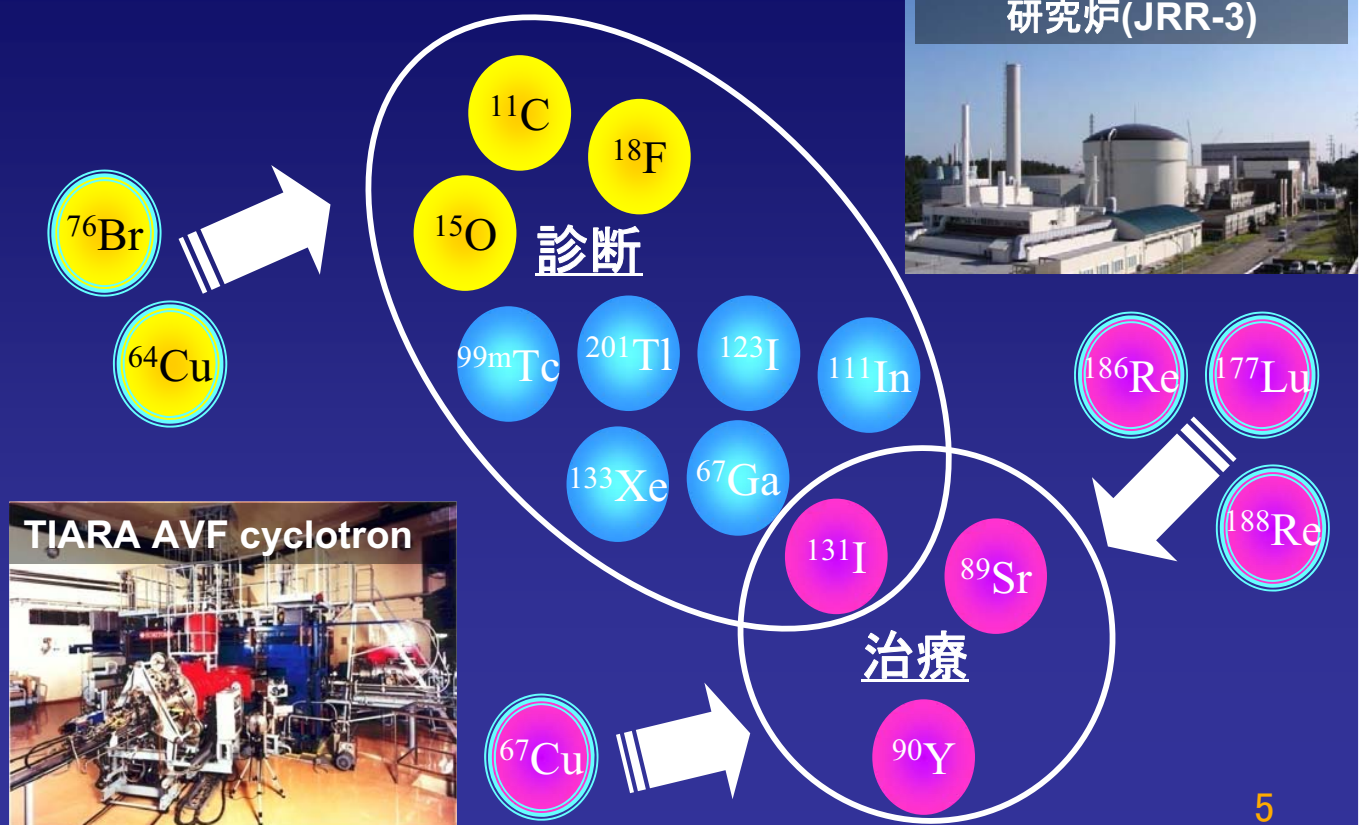
腫瘍の縮小、消失等

画像診断

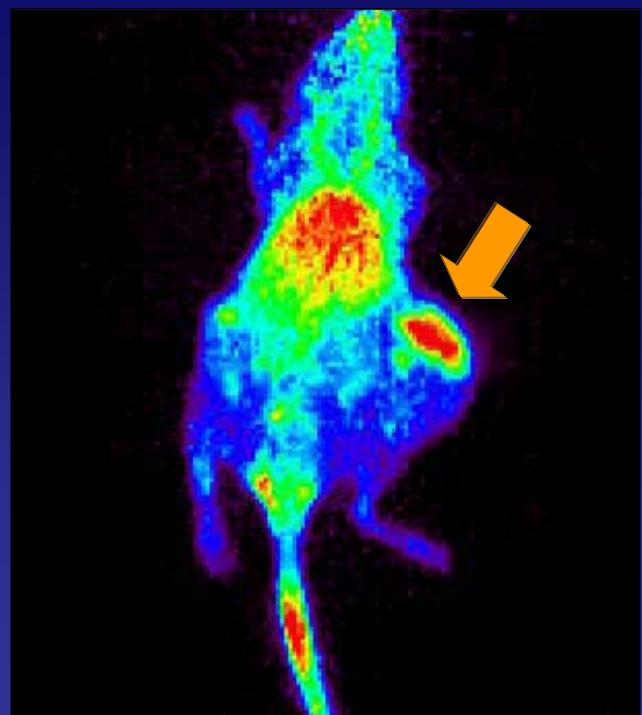
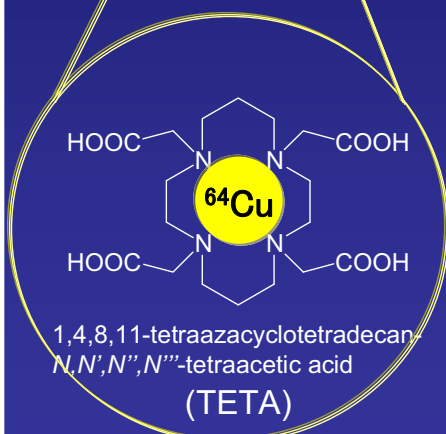
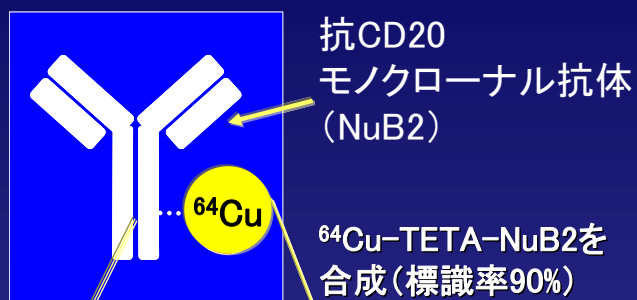


PET: ポジトロン断層撮像法

診断・治療の多様化を実現する新規RIの開発



^{64}Cu -標識抗体による担癌マウスイメージング



ヒトバーキットリンパ腫移植、投与24時間後に撮像

^{64}Cu -TETA-NuB2の腫瘍への明瞭な集積を確認

6

課題

- RIの安定供給
 - － RI生成のための中性子源等の確保(原子炉・加速器)
- 治療用RI開発
 - － 本邦での臨床応用へ向けた γ 線放出を伴う β 線RI
- RI利用の推進
 - － RI製造から臨床現場を見据えた一貫した研究体制
- 国内外のコミュニティ形成
 - － 関連研究機関、企業、コーディネータを含めた継続的な議論の場と情報共有
 - － 国際協力・連携
- 人材育成
 - － 慢性的な人材不足の解消と多分野からの積極的な参入による活性化(技術の伝承と斬新的な発想の創出)

7



参考資料

原子力機構における放射線利用 －放射性元素を使用する研究の取組－

平成21年12月25日

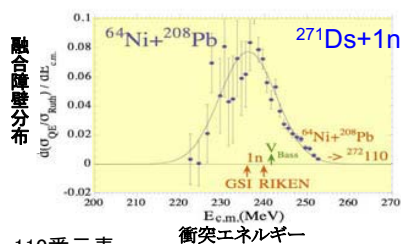
独立行政法人 日本原子力研究開発機構

RI利用研究成果(1)

科学技術分野

超重核合成の融合障壁分布を解明

(利用核種: ^{271}Ds)



110番元素
Dsの合成



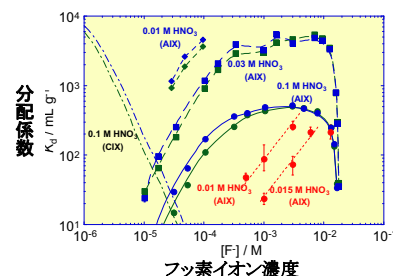
タンデム加速器の様々な重イオンビームを標的に衝突させ、超重核を合成する原子核間の融合障壁分布を導出し、相互作用を明らかに

104番元素ラザホージウム(Rf)の水溶液中での化学種を初めて決定

(利用核種): ^{261}Rf



迅速化学分離装置AIDA

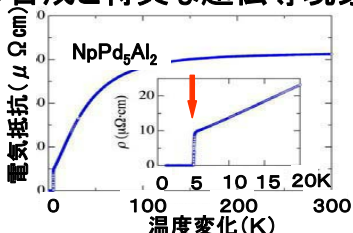
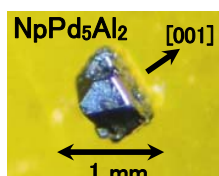


迅速化学分離装置を開発し、フッ化水素酸水溶液中でのRfの溶存化学種を $[\text{RfF}_6]^{2-}$ と決定

科学技術分野

新化合物 NpPd_5Al_2 の合成と特異な超伝導現象の発見

(利用核種: ^{237}Np)



新しい高純度ネプツニウム化合物 (NpPd_5Al_2) の単結晶育成に成功し、この化合物が特異な超伝導 (5K) を示すことを発見

2

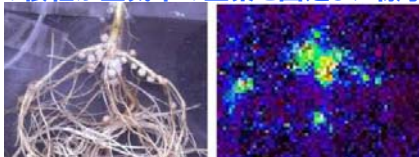
RI利用研究成果(2)

農業分野

ポジトロンイメージングによる植物機能の定量的解析

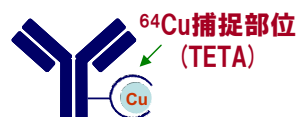
(利用核種: ^{13}N)

^{13}N 標識窒素ガスの迅速な製造・精製・投与法を開発し、共生的窒素固定の画像化に初めて成功
ダイズの根粒が空気中の窒素を固定した様子の可視化

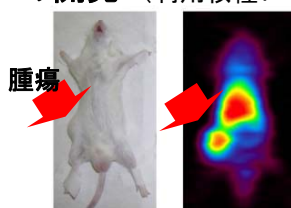


医療分野

新規がん診断・治療用RIの開発 (利用核種: ^{64}Cu)



悪性リンパ腫標的薬剤
(^{64}Cu -TETA-NuB2)

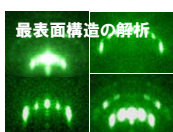


新規薬剤 ^{64}Cu -TETA-NuB2 を高収率で合成することに成功、悪性リンパ腫への明瞭な集積を確認

工業分野

高強度陽電子ビーム利用研究

(利用核種: ^{22}Na)



原子レベル構造解析・高精度物性評価

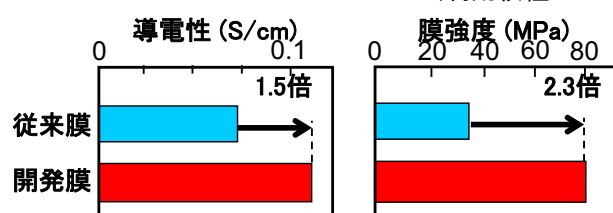
- ・材料表面ナノ物質の高精度な構造解析
- ・材料欠陥の原子レベルでの診断
- ・極微小材料、局所領域の空間分解解析
- ・次世代電子材料の電子状態の解析

水素エネルギー用材料 耐環境材料 高度情報通信用素子

工業分野

燃料電池用高耐久性電解質膜の開発

(利用核種: ^{60}Co)



熱・放射線2段グラフト重合技術を開発
80°C、4万時間以上の安定動作を実証(加速試験)

3

環境・資源分野

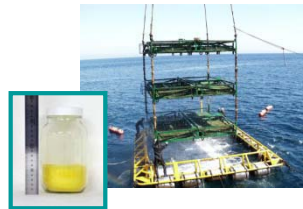
環境・資源分野

植物由来のカーボンニュートラル材料の開発 (利用核種: ^{60}Co)



電子線やガンマ線を利用して、分子間に橋かけ構造を導入し、曲げても折れない、熱に強い優れた特性を持つ高分子材料の研究開発

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 (利用核種: ^{60}Co)



海水からのウラン捕集

希少金属や有害金属だけを選択的に吸着できる分子を放射線を利用して基材に結合させ、環境浄化や有用資源回収に役立つ高分子材料を開発

医療分野

農業分野

ガンマ線や電子線を利用した橋かけ技術で ハイドロゲル創傷被覆材の実用化 (利用核種: ^{60}Co)



海産資源の放射線加工による植物活力剤 開発 (利用核種: ^{60}Co)



海産資源(かに殻)の有効利用



シクラメンなどの花卉やゴルフ場の芝に有効

4

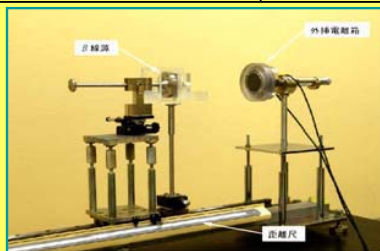
放射線標準施設棟におけるRIを利用した放射線測定器開発

- RI利用の目的
 - 放射線測定器(サーベイメータ、個人線量計等)の校正及び特性試験
 - 放射線測定器、線量測定評価等に関する研究開発
- 使用しているRI
 - γ 線、 β 線、中性子線について、エネルギー、線量率の異なる校正・試験を可能とするため、核種と強度の異なる複数の密封線源を使用

放射線	使用している核種	エネルギー範囲	線量率範囲
γ 線	^{241}Am , ^{57}Co , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{60}Co	60keV~1.25MeV	数 $\mu\text{Sv/h}$ ~ 2.5Sv/h
β 線	^{147}Pm , ^{204}Tl , $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	135keV~2.2MeV	約1~200mSv/h
中性子線	^{252}Cf , $^{241}\text{Am-Be}$	0.025eV~4.4MeV	数 $\mu\text{Sv/h}$ ~ 6mSv/h



γ 線照射装置による校正



β 線照射(線源: 左側)



黒鉛パイル(熱中性子)を用いた校正

- 上記の他、加速器中性子発生用に ^3H ターゲットを、またガスモニタの校正のために気体状RI(^{133}Xe , ^{85}Kr 等)を使用している。

5

^{60}Co ガンマ線高線量率校正用照射場の構築

目的

放射線滅菌などにおける品質保証手段となる線量計の校正のための標準供給

特長

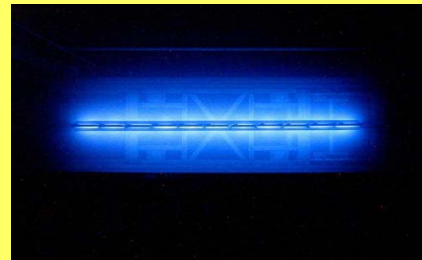
大線量域の放射線標準場候補として日本唯一

用途

国内の線量トレーサビリティ体制の中で工業レベル大線量の放射線標準を供給

エネルギー: 1.17MeVと1.33MeV

線量率範囲: 0.1Gy/h~20kGy/h



コバルト線源



高線量率用電離箱式線量計

遠藤 啓吾 先生ご説明資料

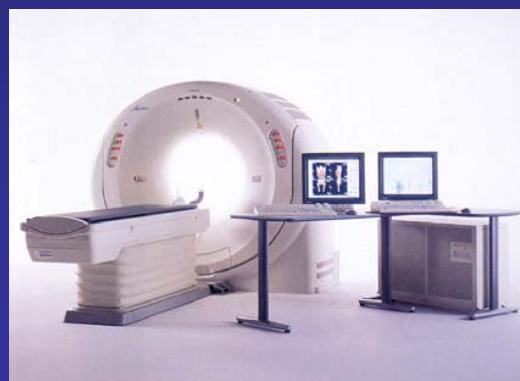
1

放射線を用いた病気の診断：放射線診断

CT, MRI, マンモグラフィ、単純X線（肺、骨）、
造影X線検査（胃透視）、超音波検査など

- 核医学（SPECT, PET）
- IVR（インターベンショナルラジオロジー）
血管塞栓術、血管内治療、CTガイド下生検など

画像診断の基本はCTで、年間約3千万件のCTを実施。医療被ばくの多くはCTによるものだが、患者の希望、医療訴訟リスクから今後さらに増加。



放射線を用いた病気の治療：放射線治療

高エネルギーX線（放射線発生装置）

陽子線治療、重粒子線治療

密封小線源治療（放射線照射器具）

ガンマ線を利用

RI内用療法（非密封RI）

ベータ線、外国ではアルファ線も利用

医療法と放射線障害防止法による放射線管理。放射線照射器具と非密封RIは医療法のみによる放射線管理に。

3

非密封RI治療（アイソトープ治療）

- バセドウ病 ^{131}I -222MBq(6mCi)以上を経口投与
平成10年の厚生省課長通知により ^{131}I 500MBq (13mCi) まで外来治療できるようになり、RI治療患者数は増加
- 甲状腺癌 ^{131}I 3.7GBq(100mCi)以上を経口投与
放射線治療病室に収容。ベッド不足で、3~6ヶ月の入院待ち。
排気、排水設備など膨大な投資が必要で、採算が全くあわない。国公立病院が主だが、158ベッド/64病院に減少。
欧米なみの放射線管理にならないのか？
- 一部の患者は外国で非密封RI治療を受けている。
厳しすぎる新薬の承認、放射線管理による

4



甲状腺の非密封RI治療



日 本



オランダ



米 国

放射線医療その他の課題

● 育たないベンチャー企業

厳しい放射線管理、薬事法

日本のLocal rule でなく 国際的なGlobal standard で

● Mo-99, Tc-99m 供給制限

ヨーロッパでは、医療用原子炉の建設計画が進んでいる。日本では？

● RI 医療廃棄物

医療で用いる非密封RIは、すべて半減期60日以内の短半減期。 早く何とかならないか？

放射線利用について

田川精一

大阪大学産業科学研究所ビーム応用フロンティア分野分野長
CREST「極微細加工用レジスト研究とプロセスシミュレーターの開発」の研究代表者
大阪大学複合機能ナノファウンダリ超微細加工機能責任者

1

放射線施設・設備の整備と共用の促進

- 大型施設・設備の整備：世界的な施設・設備の建設
- 大学における放射線利用：設備の更新・維持が厳しい。
- 競争資金：審査、事後評価の公開
原子力基盤イニシアティブ、原子力試験研究、光・量子科学研究拠点形成に向けた基盤技術
- 大型設備の共用の促進
 1. 日本原子力研究開発機構の発足時の大学等からの危惧と要望への対応
 2. SPring-8, J-PARCへの共用法の適用等の基本的な整備、トリアルユース等の機動性のある対応
- 大学の設備の共用
- 量子ビームプラットフォーム
個々の活動を活かした効率的な国全体での施設利用システムの構築
支援メンバーの評価と出口

2

産官学連携

1. SPring-8, J-PARCにおける利用支援体制の構築、トライアルユースによる利用者の開拓
2. 日本原子力機構高崎研：多様な放射線利用
3. 民間（自治体）の先端施設利用
4. 広報活動：努力しているが有効な広報活動は必要



世界物理年フォーラム

量子ビーム・テクノロジー革命

未来型社会・産業を拓く21世紀の先端技術

開催日： 2005年5月25日(水)

主催と場所： 日本学術会議



開催日： 平成21年10月26(月)

開催場所： JSTホール 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ

国際競争力と国際交流・協力

- ・ 国際競争力

大型設備の整備：建設と運用

産業分野での放射線利用の競争力：治療用加速器、放射線利用の経済規模が最大の半導体の競争力低下

- ・ 国際交流・協力

基礎分野：大型設備利用は宿舎等の環境整備が必要

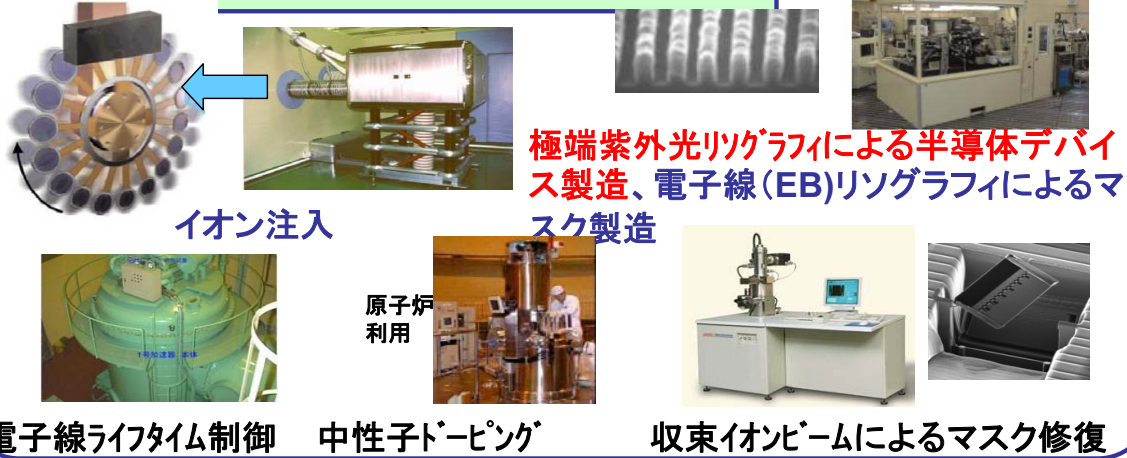
産業応用：科学技術面では世界最高レベルで、国際協力もFNCAやRCA等の活動が行われているが、国際交流、特に学会等への参加が急減し、日本の地盤低下が起こりつつある。

先端的な放射線利用の分野でもグローバル化の遅れによる日本の国際的な孤立化の心配もある。

放射線利用の国際競争力

国内加速器の分野別最大台数の治療用加速器の国内メーカーは生産中止している。ここでは放射線利用経済効果の最大分野である半導体を例に課題を紹介する。

半導体作製技術の放射線利用



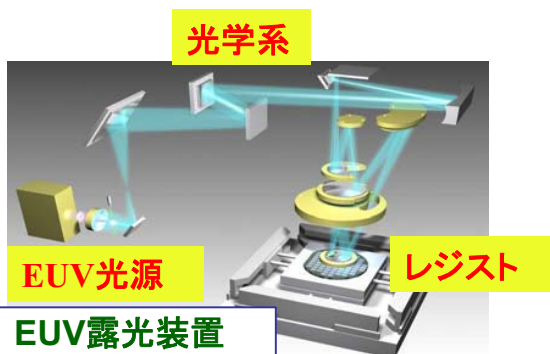
微細加工技術のナノテクノロジー等への波及効果



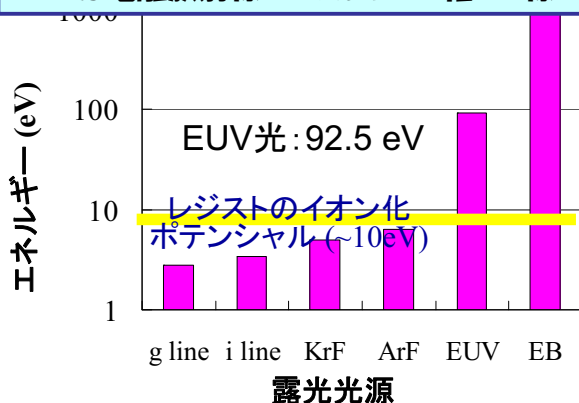
5

24

極端紫外光(EUV)は究極の量産リソグラフィで最大の放射線利用産業



EUVは電離放射線:エネルギーの低いX線



EUVリソグラフィは2013年22 nm の加工寸法から数世代に使用され、究極の量産リソグラフィで世界では確実に最大の放射線利用産業となる。科学と産業の基礎基盤である。

現在、日本はSelete, 米国はSematech, ヨーロッパはIMECで開発を推進し、米国とヨーロッパは来年以降、量産試作装置による実用化開発に入る。日本は未定。

理由? 日本の半導体メーカーは弱くなっている。世界の露光装置メーカー3社のうち、日本メーカー2社の最近の急激な弱体化。日本の材料メーカーは世界で独占的状況だが経済規模が半導体メーカーと比較して小さい。

ヨーロッパの半導体は最弱だが最強の研究開発コンソーシアムIMEC、米国は1985年には壊滅的だったが現在Intel, Sematech等世界最強の半導体王国に復活、韓国、台湾も健在である。

なぜ、日本のみ。

6

放射線利用の課題

放射線利用は非常に多様な国民生活、産業に広く関っている。放射線利用技術のみでは産業にはならないので放射線利用の経済規模は大きいが大きな放射線利用産業がない。放射線源開発や正しい放射線利用は企業だけでは難しい課題である。国民の強い支持のある医学への放射線利用でも米国との差は大きい。国全体の立場から国民生活への長期的な将来展望や学術的な価値を考えて、課題を整理して、解決策を探り、実施してゆくことが非常に重要であるが、この機能が弱いのでないか。放射線利用にとってはこの機能強化が最大の課題ではないかと思う。



放射線利用施設の運営について

中島 宏 先生ご説明資料

1



大型原子力施設のあり方

○施設整備のあり方

・原子力施設は多額の建設・運営資金が必要とされる。また、運営に当たっては原子力特有の安全の確保、廃棄物の適切な取り扱いが求められる。

・広く国内外の研究開発、教育等に供される機能を有する施設を計画的に整備し、国内外の公共財として運営すべき。

⇒ 原子力施設の整備・運営等を国として検討することが必要

⇒ 「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」の考え方をより広く適用する。

○施設運営の基本

国際的に一般的なルールとして認知されているIUPAP (International Union of Pure and Applied Physics)の提言に準拠

・課題の選定基準

a) 科学的意義(優位性)

b) 技術的妥当性

・課題選定に当たっては、機関、地域、国の公平性・透明性を基本とする。

・利用料金

成果公開は無料(実費)

成果専有は有料

⇒ J-PRAC

利用者協議会: 長期的利用計画

緊急利用にかかる柔軟性も併せて確保

課題審査委員会: IUPAPの精神に基づいている。

⇒ 利用制度・料金体系の明確化がなされている。

○効率的・効果的運営のための支援体制

・ユーザーズオフィス等支援事務部門の拡充

・技術的支援人員構成の再検討: 研究機関としての役割との兼ね合いが課題

例えば、外国施設ではリエゾン研究者と技術者がサポート^注

⇒ ユーザーオフィスの充実が必要
技術的支援体制については多くの課題がある。
外国施設並みの支援体制が必要

○その他留意すべき事項

先端科学技術の成果の社会還元

地域社会との連携

⇒ ・長期的視点に立った産学官連携が課題

・茨城県・東海村等地元の支援: 茨城量子ビームセンターの開設
・地域産業への経済効果を評価し、発信できる取り組みが重要

注 実験者の利用を支援するために、科学的・技術的側面から利用者と施設との連携を図る役割を担っている。

2

以下、参考資料

3

IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics) 提言

- ① 実験の選定と順位付けは受け入れ施設の責任において決定される。
- ② 実験の選定基準
 - a) 科学的意義(優位性)
 - b) 技術的妥当性
 - c) 実験グループの能力
 - d) 必要とするリソースの利用可能性
- ③ 実験を行うチームの機関、地域、国を差別して選定してはならない。
- ④ 採択された実験課題の実施に際し、受け入れ施設は、その施設がルーチン的に提供する措置以外に追加的な措置はしない。

例外とする場合、実験チームと施設側で各々の寄与について採択前に責任者間で合意を得る。
- ⑤ 受け入れ施設は、施設側で維持管理される実験エリアの運転コスト、設備を含む施設の運転コストを、実験グループから徴収しない。

この勧告に対する例外(特別事情)： 成果専有の研究

- ・ 特別事情を、人為的に利用を制限したり、参加を除外する理由としてはならない。
- ・ ユーザー施設に特別事情が存在しても、科学的なグループによる利用のための通常の手続きと条件を逸脱することに対して、施設はその理由を公表しておくべきである。
- ・ いかなる場合においても、発展途上国のニーズには特別な配慮をすべきである。

4

- ICFA (International Committee for Future Accelerator) [= IUPAP下部機関である Working Group] ガイドラインとしてまとめられている。
 - 実験の採択及び優先順位は、運営する研究所側の責任において決定。
 - ・ 上記の決定基準は、学術的価値、技術的実行可能性、実験グループの能力、必要な財源の入手、とする。
 - ・ 上記の決定は、グループの国籍や所属機関などによって影響されるべきでない。
 - ・ 実験に必要な財源の入手については、実験の採択審査の際に調べられる。実験に必要な経費の出費については、研究所とグループリーダーの間で取り決める。
 - 研究所側は、実験グループに対して加速器や実験装置の運転経費を要求しない。
 - 研究所が、他地域からの実験グループの参加が多すぎると判断した場合は、その参加を制限できる。



基本的には IUPAP ガイドラインと同じ

5

SNS: User Program に対する指針

- ガイドライン: IUPAPの提言に従い、利用者が最高のサイエンスを行えるよう支援する。(User Facility が根本の考え方)
 - ・ 中性子の安定供給のための中性子源維持・高性能化
 - ・ 最新鋭実験装置の維持・高性能化
 - ・ 熟練した職員による施設、実験装置の維持・高性能化と利用者に対する支援
- ビームライン: 第三者の設置するビームラインも含め、SNSですべて運転維持管理を行う。
- 一般利用と所有者利用: すべてのビームラインに対し、一般利用枠75%、所有者利用枠20%以内、施設枠5%程度。
- ビーム料金: 成果公開研究は IUPAP 指針に従い無償。成果非公開研究は有償。
- 審査、諮問委員会等
 - ・ Scientific Advisory Board (SAB)
SNS 施設長に対して、進めるべきサイエンス、研究成果の質・量等の最適化についての指針を提言。
 - ・ Users' Executive Committee (UEC)
施設運営に対して利用者の意見を提言することを目的とする利用者からなる委員会。
 - ・ Proposal Review Committees (PRCs)
研究課題審査委員会。主に外部の委員からなる。

6

ISIS: User Program に対する指針

- ガイドライン: CCLRC(Council for the Central Laboratory of the Research Councils) の大型施設群(ISIS、SRS、CLF)において、世界をリードするサイエンスを遂行するための利用体制の構築。
- ビームライン: 英国内のビームラインは、英国における科研費製作でも、すべてISISに帰属。国外において製作されたビームラインは、当該国の所有。
- 一般利用と所有者利用: すべて一般利用に供し、所有者枠はない。ただし、5%以下程度のDirector枠。
- ビーム料金: 国内利用者には、成果公開研究に対しては無償（以前、一時有償の時期もあったが、成果が急落したため無償に戻した）。国外利用者に対しては原則有償（IUPAPガイドラインには従っていない）だが、例外措置あり。
- 審査、諮問委員会等
 - Scientific Advisory Committee
ISIS 施設長に対して、進めるべきサイエンス、研究成果の質・量等の最適化についての指針を提言する。
 - ISIS Users' Committee
施設運営に対して利用者の意見を提言することを目的とする利用者からなる委員会。
 - Facility Access Panel (FAP)
研究課題審査委員会。主に外部の委員からなる。

7

類似の学際複合施設の例

- SNS(米国、中性子散乱実験施設)
 - 多機関で共同建設 → 一機関による運営
- CERN(欧州素粒子物理研究機構)
 - 高エネルギー物理の国際共同研究施設
 - 複数の陽子加速器施設

8

建設期; 1999－2006 1.4B\$, 1.4MW, ORNLに建設

DOE所属の6研究所の協力による建設（米国始まって以来の大掛かりな研究所間協力）

Argonne National Lab (ANL) (実験装置建設分担)

Brookhaven National Lab (BNL) (蓄積リング建設分担)

Lawrence Berkeley National Lab (LBNL) (イオンソース建設分担)

Los Alamos National Lab (LANL) (常伝導Linac建設分担 (200MeV迄))

Oak Ridge National Lab (ORNL) (中性子ターゲットステーション建設分担と**全体統括**)

Thomas Jefferson Nat'l Accelerator Facility (JLab) (超伝導Linac建設分担(200MeV以上))

運営期; 2006 (初ビーム 2006年4月)～

ORNL単独による統括運営

Neutron Science Directorate(NSD)(600名程度の職員) の形成(2006年10月)

SNS(1.4MW核破碎中性子源)とHFIR(85MW研究用原子炉)組織の統合

(目指すサイエンス、利用者、技術開発が共通であること、より効率的な運用を可能とする)

(NSDをライン(縦系)とし、ORNLの他の研究組織との連携研究(横系)を行う)

すべての装置(大学、海外の装置も含む)をSNSに移管し、運営管理する。

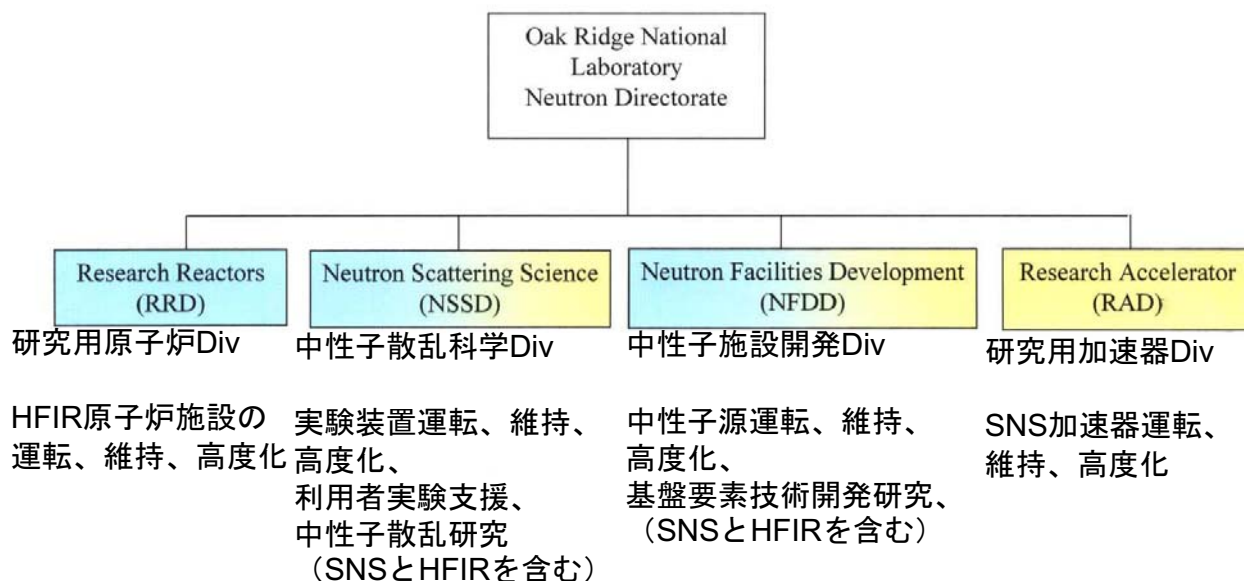
現在18台の装置が予算済み

9

オークリッジ研究所中性子部門組織

● ORNLs Neutron Directorate Organization

(SNS(1.4MW)とHFIR(85MW)の2つの施設を統合し運営)



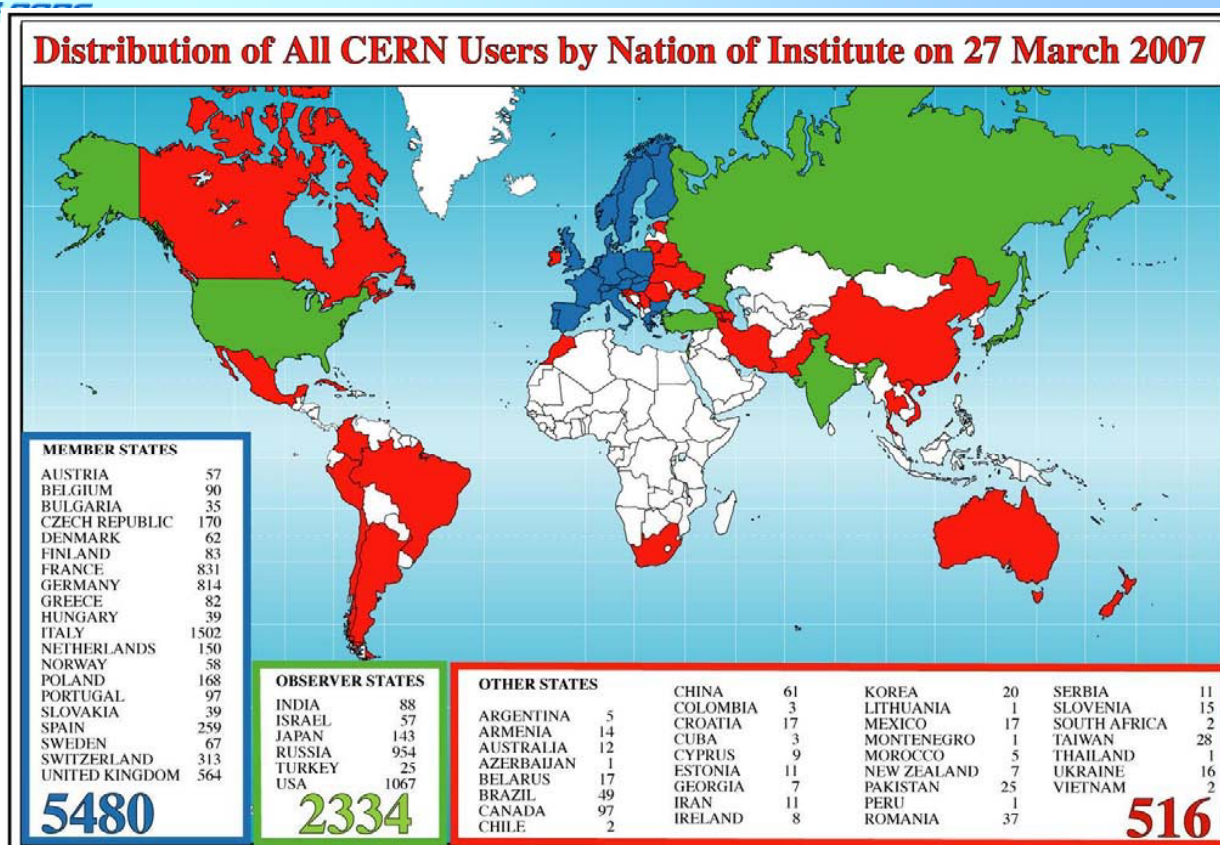
CERN 構成国



AGC – January 11, 2008

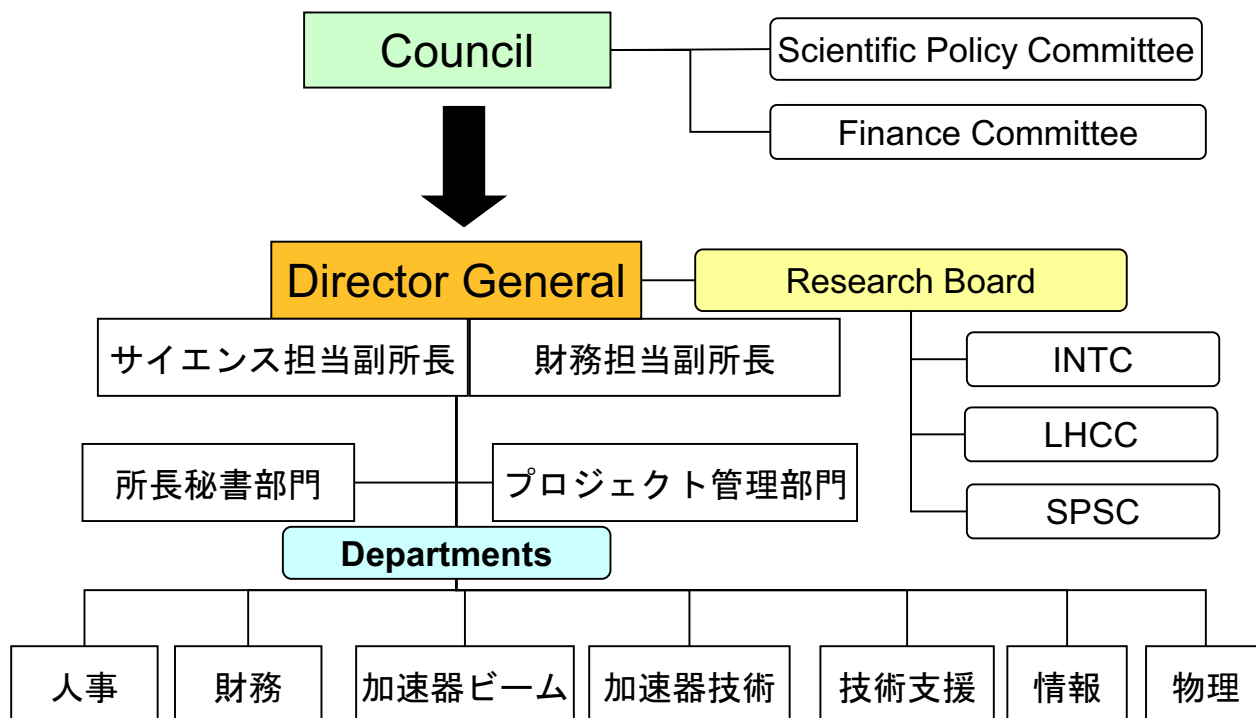
11 11

CERN ユーザー国際分布



12

CERNの運営組織



13

CERN: Councilと Director General

■ CERN Council (評議会)

- メンバー国の代表2名ずつからなる最高決定機関。
- 科学上、技術上、運営上のポリシーを決定する。
- 研究プログラムの承認、予算の承認、支出の監査。
- Scientific Policy Committee および Finance Committee からの助言を受ける。
- Director General(所長)を指名。



■ Director General(所長)

- 評議会の指名によりCERNを運営する。
- 2人の副所長: サイエンス担当、財務担当
- 所長秘書部門とプロジェクト管理部門 + Departments

14

- 実験プロポーザルを受け付け



- 実験プロポーザルの審査



- 覚書(MoU)の締結 → 実験の実施

- 実験提案者と研究所の間で

-
- ACCU(Advisory Committee of CERN Users)

- CERN Managementとユーザー代表との議論の場
- 年4回、ミーティングを開催。
- 宿舎, レストラン, トレーニング, 情報ポリシー, レンタカー, 等の諸問題について議論。所内の諸検討委員会に委員を選出。

15

- Research Board: 所長が委員長(内部委員+各PACの委員長)

- 各実験施設のPAC(約半数は外部委員)の評価を基に採択を決定→研究所の実験プログラムと認定
- 各PACでは、学術的価値、技術的実行可能性、必要とされる資源、を考慮して審査。

- INTC: ISOLDE-Ntof実験委員会(RI分離装置と中性子実験施設)
- LHCC: LHC実験委員会(Large Hadron Collider実験施設)
- SPSC: SPSとPS実験委員会(陽子シンクロトロン実験施設)

16



主な中性子源施設の料金体系



研究所・施設		ラザフォード・アップルトン 研究所 (RAL)	ロスアラモス国立研 究所 (LANL)	オークリッジ国立 研究所 ORNL
中性子源(設置場所、 国)		ISIS加速器 (デイトコト、英)	LANSCE加速器 (ロスアラモス、米)	SNS 加速器 (オークリッジ、米)
運営母体		中央研究所評議会 CCLRC	エネルギー省 DOE	エネルギー省 DOE
成果公開	ビーム利用料 金	英国内のユーザーのみ 無償	無償	無償
	追加料金	実費	実費	実費
成果非公開 1\$=110円, 1£=230円で換算		有償 (414万円/日)	有償 (165万円/日)	有償 (422万円/日) ※FY2010見込

17



主な放射光施設の料金体系



別添資料

研究所・施設		理化学研究所 RIKEN	高エネルギー 加速器研究機 構 KEK	欧州放射光施設 ESRF	アルゴンヌ国 立研究所ANL
線源(設置場所、 国)		SPring-8 (播磨、日)	Photon Factory (つくば、日)	ESRF (グルノーブル、仏)	APS (シカゴ、米)
運営母体		JASRI	KEK	欧州18ヶ国 共同運営	エネルギー省 DOE
成果公 開	ビーム利用 料金	無償	無償	}	無償
	追加料金	定額(10,300円/8h) ＋ 従量分	実費【注】		実費
成果非公開		有償 共用BL: ・一般 144万円/日 ・時期指定 216万円/日 専用BL: 93.6万円/日＋ (設置者側運営費)	施設利用の場合 65.5万円/日(通常 ライン) 128.5万円/日(高 性能ライン)	・一般・生物高分子、使 用時間、加盟・非加盟国 別など細かな区分 (113～187万円/日) ・データ収集サービスは、試 料数・イメージ数別に別料 金	有償 (50万円/日)

1\$=110円, 1ユーロ=130円

【注】特別な消耗品等の持ち込みを言う

18



諸外国の施設運営の状況

欧州原子核研究機構(CERN)

- ・EU20カ国共同運営
予算規模: 約1000億円(人件費込み)
- ・研究課題は全て公募
課題決定: Research Board(21名の物理学者)
- ・ビーム使用料は原則無料
実験装置は各課題負担が原則
- ・支援体制
職員: 約2400人(物理系3%、工学系40%、技術系35%)
ユーザー数: 約12000人

フェルミ加速器研究所(FNAL)

- ・シカゴ大を中心とした大学連合による運営
Fermi Research Alliance (FRA)
FRA Board による科学戦略及び方針の決定
予算規模: 約310億円(人件費約130億円)
- ・覚書(MOU)により、利用可能
ビーム使用料は無料(成果公開原則)
- ・体制
職員: 約1900人(物理、工学系約900人)
ユーザー数: 約2300人

欧州放射光研究機構(ESRF)

- ・EU12カ国共同運営
予算規模: 約104億円
- ・研究課題は全て公募
Review committees で分野毎課題審査
ビームライン設置については別途審査
- ・ビーム使用料は無料(成果公開原則)
- ・支援体制
職員: 約600人
ユーザー数: 約6000人

米国核破砕中性子源施設(SNS)

- ・オークリッジ国立研究所による運営
Scientific Advisory Board (SAB)による提言
- ・研究課題は全て公募
Review committees で分野毎課題審査
ビームライン設置については別途審査
- ・ビーム使用料は無料(成果公開原則)
- ・支援体制
職員: 約600人(加速器を除く)
ユーザー数: 約2000人(最終形での予測)



J-PRAC

放射線利用のための放射線工学 の役割と課題

中島 宏 先生ご説明資料

1



放射線利用のための放射線工学の役割と課題

J-PRAC

放射線工学の役割:物質や体内などでの放射線の挙動を解析、測定することにより、原子炉、核燃料施設、RI使用施設、加速器等の設計、放射線被曝評価、照射効果を予測、測定し、原子力、医学、宇宙開発、産業利用等に資すること。

放射線挙動解析:放射線の挙動(空間、エネルギー変化)をコンピュータプログラム(コード)及び核データを用いて予測(シミュレーション)する。

計算コード

米国製: ANISN、DOT3.5

30年以上前開発、原子炉許認可の主流

DORT、MCNP、MCNPX、FLUKA

近年開発、世界で広く使用

日本製: MVP、PHITS

近年開発、世界的に使用

核データ:放射線挙動解析のための物理データ

米国製: ENDF

30年以上前開発、原子炉許認可の主流

日本製: JENDL

・米国DOE及びDOCの指示で、我が国で民間も含めて広く利用されてきたコード: MCNP及びMCNPXが**配布制限**となった。

非公開の理由は公表されていない:

過去の例からして、今後も起こりうる!

影響

①原子力技術開発に制約がかかる。

②安全評価に最新の知見が反映できない。

③国際標準手法として米国のコードが使用されているため、原子力技術輸出、海外移転に制約。

現状

・放射線挙動解析は、多くが米国製に依存してきた。

・安全評価は極めて保守的なため、最新の国産技術の開発を阻害してきたが、今後は**国産の放射線挙動解析技術開発が必要**

課題

①放射線挙動解析技術の開発、維持管理

②多種・多様な放射線の物理・工学の知見を有する優れた研究者確保が必要(後継者不足が懸念)

③利用を普及させ、評価結果の信頼性を確保するためには、コード及びデータの維持・管理が必要

2

以下、参考資料

3

放射線工学とは

放射線工学の役割

物質や体内などでの放射線の挙動を解析、測定することにより、原子炉、核燃料施設、RI使用施設、加速器等の設計、放射線被曝評価、照射効果を予測、測定し、原子力、医学、宇宙開発、産業利用等に資すること。

放射線挙動解析

放射線の挙動(空間変化、エネルギー変化)をコンピュータプログラム(コード)及び核データを用いて予測(シミュレーション)すること。

放射線挙動解析の方法

ボルツマン輸送方程式、モンテカルロ法が広く適用され、現在は以下のようなシミュレーションコードが利用されている。

米国製

ANISN、DOT3.5:30年以上前開発、現在の原子炉許認可の主流

DORT、MCNP、MCNPX、FLUKA:近年開発、世界で広く使用

日本製

MVP、PHITS:近年開発、世界的に使用

核データ

放射線の挙動を解析するために使う物理データ

米国製

ENDF 現在の原子炉許認可の主流は30年以上前のもの

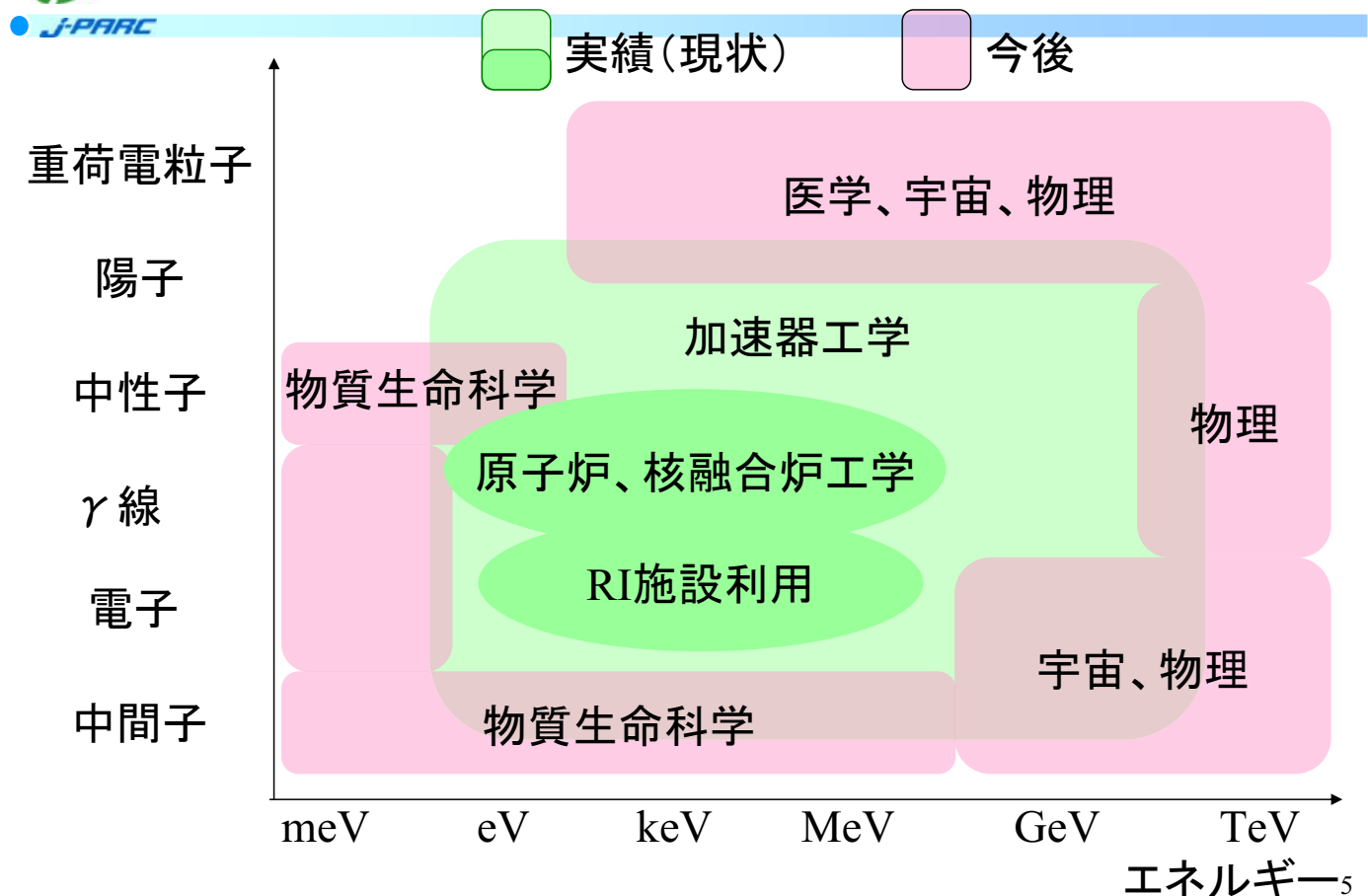
日本製

JENDL

4



放射線利用の広がり ⇒ より多様な粒子、幅広いエネルギーへ



放射線挙動解析コードにおける使用制限

2009年4月 米国DOE及びDOCの指示で、我が国で民間も含めて広く利用されてきたモンテカルロ計算コード:MCNP及びMCNPXが配布制限となった。

6月 配布制限は解除されたが、内容が非公開となり実質的に利用ができない。

非公開の理由は不明:著作権問題?品質保証問題?

影響

- ①原子力技術開発に制約がかかる。
- ②安全評価に最新の知見が反映できない。
- ③原子力技術輸出、海外移転に制約がかかる。

これまでのコード及びデータの使用制限の例:今後も起こりうる!

○国家(米国)による制限

- ・ENDF/B-Vの非公開
- ・MCNP、RELAP公開停止情報

○作成者による制限

- ・FLUKA(CERN)の内容公開制限、精度検証禁止
- ・MARSの内容公開制限

国産のコード及びデータ開発が必要

- 放射線挙動解析は、多くが米国製に依存してきた。
- 安全評価は極めて保守的なため、最新の国産技術の開発を阻害してきたが、今後は**国産の放射線挙動解析技術開発が必要**



放射線挙動解析技術の開発、維持管理

- 多種・多様な放射線の物理、工学の知見を有する優れた研究者の確保が必要（後継者不足が懸念）
- 利用を普及させ、評価結果の信頼性を確保するためには、コード及びデータの維持・管理が必要

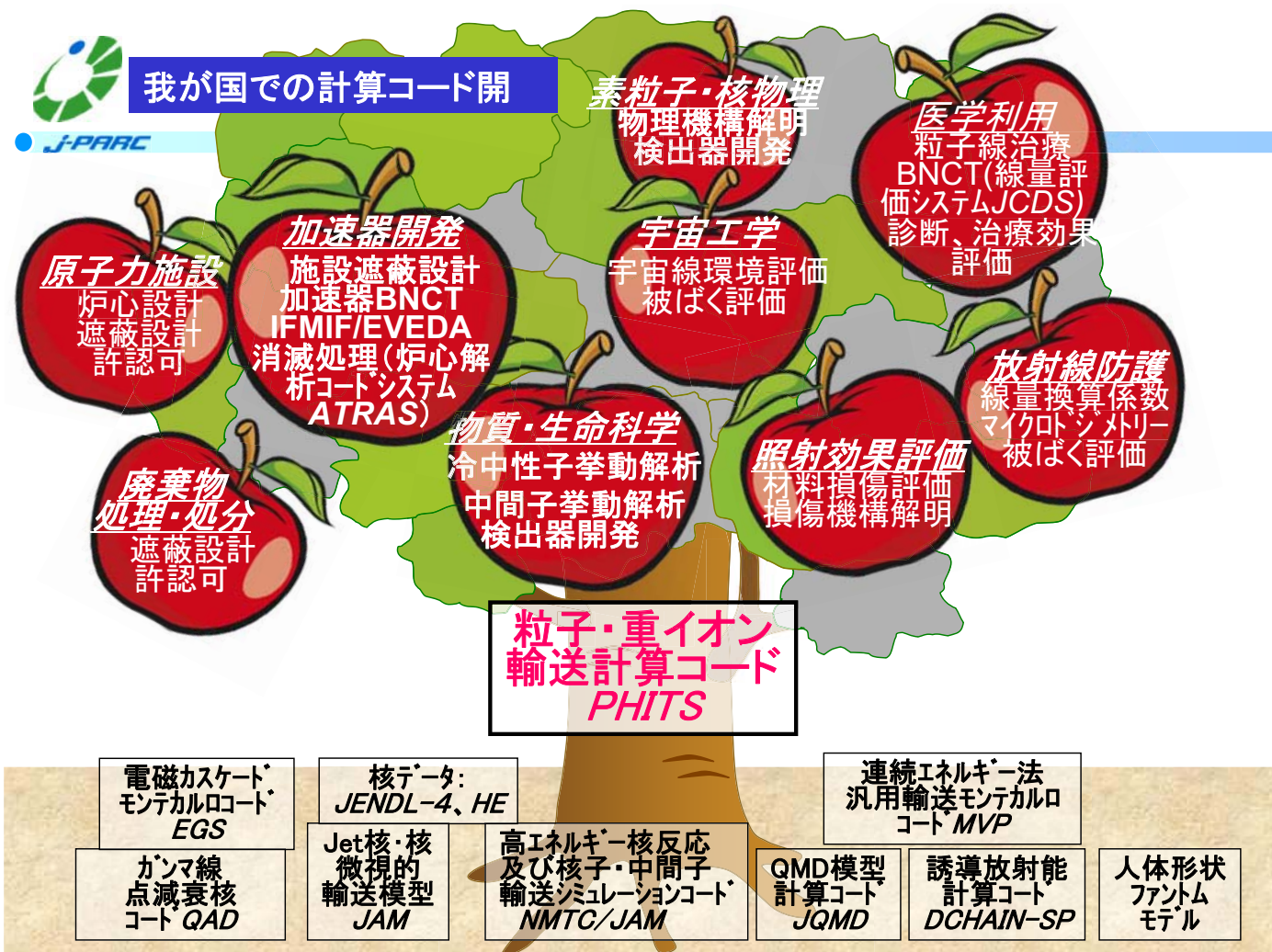
参考

MCNP(米国)の維持管理費：20人年x30年＝約60億円

PHITS(日本)の開発費：約1億円(10年間)(J-PARC予算の一部)、維持管理の予算はなし

7

我が国での計算コード開



放射化学（宇宙化学）から動物・植物組織培養、植物生理学分野の研究に携わってきた経験から、いつの時代でも放射線・アイソトープの利用は他の手法では得られない優れた手法を提供してきていることを確信しています。

【利用】

1. 分析技術：多元素同時測定が可能

原子炉、加速器

- ・ 非破壊分析：絶対量を求める唯一の手段である。
例：標準試料の分析値は米国 NIST では放射化分析を採用している。
例：鉍脈の探索（岩石の分析）
- ・ 破壊分析
放射化学的分離が必要であるが現在殆ど行われていない。
応用は広い。

2. 各種トレーサー実験：マクロからミクロまで

蛋白・核酸実験、食物の生物体内挙動、生理活性物質の分析、有機合成実験

3. イメージング：明条件下、定量的、ミクロからマクロまで。動画が可能。

現在イメージングは蛍光イメージングが急激に発展⇒分野としてはかなり偏る。

- ・ 中性子線：水分像、燃料電池（DOE は 5 年前から実施）、飛行機、パーツ、
古文化財、麻薬検査？
- ・ γ線：γナイフ、突然変異体、フィーダーレヤー、害虫駆除、（水分計）
- ・ X線：魚類、動物の骨撮影
- ・ アイソトープ

原子炉、加速器

ポジトロン放出核種 ←短半減期、PET

加速器

ポジトロン線の抜け：画像の定量性？分解能はmm以下にはなれず、

β線放出核種

画像に定量性がある。静止画と動画が可能。高分解能

4. その他 SPring8 などの加速器や J-PARC などは省略

【問題点】

1. 利用者の激減 身近ではなくなった。研究者でさえ敬遠。
2. 放射化学分野の激減 （生物、物理はまだ残る）
3. 放射線の利用とは大型設備の利用のみと考えられがち。

【打開策】：もっと放射線を身近に。

非密封アイソトープ利用（トレーサー実験）の促進。

放射化学教育の普及 （放射化学という名前を残した研究室は日本は極僅か、米国は～20）

非密封利用者への教育に授業を入れ込む。

これらを通して放射線・アイソトープ利用は研究の重要なツールであることを広く示す。

【まとめ】

量子ビームなど大型設備を使った放射線技術の展開は行われていますが、一方、研究基盤を支える放射線の利用の大切さが忘れられつつあるように思えます。放射線の利用は研究開発分野を超えて非常に有用なツールを提供します。分析、トレーサー実験、イメージング、いずれもわが国が世界をリードする上で、先端技術開発を支える重要な手法です。

放射線のイメージがあまり受け入れられないことを理由にこれらの利用を推進しないことは、研究の上だけでなく、将来の技術開発に大きなハンディを作ることになります。政府が推進してきた重点4分野+4においても放射線の利用促進がどれだけ研究の優位性を保つことができるか測り知れません。

これから益々、現場におけるプロセスの革新へ向けた科学が必要となってきます。工業だけでなく、農業における現場の技術、施肥、育種、水管理どれをとっても放射線の利用が新しい分野を切り開く大きな鍵となるでしょう。

予算があるところには人が集まり研究成果が出てきます。日本で唯一の日本原子力研究開発機構でも研究開発面の予算が極端に不足しています。大学でも特に理学部、農学部での放射線利用研究を伸ばしていくことが大切です。良い成果ができれば若手の研究者も夢を持って集まってきます。

J-PARCに関わる 茨城県の取り組み

中性子ビームラインの整備と産業利用の促進

平成21年12月25日

林 眞琴

茨城県企画部

サイエンスフロンティア21構想の推進

つくば, 東海, 日立, 鹿島地区の連携強化を図り, 大強度陽子加速器(J-PARC)を核とした一大先端産業地域の形成に向け, 県中性子ビームラインを整備するとともに, 中性子の産業利用を促進します。

サイエンスフロンティア21構想 (平成13年度策定)

<施策の方向>

- ・J-PARCの産業利用・産業波及の促進
- ・多様な人材の育成
- ・国際的な研究を支える地域環境の整備

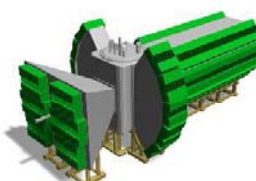


J-PARCの産業利用の促進

県内産業の高度化
(新技術開発, 研究支援のビジネス展開)



茨城県中性子ビームラインの整備



◆材料構造解析装置



◆生命物質構造解析装置



◆いばらき量子ビーム研究センター

産学官共同研究施設の整備

- ◇新事業・新産業の創出
- ◇研究開発・産業拠点の形成

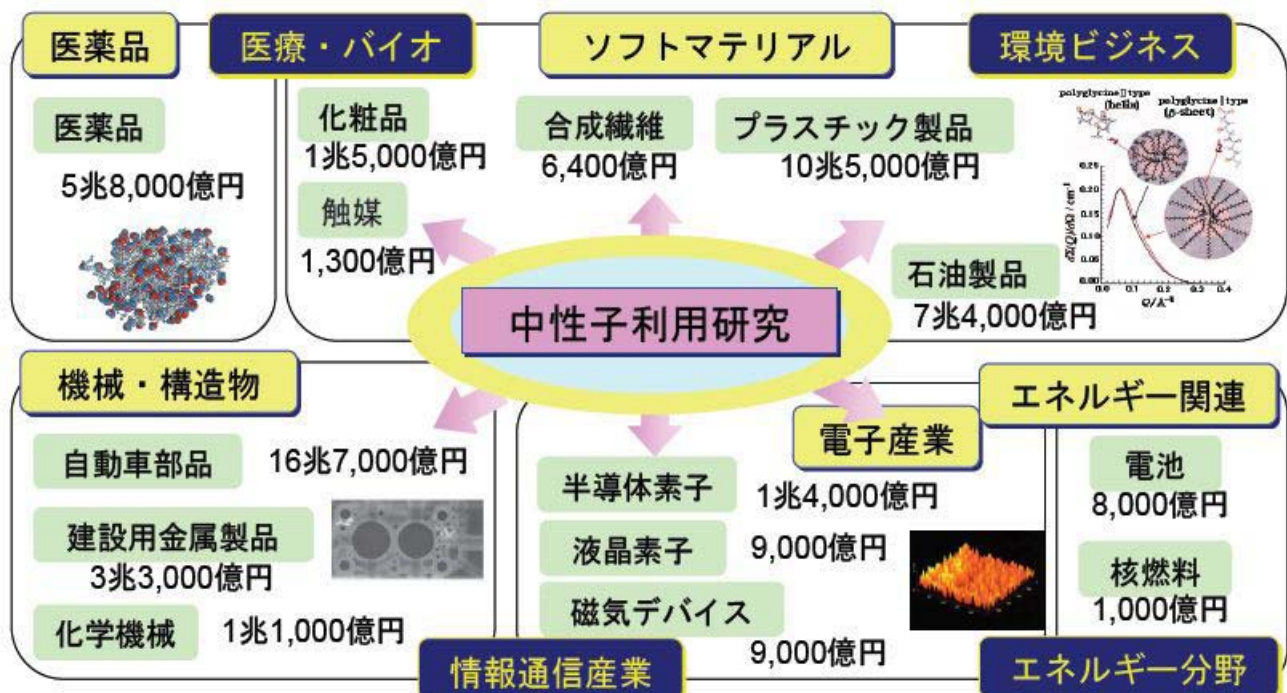
産業における中性子の適用対象と技術

3

産業分野	適用対象	適用技術
電機・電器	MRAM, 光磁気ディスク 磁気記録ヘッド, 液晶	粉末回折, 偏極回折, 反射率計
化学・繊維	ディスプレイ用機能性薄膜 高分子触媒, 機能性プラス チック, ゴム, 半導体素材 高張力繊維	反射率計, 小角散乱, 粉末回折, ドーピング
鉄鋼・金属	超高張力鋼, 燃料電池用水素 貯蔵容器, Ti・Al合金, 磁石	小角散乱, 偏極回折, 残留応力, 集合組織
自動車・部 品	エンジン, 燃料電池, 自動車 部品	残留応力, 集合組織, 粉末回折,
重工・機械	発電プラント, 建設機械	残留応力, 集合組織
電力・ガス	発電プラント, 燃料電池	残留応力, 集合組織, 粉末回折
建設・土木	コンクリート構造, 橋梁	ラジオグラフィ
製薬・食 品・化粧品	薬品, 機能性食品, 機能性化 粧品	単結晶構造解析, 粉末回折

中性子応用分野と市場規模

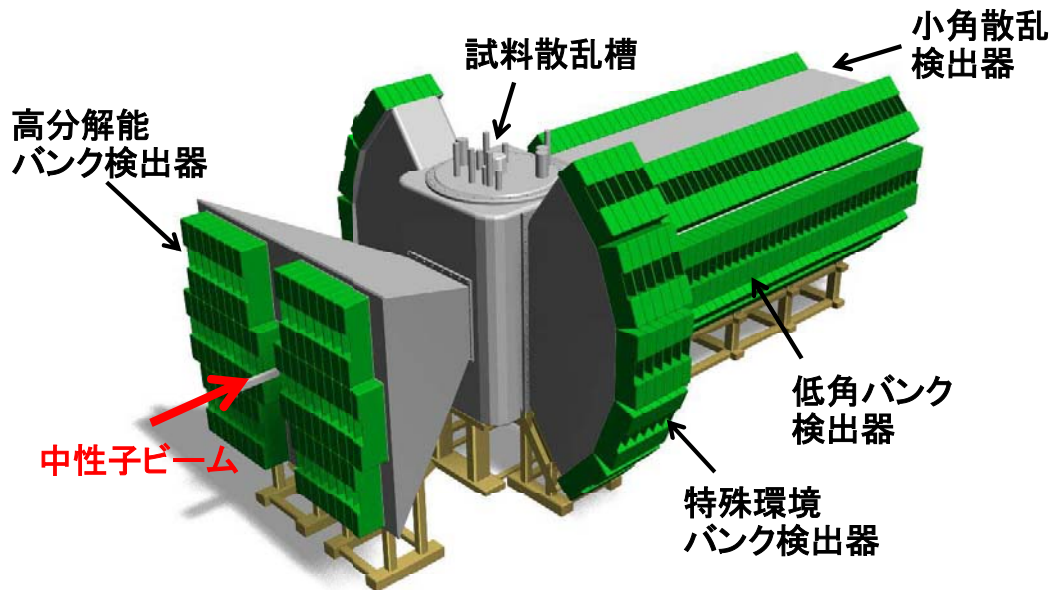
4



J-PARCセンター調査資料より引用

市場規模: 52兆円 = GDPの約10%

茨城県材料構造解析装置(iMATERIA) 5



目的

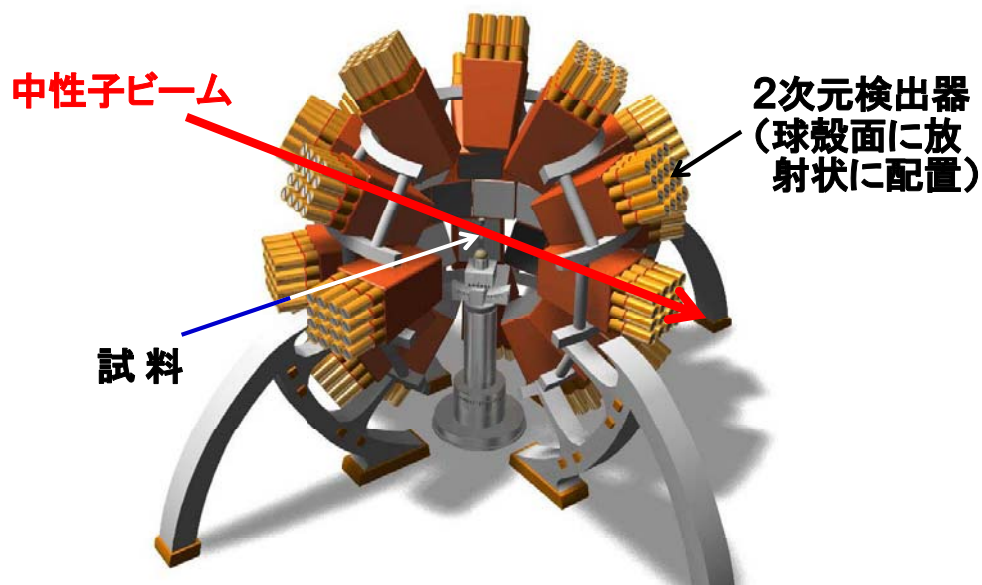
新規材料構造評価システムを開発し高付加価値材料の創成を実現

応用例

・環境問題への貢献

- 高性能燃料電池の開発, 水素吸蔵材料の開発
- ・大容量小型電池の開発-Liイオン電池材料
- ・高密度磁気メモリの開発
- ・高温超伝導材料の開発-超伝導磁石
- ・生体用材料の開発

茨城県生命物質構造解析装置(iBIX) 6



目的

タンパク質等の機能・化学反応に寄与する水素・水和構造の解明

応用例

- ・タンパク質の機能を制御した新しい医薬品の開発
 - 難病治療の特効薬, 副作用のない薬
- ・生体高分子, 有機分子による機能性材料の開発
 - 生分解性材料, 発光プラスチック
- ・冷凍保存技術の開発
 - 冷凍食品, 移植臓器の保存
- ・環境浄化バクテリアの開発

茨城県ビームライン運営の基本方針

7

1. 産業界が利用しやすい運営システムの構築

- ① **利用者に対する支援スタッフの充実**
充実した技術相談、測定・解析支援スタッフの整備
- ② **使いたいときにすぐ使える利用システムの構築**
随時受付枠、緊急利用枠の設定
- ③ **秘密保持システムの構築**
産業界が安心して利用できるシステムの構築
もの(試料)・ひと・情報の厳格な管理
コンプライアンスの徹底 (倫理教育の実施)
- ④ **産業利用の促進**
トライアルユースの実施
メールインサービスの実施 (段階的に実施)
- ⑤ **運用実績を踏まえたフレキシブルな対応の実施**
ユーザー意見の適確な反映 (県BL利用者懇談会(仮称)の整備)

2. 県内企業に対する優遇措置

- ① **負担金額(利用料金)の割引**
- ② **優先的な利用の実施**
- ③ **充実した利用支援、技術支援**

課題と取り組み

8

1. 茨城県ビームラインのユーザ開拓(利用促進)

- ・ 中性子産業利用に対する理解度を深めて利用者を拡大

2. 茨城県ビームラインの機能高度化(H21～H24年度)

- ・ 最先端の性能を維持するため利用者ニーズを踏まえた機器性能の高度化
- ・ 試料周辺装置の整備や解析ソフトウェアの改良

3. 具体的な成果の早期創出

- ・ リチウムイオン電池材料開発のための構造解析
- ・ 鉄鋼材料中のナノ析出物の構造解析と水素トラップサイトの解明
- ・ タンパク質やアミノ酸等の水素・水和構造の解明

4. 小型中性子源および関連装置の開発

- ・ 産業利用および研究用回折・散乱装置用の中性子源の開発
- ・ 地元企業の技術力を生かした中性子の産業・研究利用のための光学系・検出系製品の開発

5. 量子ビームの医療分野における活用

- ・ 小型加速器中性子源を用いたホウ素中性子捕捉療法(BNCT)の開発

産業利用促進のための施策

1. 茨城県中性子利用促進研究会

材料構造解析研究会, 生命物質構造解析研究会, 中小企業利用研究会

2. 県内中性子利用連絡協議会

県内企業の中性子利用促進と関連産業育成に寄与するための活動組織

3. 中性子産業応用セミナー

全国の企業の利用拡大を図るため全国の主要都市で開催

4. 企業セミナー・技術相談会

パワーユーザを期待される企業を訪問して中性子産業利用技術を紹介

5. 中性子産業利用推進協議会

中性子実験施設利用企業が施設や国に対して提案するための組織

6. 中性子産業利用促進連絡会議

J-PARCセンター, JAEA, KEK, 茨城県, 放振協, 東大などが連携してPR活動

7. J-PARC/MLF利用者懇談会

中性子実験施設利用者の意見を反映するための組織

青字：茨城県関連, 緑字：協議会関連, 黒字：J-PARC関連

中性子の産業利用拡大のための課題

1. J-PARC/MLF周辺への実験室や研究室の整備

2. 測定した放射化物質の持ち出し制限の緩和

3. ユーザの利用環境の整備

宿泊施設と移動手段の充実

4. J-PARCとJRR-3の共存

5. J-PARCとJRR-3の管理体制の一元化

6. JRR-3の9サイクル運転化による利用拡大

7. 小型中性子源の開発

8. 放射線管理区域外での非破壊検査規制の緩和

黒字：予算に関わるもの, 青字：規制に関わるもの, 緑字：施策に関わるもの

1. J-PARCのビーム出力1MWの早期実現と十分な運転時間の確保
2. J-PARCの利用料金の低廉化
3. 利用者の利便性を高める施設の整備と研究開発を支援するスタッフの充実
4. トライアルユース制度の拡充と量子ビームプラットフォームの構築推進
5. 高レベル放射性廃棄物の隔離期間を大幅に短縮する核変換実験施設の早期整備

黒字：予算に関わるもの，青字：規制に関わるもの，緑字：施策に関わるもの

補足資料

利用料金について

J-PARCでは「成果非公開課題」には利用料金が課金される見込みである。この課金制度は政策上当然の措置と考えるが、産業利用では知財保持の立場から「成果非公開」も重要な利用の条件となっているので、高額な課金を課せば、実質的には産業利用禁止と同じ効果を出すことになり、産業利用奨励の立場からは全く逆の結果をもたらす恐れがある。

具体的にいえば、この利用料金の算定の根拠は利用者の受益者負担の立場から運転に必要な経費の時間単価となっている。中性子のビーム強度は放射光と比較してはるかに弱く、ビーム数も少ないが、中性子ビーム発生という条件を満たすためには膨大な経費が必要である。そのため、各ビームポートでの単位時間当たりの必要経費は、放射光に比べてはるかに高くなる。回折実験のように長時間の利用が不可欠の実験では必要経費をそのまま受益者負担とすると膨大な金額になり、実質的には産業利用を排除することになる。事例を挙げれば、1個のタンパク質結晶試料の測定に非常に高額な負担が想定される。このような利用料金を支払う企業が存在することは国内外において考え難い。

対策としては、利用料金のキャップ制（上限）などを導入して、成果非公開課題でも現実的に負担できる料金制を導入していただきたい。

放射線利用分野における途上国協力 の現状と課題

日本のアジア途上国原子力協力は
1984年の原子力委員会「開発途上国
協力問題懇談会」の決定から始まった

JAEC Feb. 2, 2010 S.Machi

1

放射線の特徴を生かすことが重要

- 照射の工業利用：無触媒・室温・固相での反応、
殺菌効果（医療用具）
- 医療：癌の放射線治療（器官の温存）
核医学（画像による早期診断）
- 農業：環境にやさしい技術
品種改良（突然変異）：耐ストレス・高収穫
食品照射：薬品に代わる方法；殺虫、衛生
化、発芽防止、防疫
害虫駆除：不妊虫放飼法

JAEC Feb. 2, 2010 S.Machi

2

放射線利用の途上国協力の意義

- 持続的発展と貧困削減に役立つ技術としての放射線利用
- 放射線利用先進国日本の研究・技術力が求められている
- 放射線利用分野(農業・食糧、医療)は途上国協力の重要な柱

JAEC Feb. 2, 2010 S.Machi

3

途上国協力の枠組み

- 二国間協力
ベトナム、マレーシア、韓国など
- 多国間協力
FNCA—アジア原子力協力フォーラム
- IAEA協力
RCA—アジア地域協力・技術協力プログラム

JAEC Feb. 2, 2010 S.Machi

4

放射線利用協力の現行分野

- 農業(持続的・高効率農業)
- 医療(癌治療、核医学診断)
- 工業(放射線照射利用技術)
- 環境(NAAによる環境モニタリング)
- 研究炉利用(安全評価)

JAEC Feb. 2, 2010 S.Machi

5

Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA)



6

JAEC Feb. 2, 2010 S.Machi

FNCA (Forum for Nuclear Cooperation in Asia)

Vision Statement **(adopted by MM in 2000)**

The FNCA is to be recognized as an effective mechanism for enhancing socioeconomic development through active regional partnership in the peaceful and safe utilization of nuclear technology

7

JAEC Feb. 2, 2010 S.Machi

国の政策から見たFNCAの意義

- 新成長戦略の中で「アジア」と「科学技術外交」は重要な位置付け
- 東アジア共同体構想への寄与
- 大臣級による議論と認識の共有

JAEC Feb. 2, 2010 S.Machi

8

The 9th FNCA Ministerial-level Meeting

Nov. 28, 2008, Manila, the Philippines

General Chair: Secretary Alabastro



9

JAEC Feb. 2, 2010 S.Machi

Tc-99m Generator Production by PZC-Mo-99 Technology

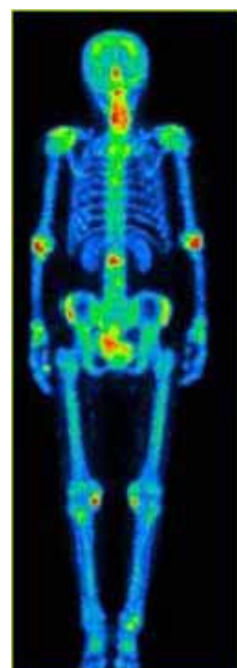
Advantages: Using n-gamma reaction
Not using enriched U-235
No HLRW
Low cost



PZC-Mo-99 column production



Tc-99m Generator



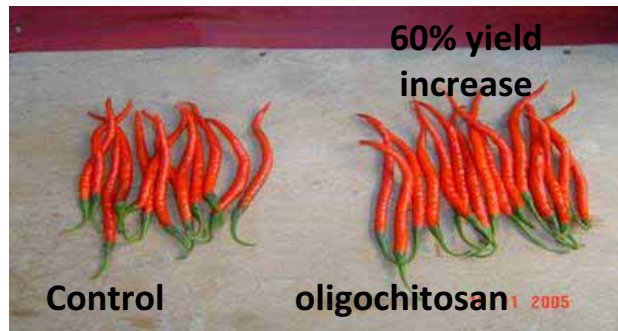
**Gamma Camera Imaging
Bone cancer**

10

FNCA WS on HIRD, Dacca
Nov.'08 S.Machi

Radiation Degraded Chitosan to Promote Growth of Plants (Reducing chemical fertilizer and pesticide)

Red chili, Indonesia,



Mustard spinach; Japan, (100ppm, 3 times sprays, cultivation.,1 month)



11

Bio-Fertilizer of Rhizobium Increasing Yield of Grain Legume Radiation for Inoculants Production

with Rhizobium

Mungbean



Soybean



without Rhizobium



Increase in Yield and Income by Application of *Rhizobium* Biofertilizer (Thailand, '07)

Host plant	Season, Location	Increased yield (%)	Increased income (baht/ha)
Soybean	Rainy, 2534 10 plots	49.4	4,056.25
Peanut	Rainy, 2534 Ubonratchathani	34.0	3,718.75
Yard long bean	Dry, 2536 Udonthani	25.6	30,875
Sweet pea	Dry, 2536 Chiang Rai	52.2	25,650

(Chirasak, 2000)

13

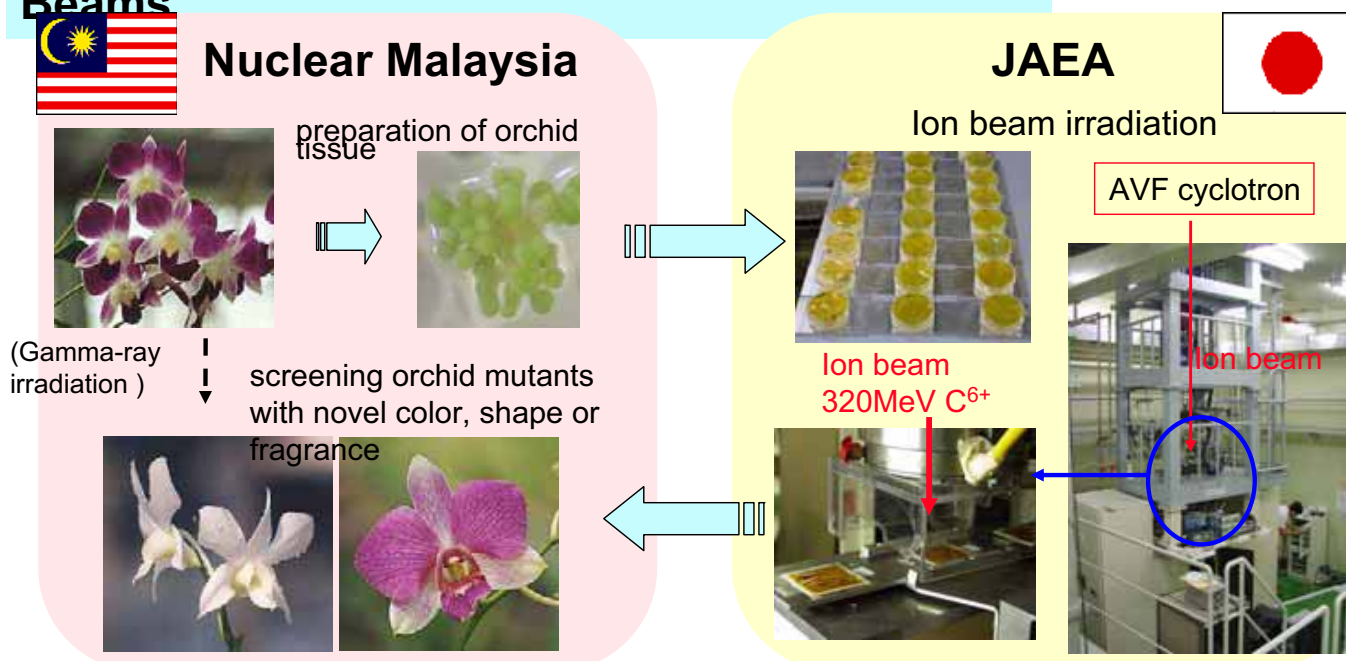
The Research Cooperation in the field of Radiation Processing



between Nuclear Malaysia and JAEA (Since December, 1987)

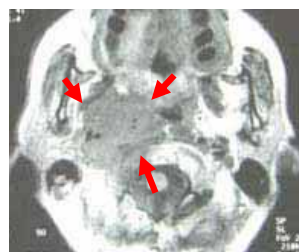
Current Program: (Dec. 2002~)

Mutation Induction of Orchid Plants by Ion Beams

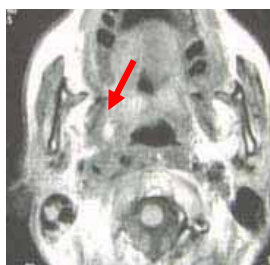


Project on Cancer Therapy

Protocol Studies for Radiation Therapy of Head and Neck Cancer and Uterine Cervix Cancer

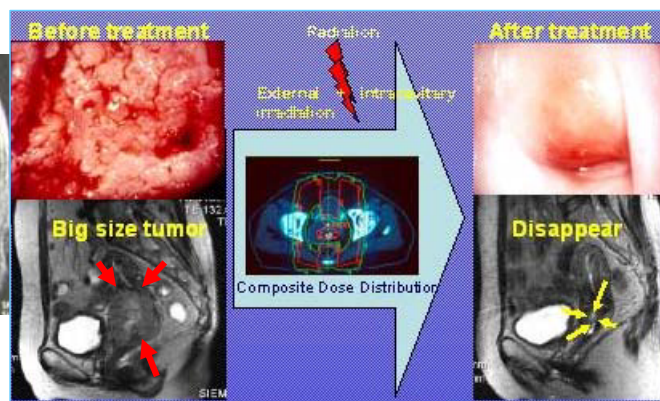


Before CRT



NPC after CRT

**Head and neck cancer
(chemo-radio therapy)**



**Uterine cervix cancer
73% survival rate, 5 years**

15

JAEC Feb. 2, 2010 S.Machi

Project on Cyclotron and PET

Cyclotron and PET for Advanced Nuclear Medicine for Early Diagnosis

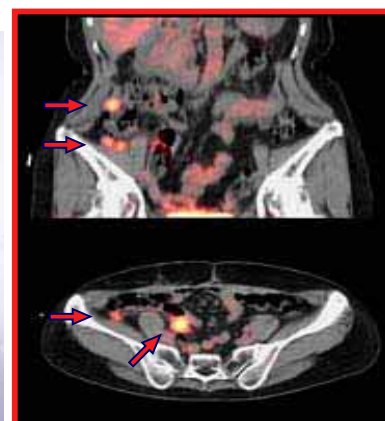


Cyclotron

300 PETs in Japan



PET camera



**PET-CT image
(ovarian cancer)**

16

JAEC Feb. 2, 2010 S.Machi

MEXT Program for Nuclear HRD

1. MEXT Nuclear Scientists Exchange: '85 to '08

Inviting scientists to nuclear research institutes for a year

Bangladesh	86
China	549
Indonesia	244
Korea	136
Malaysia	89
Philippines	46
Sri Lanka	38
Thailand	176
Vietnam	131
<u>Total</u>	<u>1495</u>



97 are now senior officer
higher than director in their
countries

17

JAEC Feb. 2, 2010 S.Machi

協力の成功モデル

- PZC法Tc-99mジェネレーターの製造技術の開発 (FNCA-MEXT)
- 放射線癌治療 (FNCA-MEXT)
- 農業・工業利用 (FNCA-MEXT) バイオ肥料、植物成長促進剤
- 重イオンを利用した品種改良 (JAEA-FNCA-MEXT)
- 原子力研究者交流制度 (MEXT)
- Study Panel「持続的発展のための原子力エネルギー」 (FNCA-CAO)
- 大臣級会合による政策討議 (FNCA-CAO)

協力を成功させるために重要なこと

- 途上国のニーズに応える(政府の重要課題)
- 基盤整備として研究人材養成が重要
- 適切なテーマ選定・計画策定が重要
- 有能なリーダーの選定
- Self relianceの育成
- 相手政府の強いCommitment

途上国協力-日本の課題-

- 人的貢献の強化
- 適切な予算配分(削減続く途上国協力予算)
- 機材供与と人材養成の連携(科学技術外交政策)
- 様々なプログラムの効果的連携(協力研究と人材養成)
- 互惠的協力の実現(協力研究、アイソトープ供給)
- 戦略的協力(選択と集中)

IAEA協力-日本の課題-

- 人的貢献の強化(少ない正職員(TCにはゼロ)・技術協力専門家派遣)
- 政策提言
- 人的交流・連携の強化
- アジア協力ーRCA との連携

(社)日本原子力産業協会における 放射線利用に関する活動について

平成22年2月23日

(社)日本原子力産業協会

Japan Atomic Industrial Forum, Inc. (JAIF)

1

(社)日本原子力産業協会の概要

- 1956年3月1日 「日本原子力産業会議」創立
50周年を迎えた2006年4月1日「自ら戦略的に行動する団体」へ改組改革し「日本原子力産業協会」発足
- 会長：今井 敬 (社)日本経済団体連合会 名誉会長、
新日本製鐵(株) 名誉会長
- 目的：
「…国民的立場に立った原子力利用を旨とする産業界の総意に基づき…原子力の平和利用を促進し、…わが国の国民経済と福祉社会の健全な発展向上に資する…」（定款より抜粋）
- 電気事業、製造業、建設業、商社、自治体、メディア 等
幅広い分野にわたる約470の会員からの会費によって運営

2

(原産協会の事業概要)

[原子力利用の推進]

- 「原産年次大会」の開催
- 高レベル放射性廃棄物問題
(対話集会、シンポジウム等)
- 原子力法規制(調査、研究会等)
- 原子力産業界団体の機能向上

➢ **量子放射線利用の普及促進**
→次ページ以降で概要をご紹介します

[原子力情報の提供]

- 原子力関係情報の提供
(原子力産業新聞、HP、etc.)
- 報道機関への情報提供
- 海外への原子力情報の発信
- 情報のアーカイブ化と会員への提供

[人材育成と技術の継承、 立地地域や会員との連携強化]

- 原子力産業セミナー
- 原子力人材育成関係者協議会
- 向坊記念事業
- JAIF地域ネットワーク
- 会員情報連絡協議会

[国際協力]

- 官民連携して日越協力推進
- アジア原子力情報の交流の拠点化
(ハブ化)推進と各国等との協力
- 新規導入国の基盤整備支援等を行う
中核的組織を設立
- 欧米諸国等との協力
- 国際機関、国際共通課題等への対応

3

放射線利用に関する活動(1/5)

①「量子放射線利用普及連絡協議会」

設置趣旨

- 量子放射線利用に係る普及活動の量的、質的な不足により、必要と思われる活動が実施されないといった問題を解決するため、関係機関が問題意識を共有し、協力・協調して、それぞれが戦略的に事業に取組み、限られた社会的経済資源でより効果的に普及活動を展開させることを目的に、当協会に「量子放射線利用普及連絡協議会」を設置し、相互の情報交流、連携・協力を促進することとした。

活動の方向性

- 第1ステップ 情報交流、意思疎通
- 第2ステップ あるべき姿の議論、問題意識共有
- 第3ステップ 共通認識に基づき事業活動を展開、相互に連携・協力・役割分担

構成員(約20名)

- 座長 勝村 庸介 東京大学大学院教授
- 構成員 放射線利用関係研究機関・大学・企業、普及関係団体、ほか
- オブザーバ WEN代表、内閣府、文部科学省、読売新聞記者

4

放射線利用に関する活動(2/5)

①「量子放射線利用普及連絡協議会」

活動実績

- | 回次 | 開催年月日 | 議題 |
|---------------------|-------|------------------------------|
| ➤ 第 1回(平成18年 9月14日) | | 各組織の量子放射線利用普及活動の現状 |
| ➤ 第 2回(平成18年12月19日) | | 食品照射の現状と課題／量子放射線利用普及に係る課題 |
| ➤ 第 3回(平成19年 4月25日) | | メディアからみた利用普及に係る課題／今後の取組みの方向性 |
| ➤ 第 4回(平成19年 9月 5日) | | 理科教育の課題と展望／教員・学生向け啓発活動の課題 |
| ➤ 第 5回(平成19年12月19日) | | 馬鈴薯の照射事業の状況と課題／「くらしと放射線展」運営 |
| ➤ 第 6回(平成20年 5月 9日) | | 放射線利用の経済規模調査／学習指導要領への放射線教育 |
| ➤ 第 7回(平成20年 8月22日) | | 放射線の医学利用(診断・治療)における課題 |
| ➤ 平成20年9月 | | 協議会設置後2年間の活動報告書を取りまとめ |
| ➤ 第 8回(平成20年12月16日) | | 放射線を利用したベンチャー企業設立・運営の課題と将来展望 |
| ➤ 第 9回(平成21年 6月 8日) | | 一般市民への放射線啓蒙活動の経験を踏まえて |
| ➤ 第10回(平成21年11月17日) | | 大洗町の原子力・エネルギー教育への取組 |

5

放射線利用に関する活動(3/5)

①「量子放射線利用普及連絡協議会」

- 平成20年9月 活動報告書から(概要)

1.普及活動の実態調査

活動団体別に、対象者、頻度、参加程度、地域等を調査
(全126事業)

2.重要な取組の評価

実態調査に基づき、今後、重要となる取組を評価
(放射線教育、食品照射、医療普及、広報活動など)

3.個別テーマ活動

個別テーマに対し、活動方針を取りまとめ
(放射線教育問題、マスメディア対策、食品照射、放射線医学利用の普及等)

6

放射線利用に関する活動(4/5)



②放射線・食品照射についてのわかりやすい普及啓発用リーフレットを作成・配布



2006年 発行

7

放射線利用に関する活動(5/5)



②放射線・食品照射についてのわかりやすい普及啓発用リーフレットを作成・配布



2009年10月 発行

8

協議会メンバーによる
アンケート調査により
126事業活動を抽出

参考

活動報告書

(抜粋)

平成20年9月

社団法人 日本原子力産業協会
量子放射線利用普及連絡協議会

表1 量子放射線利用普及活動一覧(1/12)

番号	名称	活動主体	事業の種類		対象者	実施時期	実施頻度	参加人数 参加回数	会場 期間	主な 対象地域	備考
			分類	実施の形態							
1	放射線科学研究会	大阪インテ リジェンス協会	研究会	研究会	関係者 放射線利用関係 者及び一般	4月、7月、 10月	3回/年	20~40 名/回	大阪		
2	UIN研究会	大阪インテ リジェンス協会	研究会	研究会	関係者 放射線利用関係 者及び一般	3月、7月、 11月	3回/年	20~40 名/回	大阪		
3	みんなのくらしと放射 線	放射線利用普及 連絡協議会	展示	展示会	一般	一般	3月	1回/年	2224名 1日	大阪	主催が団体、事務局が大阪府 大
4	放射線利用研究会のよう な	大阪インテ リジェンス協会	講演会	シンポジ ウム	関係者 放射線利用関係 者、一般	1月	1回/年	100名	1日	大阪	
5	高校生のための放射線 実習セミナー	原子力文化 財団	実習 実習	セミナー	一般 高校生	3月	3回/年			全国	
6	「原子力の歴史」記念展 生体立・論文展	原子力文化 財団	公開展 公開展	シンポジ ウム	一般 中学生・高校生	10月発 展、11月 閉展	1回/年	約2万 名		全国	作文テーマ「あの頃の放射 線」論文テーマ「これからの原 子力・放射線利用」を設 け
7	放射線の世界2008	原子力文化 財団	シンポジ ウム	シンポジ ウム	一般	一般	3月	-	-	全国	放射線の発展の歴史から未来 の展望までを解説
8	原子力文化	原子力文化 財団	公開展 公開展	シンポジ ウム	一般	一般	毎月	12回/年	37回	全国	コラム「はるしやせん生体 立」(放射線利用普及連絡協 会)の発行
9	放射線ってなんだろう 展	原子力文化 財団	シンポジ ウム	シンポジ ウム	一般 中学生	3月	1回/年			全国	原子力文化財団
10	第1回放射線利用普及活動 実証調査会	東北原子 力発電	講演会	講演会	関係者 放射線利用関係 者	3月、7月	2回/年	15名	1日	東北	関係、関係者、参加者は 10年度実績
11	第1回放射線利用普及活動 実証調査会	東北原子 力発電	講演会	講演会	関係者 放射線利用関係 者	6月	1回/年	9名	1日	東北	参加者は10年度実績

9

表3 重要な取組に関するアンケート調査結果

分野	重要な取組に関するアンケート調査結果	順位	評価									
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1. 原子力発電所の安全確保に関する取組		7	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2. 原子力発電所の廃止に関する取組		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3. 原子力発電所の廃止に関する取組		4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	4. 原子力発電所の廃止に関する取組		9									

アンケート調査から、
重要な取組の評価と、
協議会としての活動
の方向性について
とりまとめを実施

参考

表4 量子放射線利用普及活動の重要度および評価と取組の方向性

分野	重要な取組に関するアンケート調査結果	順位	評価									
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1. 原子力発電所の安全確保に関する取組		7	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2. 原子力発電所の廃止に関する取組		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3. 原子力発電所の廃止に関する取組		4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	4. 原子力発電所の廃止に関する取組		9									

10

放射線利用に関する 産業界の現状と課題

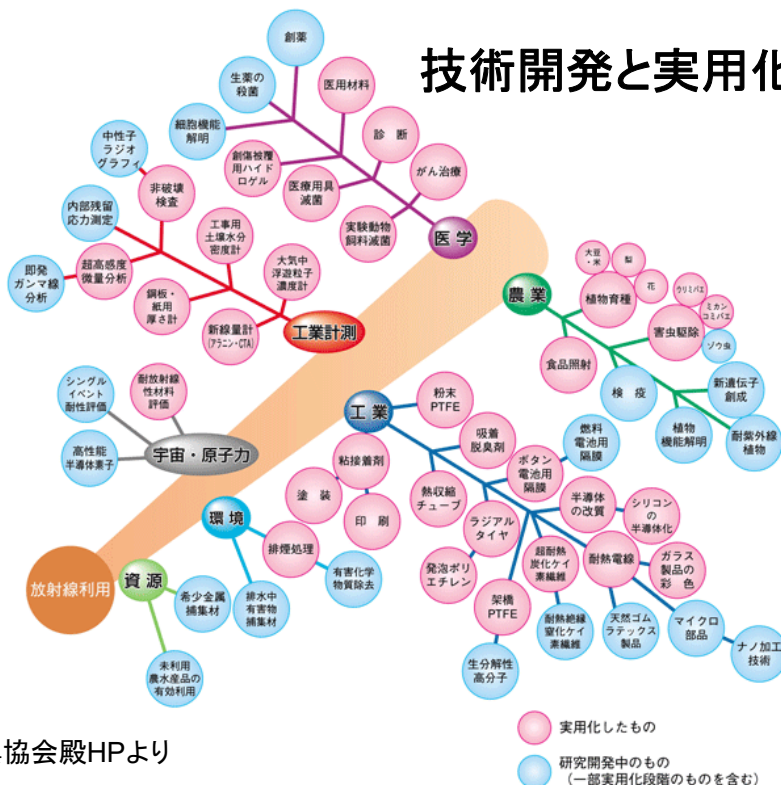
平成22年2月23日

(社)日本原子力産業協会
量子放射線利用普及連絡協議会

1

1.わが国における放射線の利用実態(1/2)

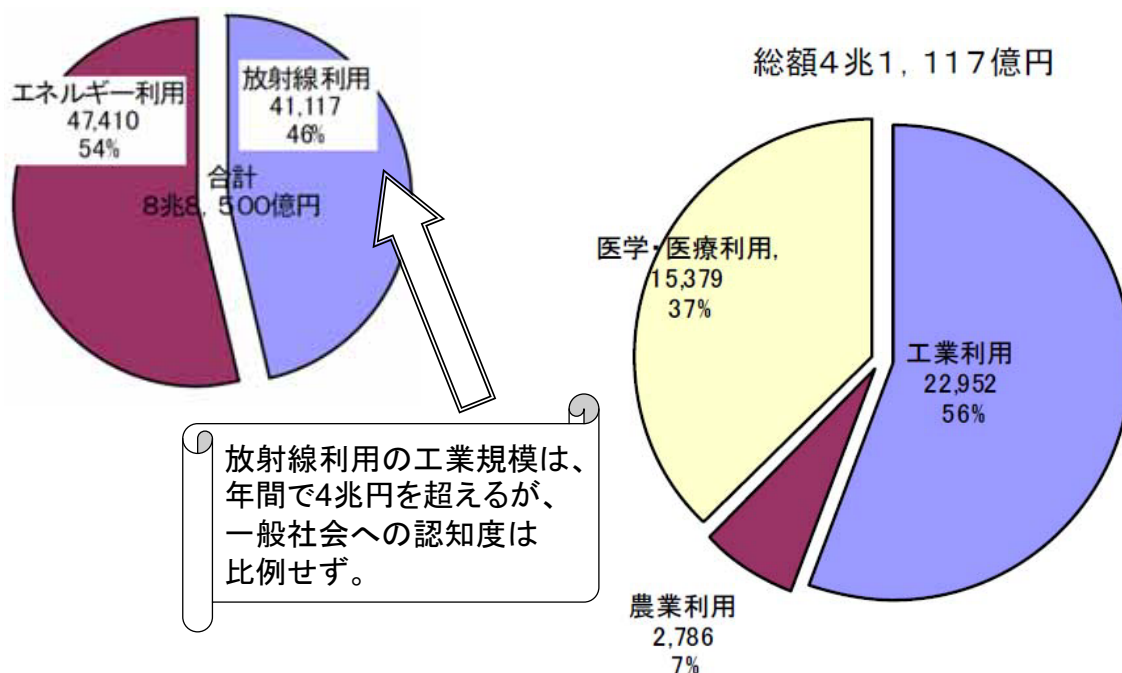
技術開発と実用化の進展



放射線利用振興協会HPより

2

1.わが国における放射線の利用実態(2/2)



「平成19年度 放射線利用の経済規模に関する報告書」(平成20年4月1日原子力委員会)より

3

2.産業界からの意見収集方法

- 調査対象
 - 「量子放射線利用普及連絡協議会」のメンバーを通じて収集。
 - 不足する分野については、原産協会の会員を中心に、個別に補充収集。
- | | | |
|---------|---|--------|
| 医療利用分野 | 3 | 団体及び企業 |
| 工業利用分野 | 9 | 団体及び企業 |
| 普及・教育関係 | 3 | 団体 |
-
- 上流側(線源供給業界、電子線照射装置供給業界)から、下流側(照射サービス提供業界、放射線利用業界)、及び間接部門として普及・教育関係機関までをカバー。(計15団体・企業)
- 調査方法
 - 各社・団体に対してアンケート調査を実施。
 - 主な質問項目は、以下のとおり。
 - ①近年の動向、理解・普及啓発等に関する活動の概要
 - ②放射線利用振興のための国の政策・規制関連に対する要望
 - ③人材の確保・育成に関する要望
 - ④学校教育(小中高大)に対する要望
 - ⑤理解・啓発に関する要望

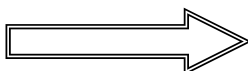
4

3.産業界における近年の動向

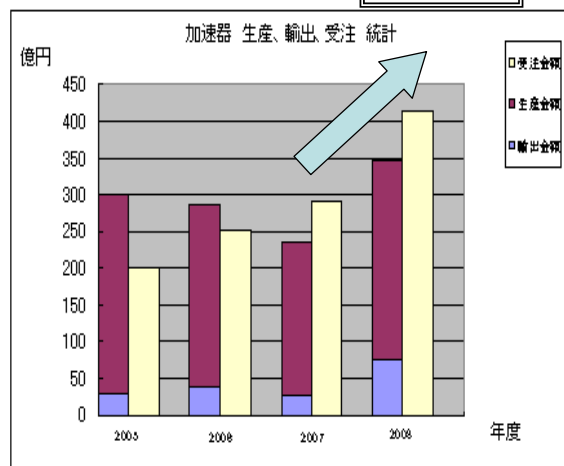
1. 全体的な傾向として、リーマンショック後低迷、最近回復傾向

対前年比
40%UP

2. 加速器メーカーの生産額・輸出額・受注額は、08年度は前年比40%増



3. 電子線照射利用は、中国で普及期に、新興国でも萌芽、国内は滅菌処理プロセスへの利用が拡大傾向



出典：(社)日本電機工業会 加速器専門委員会資料

5

4.産業界における理解・普及促進活動

例1:「滅菌セミナー」&「施設見学会」(コーガアイソトープ)

日時...2009年11月26日(木)～11月27日(金)

場所...ホテル京阪、コーガアイソトープ照射施設(滋賀県甲賀市)

定員...100名

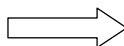


図1「滅菌セミナー」

例2:「出前授業」(中部原子力懇談会)

中学校・高等学校を対象にエネルギーや放射線に関する講義や実験を実施。講師に大学教授等を派遣し、手作りの実験等でわかりやすく説明。

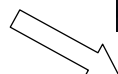


図2「出前授業」

例3:加速器に関する教育関係者の意識とメーカーにおける人材確保方策構築のための調査
(日本電機工業会)

放射線や原子力に対する社会の理解促進を図ることと、加速器製造業界を支える人材育成のためには、まず学校教育での理科教育の充実が必要であるとの視点に立ち、そのためにはどのような視点が必要であるかを調査し、報告書としてとりまとめたもの。

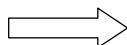


図3「加速器調査報告書」

6

5. 産業界から寄せられた主な意見(1/5)

(業界横断的に共通に寄せられた声 その1)

(全般的意見) 放射線が工業・医療・農業の分野で幅広く利用されているにも関わらず、放射線と聞くとまず怖いものとして身構えてしまう風潮には根強いものがある。企業側においても放射線利用技術を応用した製品であることを明らかにしたがない傾向がある。
関係者が様々な場で、放射線利用が国民の生活に役立っていることの理解普及促進活動を行っているが、成果が十分に上がっているとは言いがたい。

(国等への要望)

- **理解普及促進**
 - － 国による**積極的なPR、関係団体への支援**(放射線は身近にあり、役に立つものとの理解醸成のため、マスコミや世間一般に受け入れられるイベントの開催など)
 - － 日本原子力産業協会や日本原子力文化振興財団には、**各団体間の連携促進・強化**も期待
- **学校教育の充実**
 - － **小学校からの放射線教育推進**を国に期待(「原子力」から入るのではなく、「放射線」を先に。小学校の学習指導要領へ追加)
放射線に対する正しい知識を教えることが重要であり、理科**教員養成課程**における放射線・エネルギー教育を充実
 - － RI利用の進んでいる欧米各国における学校教育・行政の実情を把握し、7
その上で明確な戦略を立てて日本の教育に反映することを国に期待

5. 産業界から寄せられた主な意見(2/5)

(業界横断的に共通に寄せられた声 その2)

- **推進姿勢の更なる強化**
 - － 政府が策定しようとしている**国家戦略(新成長戦略)**等に、原子力エネルギーに加え、放射線利用推進についても追加・強調する
- **食品照射の推進(馬鈴薯以外への拡大)**
 - － 食品照射は、栄養成分の変化が少なく、生鮮食品にも利用が可能で化学薬品のように残留毒性や環境への悪影響の問題がないというメリットがある。
その推進に、**原子力委員会の側面的支援**を期待
 - － 認可品目の拡大に向けた具体的なマイルストンの策定とその遂行
 - － 食品照射による分解生成物の安全性の確認
 - － 世界的な利用状況を踏まえ、消費者の選択肢をふやせる規制への転換

5. 産業界から寄せられた主な意見(3/5)

(個別業界からの意見 その1)

- 線源供給業界
 - **RIの安定供給ための施策**
RIの利用振興には安定供給が不可欠であり、海外での製造状況が不安定となっていることから、**持続可能な安定供給**を実現するため、Mo-99をはじめとした**各種のRIについて、国内製造を推進**する政策をとっていただきたい。
製造施設整備に係る費用は、事業規模の小さな製薬企業が負担できるレベルではないため、**国策として予算確保**を願いたい。
 - **廃棄物の処理・処分に係る規制の改善**
廃棄物の処理・処分に關しては、放射線障害防止法と医療法の廃棄物が区分して処分されることになっており、性状に違いのない廃棄物であっても、回収・処理について区別して行わなければならない、**不合理な規制**の改善をお願いしたい。

9

5. 産業界から寄せられた主な意見(4/5)

(個別業界からの意見 その2)

- 医療利用業界
 - **人材育成**
医師の養成・教育の課程において、放射線医療分野について学ぶこと(国家資格の試験出題内容を含め)が質・量とも不足している。結果として、将来、**放射線医療分野を目指す人材が不足**していると考えられることから、その改善および政策立案が望まれる。
また、放射線医療に必要な、放射線専門医、医学物理士、診療放射線技師等の人材育成は、既に実施されているところであるが、未だ量的・質的に十分充足しているとは言い難い。今後、適切な時期に現状をレビューし、将来を見通した人的資源戦略を構築した上で、それに基づく**人材育成を国が継続的に実施**することが必要である。
 - **粒子線がん治療への早期の健康保険適用**
粒子線がん治療は、本年1月にその健康保険診療適用が見送られ、未だ「高度先進医療」の位置づけのままであるが、その適用が実現すれば、患者にとっては、経済的負担が減り、多くの患者が受診可能となる。さらに、施設側にとっても、経営面での収入増につながり、技術の相対的な経済競争力の向上が図られる。そして最終的には国民に身近な医療技術として定着していくことになることから、早期にその**健康保険適用が実現**するよう措置することが必要である。
 - **粒子線がん治療の地域バランス**
粒子線がん治療の施設立地プロジェクトが様々な地域で構想あるいは進展しつつあるが、必ずしも地域的バランスがとれているとはいえない。このため、国は、**がん医療水準の地域バランス、社会的資本の有効活用**を考慮した上で、自治体、医療施設、経済界等の関係機関との連携・調整を行い、適正な評価のもとで必要とされるプロジェクトに対し、資金面を含む相応の支援をし、実現へ導くことが必要である。

10

5. 産業界から寄せられた主な意見(5/5)

(個別業界からの意見 その3)

・ 照射サービス業界

－ Co-60を国産化

Co-60の価格が年々上昇しており、また、テロ対策のため輸送も困難となっており、輸送に係る費用も増大している。このため、Co-60の国産化をしていただきたい。

－ 各種申請手続きを簡素化

例：放射線障害防止法に基づく使用許可には、貯蔵能力を記載する必要があるが、**貯蔵能力＝保持線源量**とするように指導されており、線源購入のつど貯蔵能力の変更許可申請が必要である。申請書類の作成などの手続きが必要であり、申請費用もかかる(国も審査が必要になる)といった問題や、許可までに時間がかかり、許可申請時の範囲内でしか線源を購入できないために、機動的な線源購入が出来ないなどのデメリットがある。

来年1月には線源登録制度も施行され、国による保持線源量の把握は可能となることもあり、法令の規定どおり、**施設本来の貯蔵能力を申請**する方法にしていきたい。

11

[参考]

産業界から寄せられた その他の主な声

業界共通

- － 放射線教育関連予算拡大(実験・実習教材など)
- － 放射線教育の人材(インストラクター)養成と確保
- － 小中高校教育の理科教育プログラム充実のため、教員が教育に専念できる環境整備
- － 放射線の工業利用に関して学ぶ機会を、高校や大学の授業に追加
- － 政治・行政・教育・報道・市民活動などステークホルダーへの理解
- － 原子力防災・テロ対策・国民理解獲得に資する社会資産整備

医療利用業界

- － 現在使用されている以外のRIを使った放射性医薬品が迅速に実用化される仕組みの構築

線源供給業界

- － 放射線障害防止法、医療法、薬事法、その他の二重規制の改善
- － Mo原料安定供給のための、B型輸送に係る法規制の緩和(改善)

照射装置供給業界、照射サービス業界

- － 先進的な加速器開発およびその基礎技術開発
- － 加速器の利用拡大を図るための応用技術開発
- － 放射線加工レベルでの線量トレーサビリティ制度確立(高線量の標準化・校正を行う認定機関整備)
- － 低エネルギー電子ビーム処理は印刷等の硬化処理への適用推進(例:有機溶剤使用削減によりCO2削減に有効であり、地球温暖化防止の観点から、補助対象にすべき)
- － 輸送許可の迅速化(近年、輸送経路上の各府県すべてへの申請が必要となった)
- － 10MeV以下の電子加速器に係る放射線取扱主任者の選任規定緩和
- － 放射線発生装置の移動使用の範囲・目的を拡大(装置の有効活用)
- － 放射化が起きない電圧の放射線発生装置に関し運転停止中の管理区域立入要件を緩和

12

[参考]



産業界から寄せられた その他の主な声 補足

- 10MeV以下の電子加速器に係る放射線取扱主任者の選任規定緩和
 加速器を使用する場合には、第一種放射線取扱主任者を設置することが条件であるが、その資格の取得はユーザの負担となっており、電子加速器普及の阻害要因のひとつとなっている。
 第一種以外の資格者でも取扱できるように、例えば、放射線発生装置のうち電子加速器のみを扱うことが可能な「**準一種放射線取扱主任者資格**」を新設するか、あるいは比較的取得が容易な**第二種試験にRIのみならず電子加速器の取扱を追加**していただきたい。

13

[参考]



産業界から寄せられた その他の主な声 補足

- 放射線発生装置の移動使用の範囲・目的を拡大(装置の有効活用)
 放射線発生装置の使用の場所の変更については、従来、変更の都度許可が必要であった。平成19年に規制緩和され、種類及び使用目的の一部について、届出のみで足りることとなっているが、限定的であり、拡大していただきたい。
 加速器による診断は、今後、経年老朽化した施設が多くなる石油化学プラントなどの巨大構造物の今後の保守点検計画や寿命判定などに対し、より精度の高い結果を算出することができる。
 これらの加速器は、今後、工業分野、医療分野、環境分野など各方面での利用が進むことが期待されている。

放射線発生装置の種類(エネルギー)	使用範囲(<u>下線が拡大要望範囲</u>)
直線加速器(4MeV未満)	橋梁・橋脚の非破壊検査 石油化学プラントの塔・配管類の非破壊検査
コックロフト・ワルトン型加速器(15MeV未満)	資源探査のための地下検層 石油化学プラントの塔・配管類の非破壊検査
ベータトロン(文部科学大臣が定めるエネルギー未満)	非破壊検査のうち文部科学大臣が定めるもの

14

産業界から寄せられた その他の主な声 補足

－ 放射化が起きない電圧の放射線発生装置に関し運転停止中の管理区域立入要件を緩和

放射線発生装置は、運転を停止すると放射線の発生も停止する。このため、放射線発生装置に係る放射線管理区域のうち、放射化物の生じるおそれのない区域は、運転を停止した後は、非管理区域と同じ状態となり、被ばくのおそれが無い。

現在の法令下では、加速器の運転に合わせて放射線管理区域を設定・解除することは困難である。7日間以上の停止に対しては、変更許可申請することにより管理区域でないものとみなすことができますが、期間・手続きの面で、日常的な点検には適用しにくい。

このため、装置を停止して行う設備点検のための作業員も放射線業務従事者登録を行っている。

放射化が起きない電圧の放射線発生装置にあつては、一定期間停止する場合は、一定の条件（例えば、システムキーを放射線取扱主任者が保管するなど、放射線発生装置を起動できない措置を講じる）を満たした場合は、管理区域を一時的に解除できる、または、当該区域への立入制限を緩和できる、という措置を可能としていただきたい。

九州国際重粒子線がん治療センター 事業計画の概要

平成22年2月26日 原子力委員会

1 理念①

- 今やがんは日本人の死亡原因の**第1位**で、三人に一人はがんが原因で亡くなっている。また、生涯のうちで、**男性の二人に一人、女性の三人に一人**はがんにかかる時代となっており、がん撲滅は、私たちの生活に密着した大きな課題となっている。
- 特に、佐賀県では、肝臓がんが長年全国1位にあるなど、がんの死亡率は全国高位にあり、沖縄県を除く九州・山口の各県もがんの死亡率が全国平均より高く、効果的ながん対策が求められている。
- 私たちは、ここ九州の地に、しかも新幹線、高速道路がクロスする交通の要衝である**佐賀県鳥栖**の地に、九州で初めて、また**民間では日本で初めて**、最先端の放射線治療である重粒子線（炭素線）がん治療施設を開設する。

1 理念②

- 重粒子線がん治療は、がん病巣に高い線量を集中することができ、また、がんの殺傷効果も高く、「痛みがなく、患者の負担が軽い」「短期間での治療が可能」「骨軟部腫瘍など他の治療法では難しい難治性がんの治療が可能」という優れた特徴を有する。
- この重粒子線がん治療施設を開設することにより、**九州**のがん患者さんが身近な所で重粒子線がん治療を受けられるようになるのみならず、さらに**全国、海外**のがん患者さんにも最先端のがん治療の機会を提供し、九州の地域医療、地域福祉の向上、ひいては九州全体の地域振興に貢献する。
- また、民間では日本初めての重粒子線がん治療施設の建設及び運営となることから、**新たな事業モデル**を構築し、それを広く知らしめることにより、粒子線がん治療施設、特に重粒子線がん治療施設の普及に貢献する。

2

2 計画の概要

線種・治療装置

- 【開院時】 普及型重粒子線(炭素線)治療装置
(ブロードビーム照射装置)
- 【開院後】 次世代型照射装置(3次元ビームスキャン
照射装置)の導入を計画

設置場所

佐賀県鳥栖市 九州新幹線「新鳥栖駅」前

事業スキーム

- 【医療運営等】 医療運営法人
- 【施設所有等】 特別目的会社(SPC)

特長

- ・産学官の共同プロジェクト
- ・九州では初めての重粒子線がん治療施設
- ・民間主体としては日本初の重粒子線がん治療施設

事業費見込

初期投資額150億円程度

スケジュール

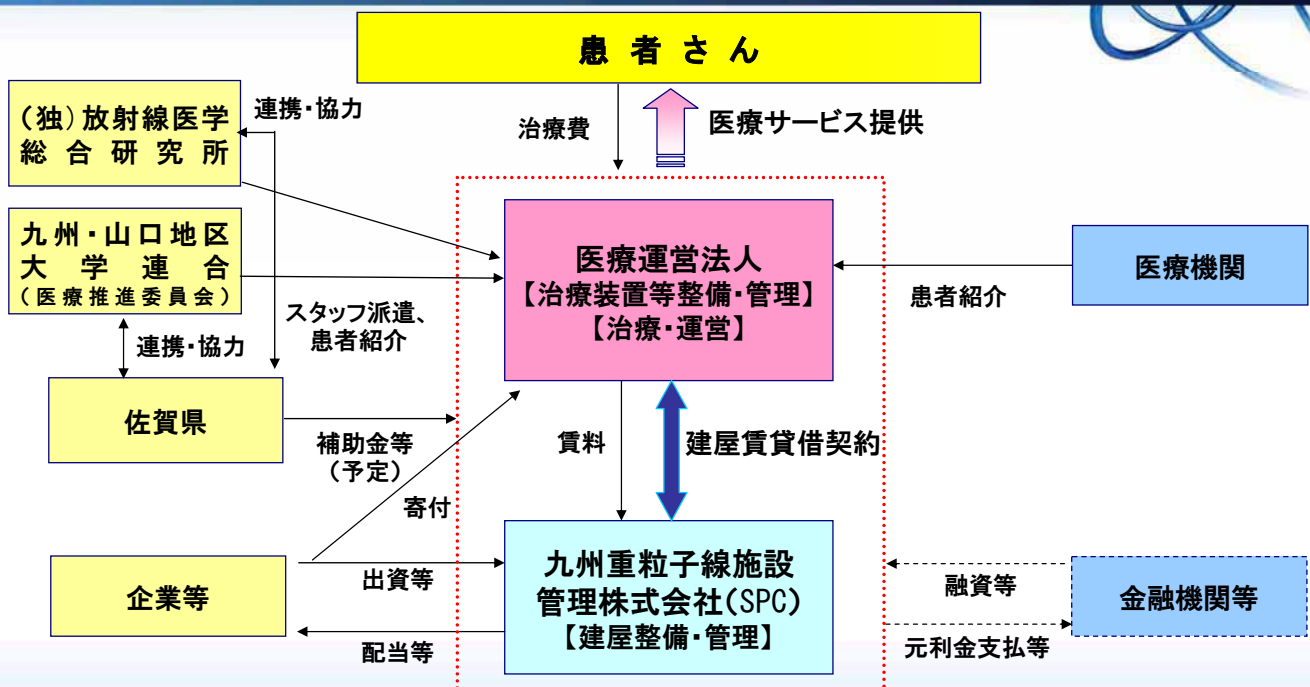
2013年(平成25年)春オープン予定

3

3 設置場所



4 事業スキーム



※ 佐賀県の補助金については、県議会による議決が必要である。

5 治療施設・設備

■ 治療装置

【開院時】

水平・垂直 1室2門

水平・45度 1室2門

(計 2室4門)

【安定稼働時】

水平・垂直 1室2門

水平・45度 1室2門

※水平・垂直 1室2門

(計 3室6門)

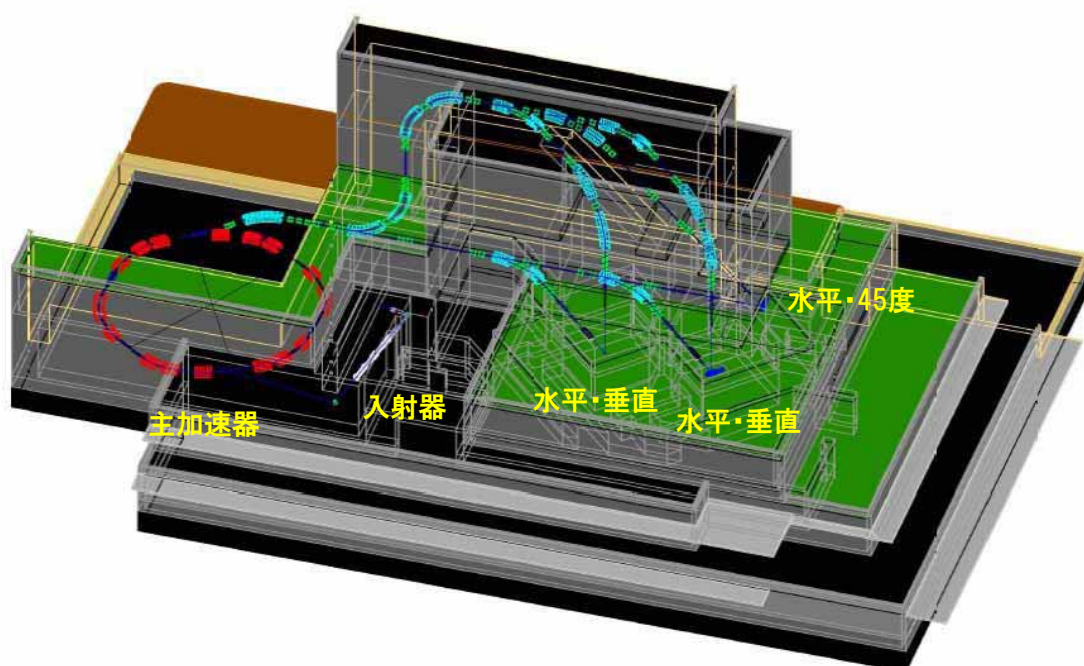
※開院後、安定経営が見込まれ次第、次世代型装置(3次元
ビームスキャンニング照射装置)導入を検討。あらかじめ当該照射
室を整備しておく。

■ 病床

- **無床**とし、通院治療を原則とするが、入院が必要な患者さんへの対応として、地域医療機関との密接な連携を築く。
- 具合が悪くなった人のために待機室を設置する。

6

6 照射室配置



7

7 建屋 ①鳥瞰図



8

7 建屋 ②外観

※ 敷地西側から見たイメージ



9

8 治療・運営方針①

■対象患者

- － 他医療機関からの紹介で、主治医による確定診断がついている。
- － 主治医により重粒子線治療が適していると判断され、重粒子線治療による治癒・回復が見込める。
- － がんであることを認知しており、重粒子線治療を受けることに同意している。

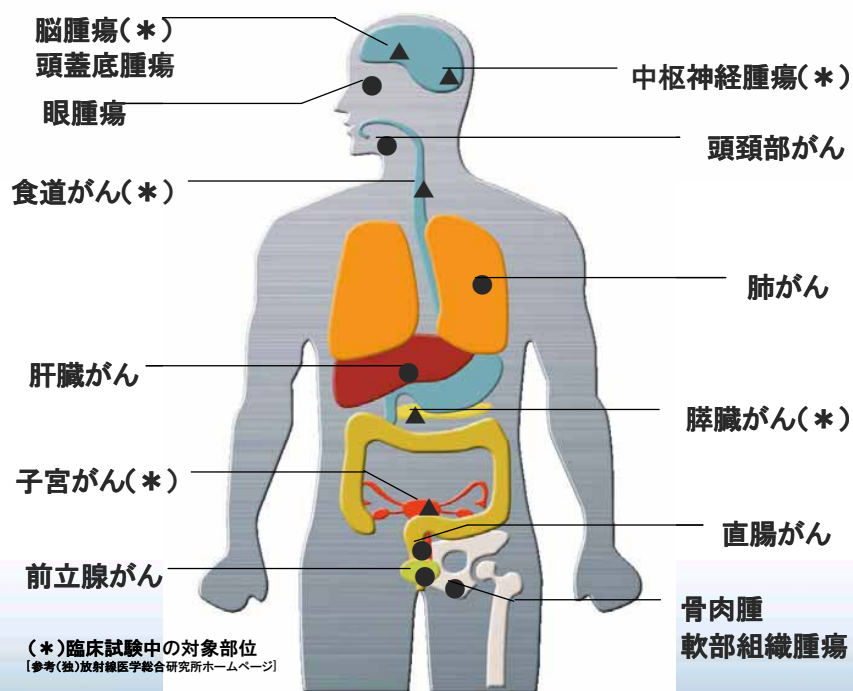
■適応条件

- － 対象部位に対する放射線治療の既往がないこと。
- － 病理診断がついていること。
- － 評価可能な病変を有していること。
- － 原則として腫瘍の最大径が15cmを超えないこと。
- － 広範な転移がないこと。

10

8 治療・運営方針②

■対象部位(放射線医学総合研究所で行われている部位を主な対象とする。)



11

8 治療・運営方針③

■検査・診断範囲

- － 基本的に紹介元の医療機関で必要な検査・診断を行い、本施設では必要最小限のものにとどめる。

■適応外患者への対応

- － がんの再発、転移のある患者、あるいは重粒子線治療による治癒・回復が見込めない患者等の適応外患者については、基本的には患者本人や家族の希望があり、医学的利益があると判断されれば、治療を実施する。
- － なお、適応外患者の対応方針を事前に倫理審査委員会に諮り、了承を得ることとする。

■治療終了後の経過観察

- － 紹介元の医療機関との連携を密にして経過観察を行う。

12

9 医療スタッフ配置計画

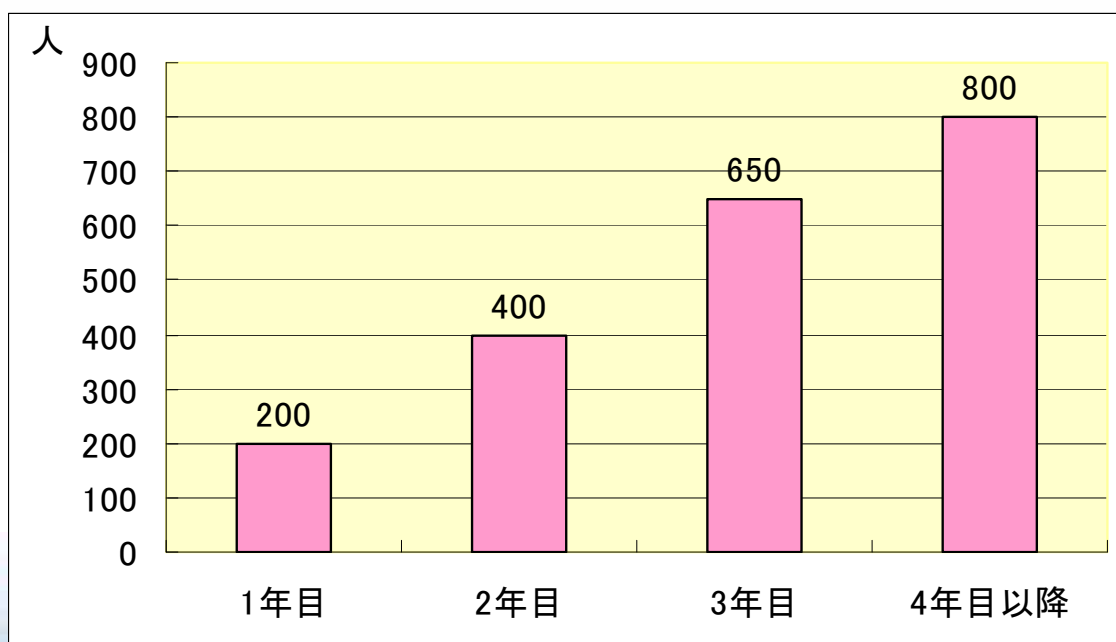
職 種	開 業 時	開業後4年目以降 (安定稼動時)
医 師	5人	9人
医 学 物 理 士	4人	7人
診療放射線技師	6人	11人
看 護 師	3人	5人

※ 加速器運転、治療用具製作等の業務は、外部委託を予定。

13

10 目標患者数

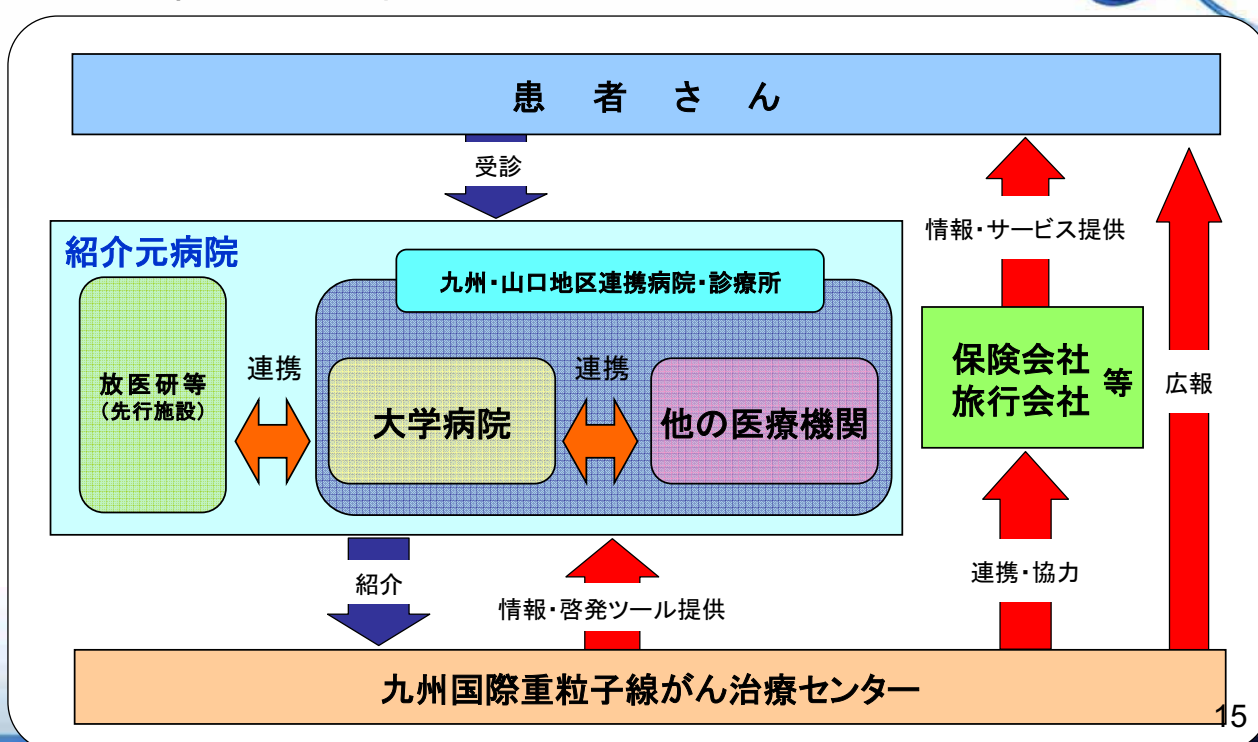
事業計画Ver.2.0の目標に向けた各種取組を行うことにより
患者数4年目以降800人を目指す。



14

11 集患計画①

【集患のための取組のイメージ】



15

11 集患計画②

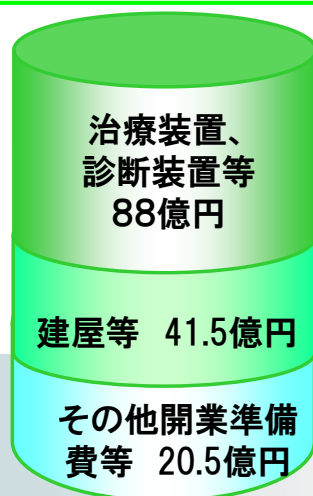
【取組事項(主なもの)】

分 野	取組事項
九州・山口各大学との連携	・重粒子線治療相談外来窓口の設置 など
医療機関との連携	・部位別がん研究会との連携 など ・地域医療連携機関の登録制度の構築 ・がん検診時の普及・啓発 ・がん診療連携拠点病院との連携 など
先行の重粒子線施設との連携	・放射線医学総合研究所など先行施設との連携
医療機関以外との連携	・保険会社、旅行会社等への働きかけ など
センター長等による広報活動	・センター長等による講演会の開催など
その他	・インターネットによる広報 など

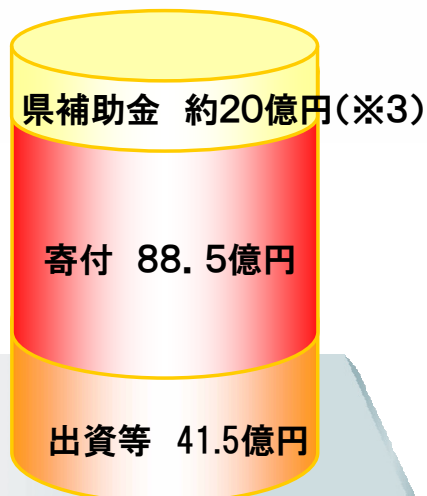
16

12 資金計画

初期投資(※1) (150億円程度)



資金調達(※2)



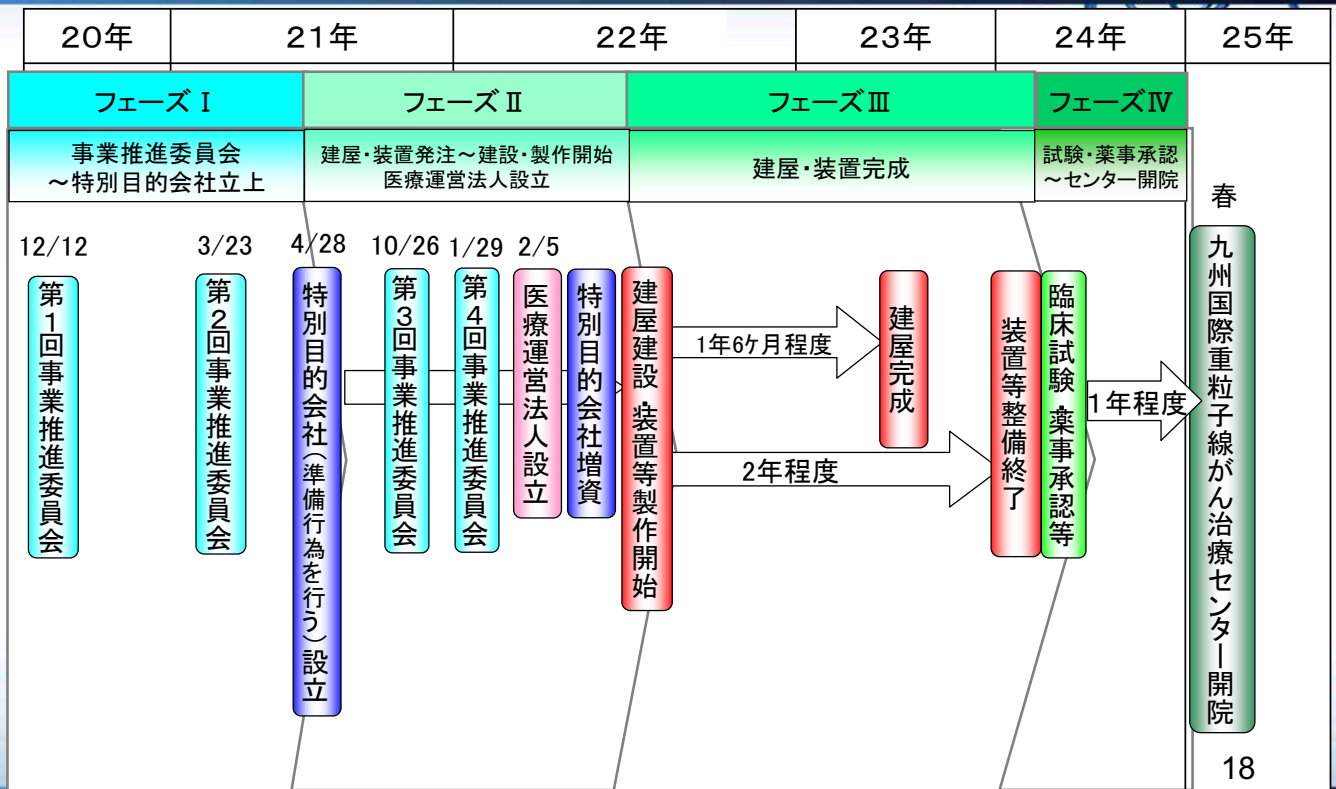
※1 初期投資については、群馬大学実績等により、佐賀県が試算したものである。金額は、概算額で今後変動する。

※2 資金については、調達目標として融資なしで150億円以上(県補助金を含む)、うち寄付88.5億円以上を目指す。

※3 県補助金については、県議会による議決が必要である。

17

13 事業スケジュール



九州シンクロトロン光研究センター



(財)佐賀県地域産業支援センター
九州シンクロトロン光研究センター

平井康晴



© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

原子力委員会

1

施設の位置付け

■経緯

- 科学技術基本法の施行 H07.11(1995.11) バブル崩壊→経済立直し
(国の責務)

第三条 国は、科学技術の振興に関する総合的な施策を策定し、及びこれを実施する責務を有する。

(地方公共団体の責務)

第四条 地方公共団体は、科学技術の振興に関し、国の施策に準じた施策及びその地方公共団体の区域の特性を生かした自主的な施策を策定し、及びこれを実施する責務を有する。

佐賀県科学技術会議の発足 H 08.02

佐賀県科学技術振興ビジョンの策定 H09.03(1997.03)

小型シンクロトロン光研究施設整備の検討を提言

科学技術イノベーション創出型の地域活性化事業

- 佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター H18.02(2006.02)



© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

原子力委員会

2

シンクロトロン光利活用戦略

九州シンクロトロン光研究センターを核とした 頭脳拠点の形成

頭脳拠点形成方策

■利用促進方策

～幅広いユーザーの獲得～

■頭脳拠点整備方策

～拠点となるインフラ整備～

■重点利活用分野

～先端的・地域的・国際的～

■先端的産業技術の研究開発ツールとしてのポジション

～研究センターが研究開発の中核施設～

■先端的研究・教育機関、企業の集積エリアとしてのポジション

～研究センターを核とした頭脳の集積エリアの形成～

■先端的プロジェクト群の中核機関としてのポジション

～九州域内の先端的プロジェクトをリード～

投資効果



施設の位置付け

■特徴

佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター SAGA Light Source

- 九州で初めてのシンクロトロン光施設
- 全国で初めて産業利用を主目的
- 共同利用型の先端研究施設

■ミッション

シンクロトロン光の利用支援により以下に貢献する。

- 地域先端産業の集積, 伝統技術の理解と先端産業への応用, 基幹産業の発展
- 材料, エネルギー, 環境分野のナノテクを核とするイノベーション創出, 新事業インキュベーションの推進
- 科学技術の発展を担う人材育成と交流拠点の形成

施設の位置付け

■コスト

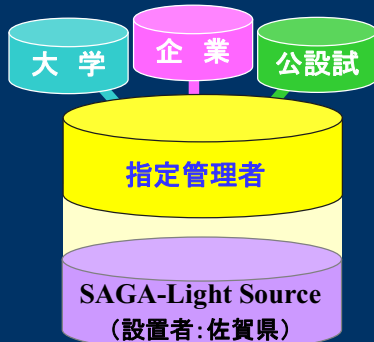
○ 概算事業費(インシャルコスト)

・建屋等	15億円
・装置(光源、BL)	27億円
・調査・設計	2億円
・用地(12,197m ²)	6億円
合計	50億円

財源

・文部科学省	24億円
・資源エネルギー庁	16億円
・一般財源	10億円

■管理運営



○ SAGA-LSを管理運営する指定管理者＊)

財団法人佐賀県地域産業支援センター
九州シンクロトン光研究センター
Kyushu Synchrotron Light Research Center

＊) 指定管理者制度
地方自治法第244条2の第3項により、佐賀県と協定を締結して管理運営。

○ 運営経費 約 5億円/年



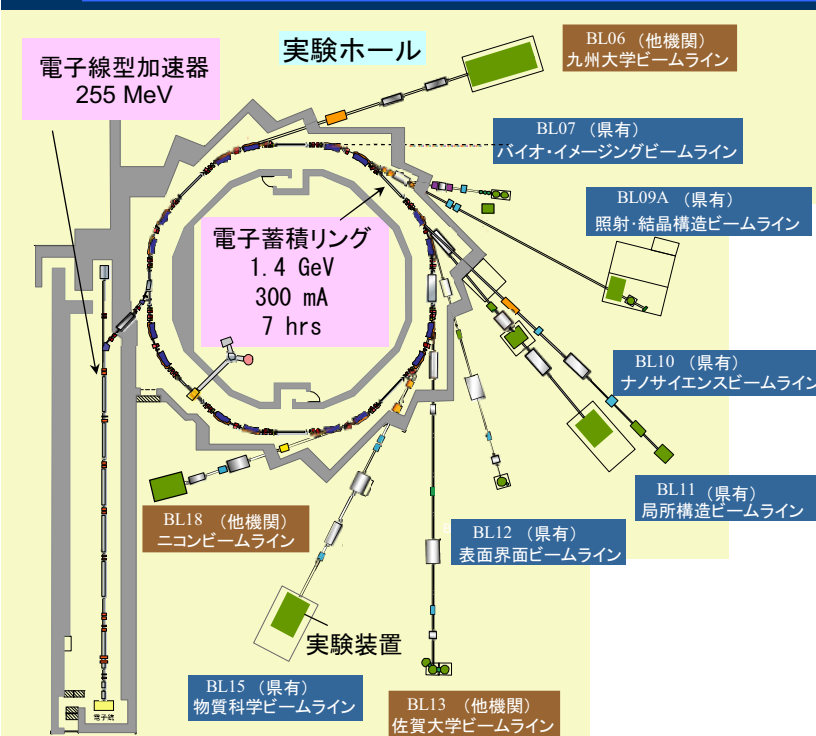
© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

原子力委員会

5

ビームライン配置(2009年度)



○ 設置可能ビームライン
12本+α

○ 既設ビームライン
9本(内1本設置中)

県有ビームライン : 6本

- ・稼働中 5本
- ・設置中 1本

他機関ビームライン: 3本

- ・佐賀大学
- ・(株)ニコン
- ・九州大学
- +
- 九大クリーン実験
- ステーション: 1室



© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

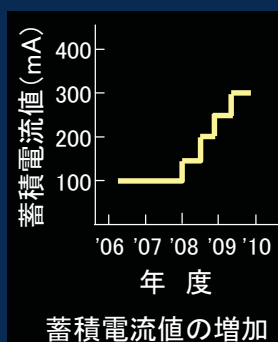
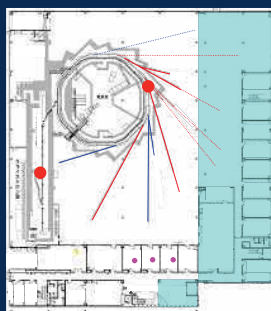
原子力委員会

6

電子線型加速器と電子蓄積リング



255MeV 電子線型加速器
・全長30m



1.4GeV 電子蓄積リング
・蓄積電流値 300mA
・蓄積寿命 7 hrs



実験ホール&ビームライン

電子線型加速器

電子蓄積リング



利用支援の方向

シンクロtron光の利用支援により以下に貢献する。

- 地域先端産業の集積，伝統技術の理解と先端産業への応用，基幹産業の発展
- 材料，エネルギー，環境分野のナノテクを核とするイノベーション創出，新事業インキュベーションの推進
- 科学技術の発展を担う人材育成と交流拠点の形成

利用促進のために本来の供用事業に加えて競争的外部資金等の導入による供用事業を展開

- 1) 文部科学省 放射線利用・原子力基盤技術試験研究推進事業交付金 (2007-2011)
佐賀県試験研究機関による'地域戦略利用'
- 2) 文部科学省 先端研究施設共用イノベーション創出事業交付金 (2007-2011)
産学官による'ナノテク利用' (九大, 佐大, FAISとネットワーク構築)
- 3) 文部科学省 先端研究施設共用促進事業補助金 (2009-2011)
産学官による'長期(年間)利用' (九大CRと連携)



地域戦略利用及びナノテク事業

■ 地域戦略利用(環境, エネルギー, 農林水産分野)

佐賀県	○窯業技術センター ○茶業試験場 ○工業技術センター ○果樹試験場 ○農業試験研究センター ○上場営農センター ○玄海水産振興センター	放射光利用 (品質管理, 品種改良等)
財団法人	九州シンクロtron光研究センター	利用支援, 試験研究

■ ナノテク利用

中核機関	九州大学 ナノサイエンス拠点	分子・物質合成解析支援 超顕微解析支援
連携機関	九州シンクロtron光研究センター	シンクロtron放射光を用いた ナノ計測・分析支援
	佐賀大学シンクロtron光 応用研究センター	
	北九州産業学術推進機構	MEMS測定解析支援



ナノテク、量子ビーム利用等に関する連携

■ 放射光、中性子、電子ビームの相補的、補完的利用 (例) 材料の構造解析(結晶構造、微細組織)

方法	X線小角散乱	中性子小角散乱
微細組織*)	高分子材料等	金属材料等

*) 平均ナノ粒径・分布(電子顕微鏡情報が必要:補完的)

■ 連携の試み

- 2007.04～ 九州大学超高压電子顕微鏡室とのユーザ乗入れ(ナノテク)
- 2008.03 早稲田大学ナノ理工学研究機構との合同シンポジウム(ナノテク)
- 2008.11 SPring-8との合同セミナー(放射光)
- 2009.03 九州大学超高压電子顕微鏡室との合同シンポジウム(電子ビーム)
- 2010.02 J-PARC 茨城県 原機構との合同セミナー(中性子ビーム)
- 2010.02 茨城県中性子ビームライン成果報告会での発表(中性子ビーム)
- 福岡ナノテク推進プロジェクトとの連携
- 九州シリコン・クラスター計画との連携



© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

原子力委員会

11

利用方法(県有ビームライン)

■ 利用区分 (2009年度)

利用区分	一般利用	公共等利用	地域戦略利用	ナノテク利用	長期利用		
					Sタイプ	Cタイプ	トライアルユース
料金(10hrs)	¥ 200,000	¥ 90,000	県が措置	¥ 9,000	¥ 9,000		無料
利用単位	10hrs	10hrs	10hrs	10hrs	最長1年～最短半年の期間内		
対象	産学官	学官	県試験研究機関	産学官	産学官		産
利用者情報	非公開可	公開	公開	公開	公開		

(利用時間の最小単位:一日10時間)

Sタイプ:ユーザー単独
Cタイプ:施設スタッフが参加

- 課題募集 随時受付(「一般利用」は、受付から実施まで最短2週間)
- 利用時間 10 時間/日 (10:00～15:00, 16:00～21:00)
- 講習会等 利用支援の一環として随時実施

◆「県内企業利活用促進事業補助金」

県内企業の一般利用は利用料の1/2を補助し、県内企業の利用促進及び県内産業の発展に資する。



© Kyushu Synchrotron Light Research Center

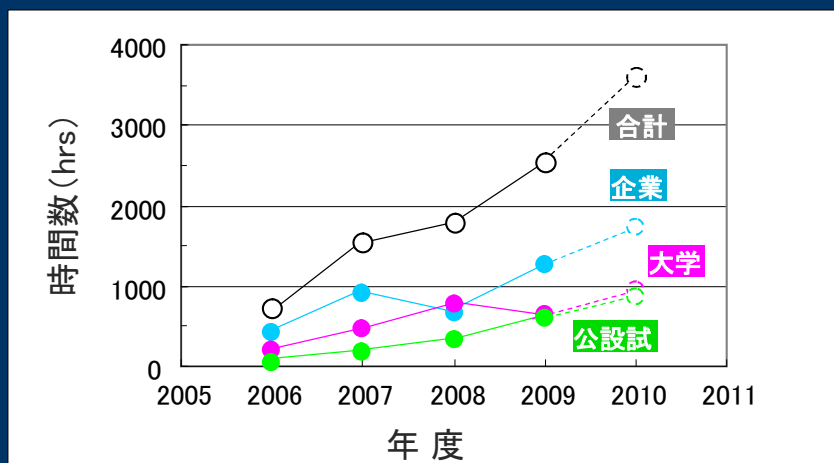
2010.02.26

原子力委員会

12

利用時間数の推移

■ 利用時間数(6本の県有ビームラインでの総計)



■ 課題数

	2006	2007	2008	2009
企業	23	59	38	70
大学	16	25	37	34
公設試	5	10	18	26
合計	44	94	93	130



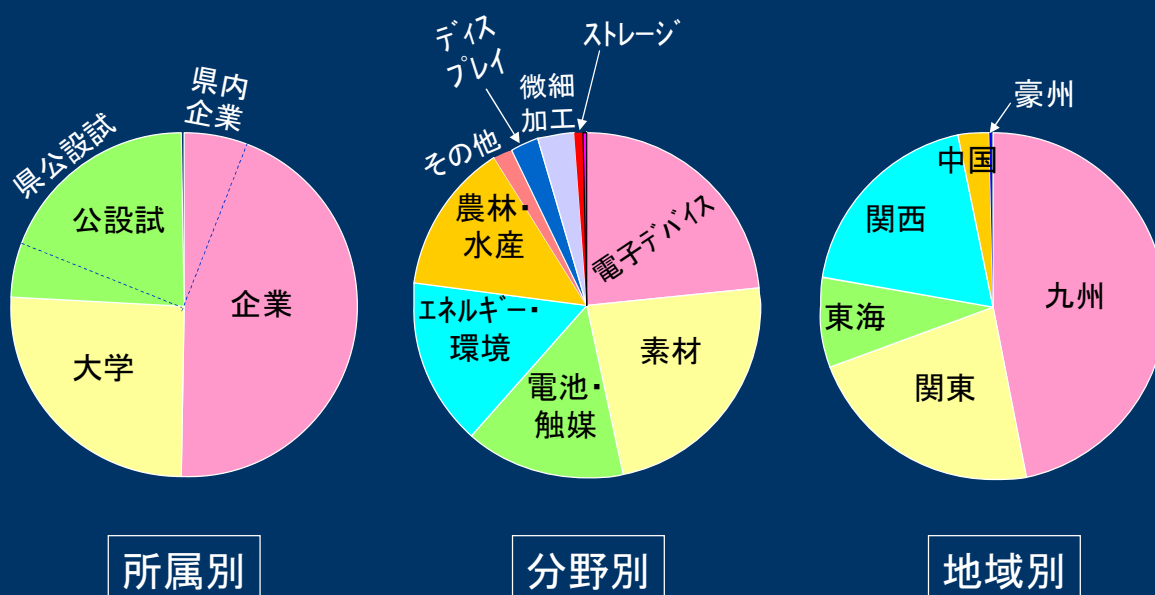
© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

原子力委員会

13

利用支援の内訳(2009年度)






© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

原子力委員会

14

産業利用支援等の内容

分 野	課 題 例
電子デバイス	 集積回路等の高速化・低消費電力化
ディスプレイ	 液晶・有機EL等の長寿命化・低消費電力化
ストレージ	 ハードディスクの高記録密度化, 高感度化
エネルギー・環境	 二次電池の大容量化・長寿命化
地域産業	 セラミクス材料の高機能化, 作物の品質評価
新材料・プロセス	 新機能材料, 新薄膜形成技術の開発

「九州シンクロtron光研究センターナノ計測・分析支援パンフレット」より



© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

原子力委員会

15

他機関ビームライン等の状況

- 佐賀大学ビームライン(2006/02～)
 - 光半導体デバイス用材料等の研究開発
 - レーザ光と放射光のポンププローブ実験
- (株)ニコンビームライン(2008/09～)
 - 次世代半導体露光装置の開発
 - EUV露光機(13.5nm)
- 九州大学ビームライン(2009/07～)
 - 人や環境にやさしいグリーンマテリアルの研究開発
 - 次世代二次電池材料
 - 環境浄化触媒
 - 植物由来生分解性エラストマー
- 九州大学クリーン実験ステーション(2009/07～)
 - 「半導体ナノポア高速塩基配列解析装置の研究開発」
 - 小型・低価格高速塩基配列解析装置



© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

原子力委員会

16

放射光の利用

地域の課題

BL12, 15

有田焼の赤絵の謎

有田焼の赤絵など独自の色彩技術が江戸時代から継承されています。この赤絵や青磁の熱処理による色調変化と化学構造の関連をXAFS法を用いて調べています。また、新規な絵具・釉薬の開発を進めています。



赤絵具
(ペンガラ)



XAFS分析

柿右衛門様式赤絵皿

佐賀県窯業技術センター/九州シンクロトロン光研究センター

ストレージ分野

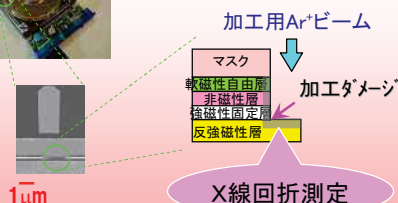
BL15

HDD用GMRセンサの評価

ハードディスクの大容量化に伴い読み出しセンサ (GMRセンサ) の高感度化が求められています。そこで、センサ加工に使うAr⁺ビームによる加工ダメージ (感度低下につながる) をX線回折法で評価し、最適な加工条件を見出しました。



反強磁性層の加工ダメージ深さを検出 (数nm程度)



株式会社日立製作所/九州シンクロトロン光研究センター



© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

原子力委員会

17

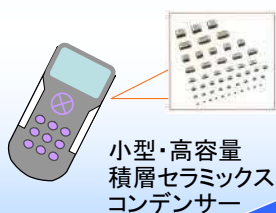
放射光の利用

電子デバイス分野

BL15

誘電体材料の高機能化

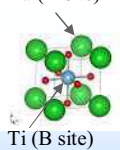
携帯電話等に搭載される小型・高容量セラミックコンデンサーの高信頼性化が求められています。その材料開発の一環としてCaを添加したBaTiO₃材料のXAFS法による構造解析を行い、高機能化への知見を得ました。



小型・高容量
積層セラミック
コンデンサー

XAFS分析

Ba (A site)



CaはBa (A site)を
置換する事が判明

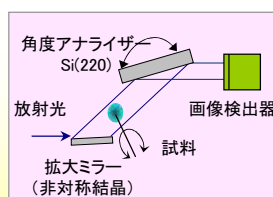
京セラ株式会社/九州シンクロトロン光研究センター

計測技術の高度化

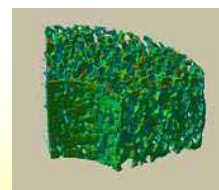
BL15

高感度三次元観察法

X線を用いて三次元内部観察を行う場合、従来の吸収コントラスト法では有機材料等の内部はほとんどコントラストがつきませんでした。そこで、屈折コントラスト法を開発し、有機材料等の高感度な三次元観察を可能としました。



屈折コントラストイメージング法 (DEI法) の実験配置図



低誘電損失ケーブル用
発泡ポリマー絶縁体
の三次元観察像

株式会社日立製作所/九州シンクロトロン光研究センター



© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

原子力委員会

18

ユーザーによる成果

■ 2006年度～ の論文数等

➤ 論文(査読付)	41件
➤ 国内学会	62件
➤ 国際学会	37件
➤ 特許出願	10件
➤ 受賞	3件

■ 2006年度～ の課題数件: 361件(成果公開課題:207件)

論文+学会発表+特許:150件

→

1課題あたり0.7件



◆ 社会との交流 情報の発信

一般公開



WEB Magazine



出版物



記者説明会



◆ 人材の育成 研究機会の提供

サマースクール



講習会・講演会



研究成果報告会



学校見学



今後の展開

■ 持続可能性(sustainability)の追求

○強い科学インフラと技術イノベーション(産・学・官)

○イノベーション創出を促し, 活かす仕組み

起業, 立地, 税制, 企業システム, 人材と教育

(施設)

・動向ウォッチと持続的な研究開発の推進

高度化技術の水平展開, 新規技術開発

・ユーザーニーズにマッチしたシステムの構築

待ち時間の短縮, 簡便な手続き

・複合ネットワークの構築

放射光施設間, 電顕・中性子等の重要技術との組合せ

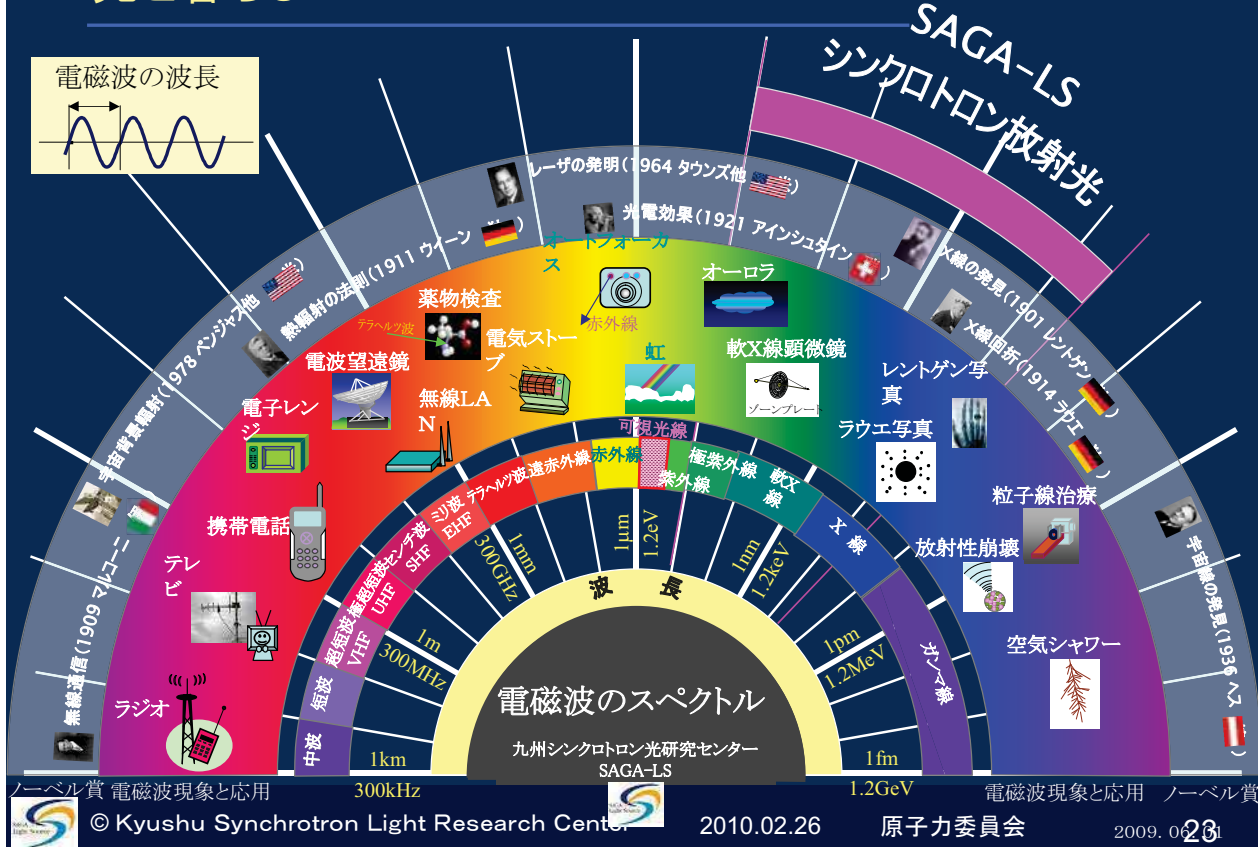
利用支援のさらなる充実・拡張



参考資料



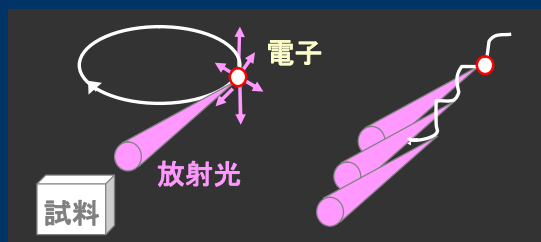
光と暮らし



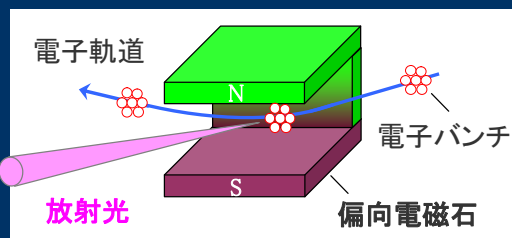
放射光の発生

■ 原理

ほぼ光速で円弧を描く電子が速度方向に集中して電磁波を放射



円弧運動→ 電子は磁場中でローレンツ力を受けて円弧を描く。



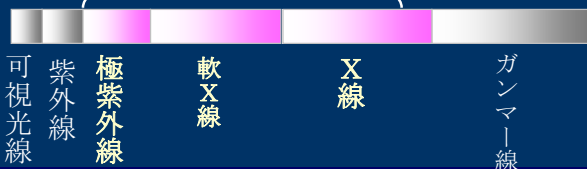
光速の電子→ 数百MeV～数GeV

30 eV ~ 35 keV

■ 光源装置

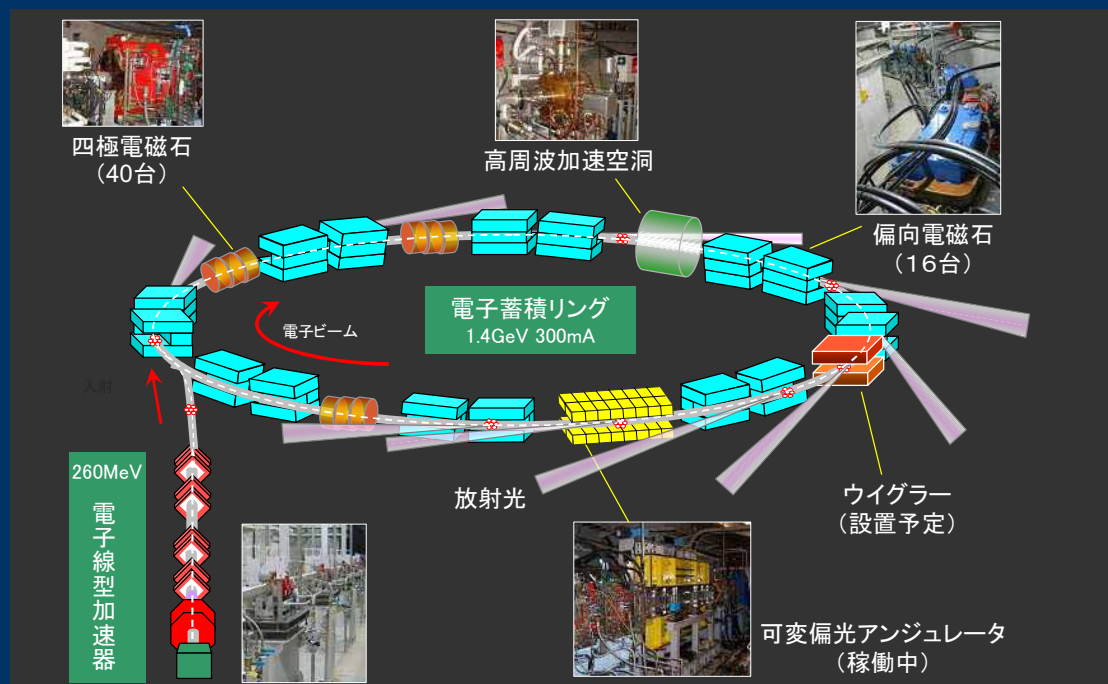
電子蓄積リングが必要

当センターは1.4GeV



放射光の光源

■ 光源の概念図(九州シンクロtron光研究センター)



© Kyushu Synchrotron Light Research Center

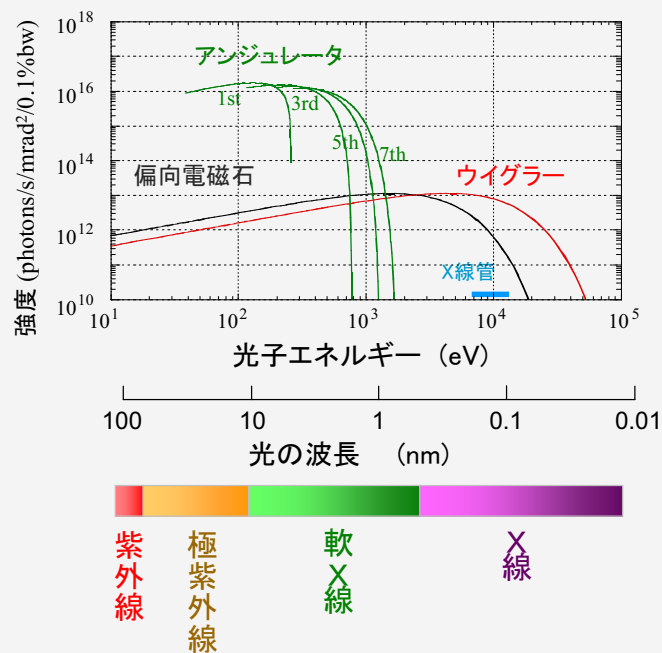
2010.02.26

原子力委員会

25

放射光の特徴

- 連続波長
- 高輝度(大強度)
 - 偏向磁石
 - アンジュレータ
 - ウィグラー
- 鋭い指向性
- 繰返しパルス光



放射光のスペクトル分布(九州シンクロtron光研究センター)



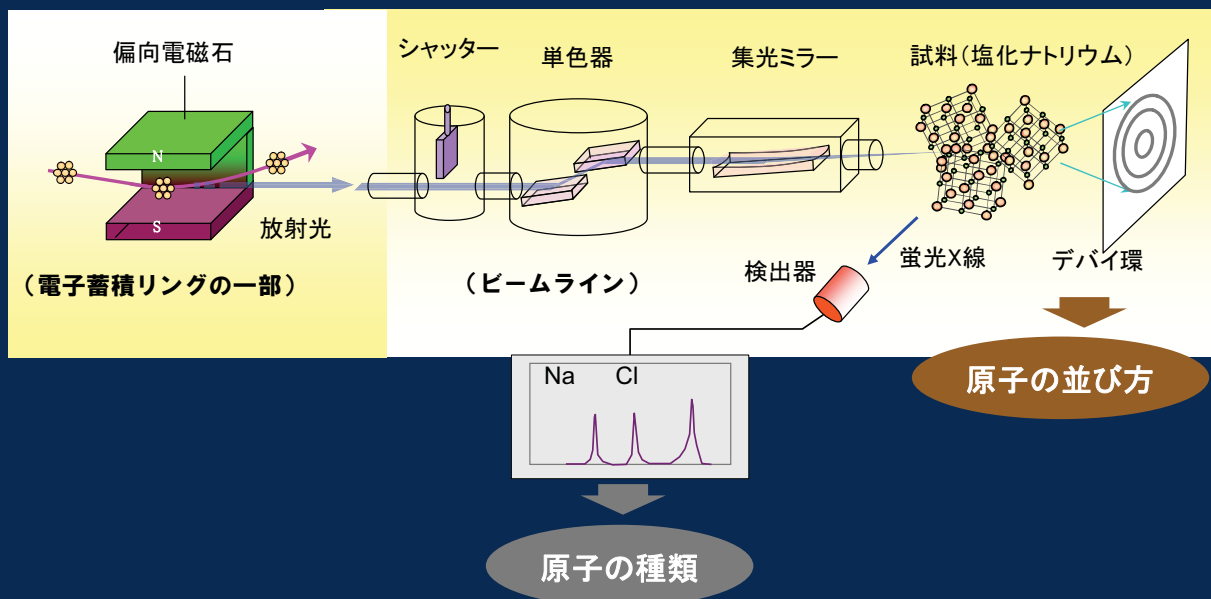
© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

原子力委員会

26

ビームラインと利用



© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

原子力委員会

27

応用分野

■ 広範囲な分野の利用

電子デバイス



エネルギー・環境



ディスプレイ



バイオメディカル



ストレージ



農林水産・食品



情報通信



素材 (金属, 高分子)



電池・触媒



新材料・プロセス



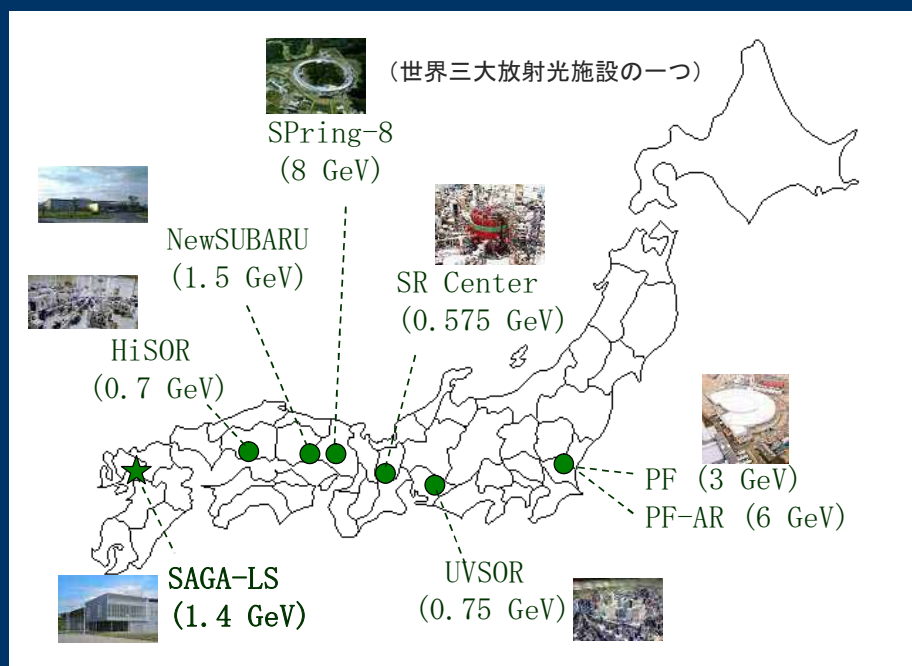
© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

原子力委員会

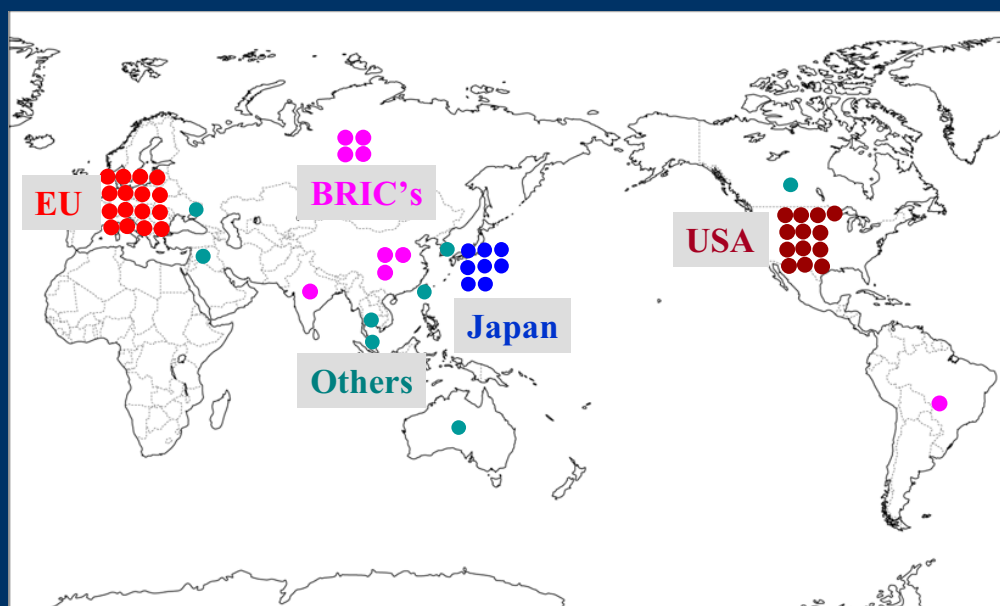
28

国内共同利用施設



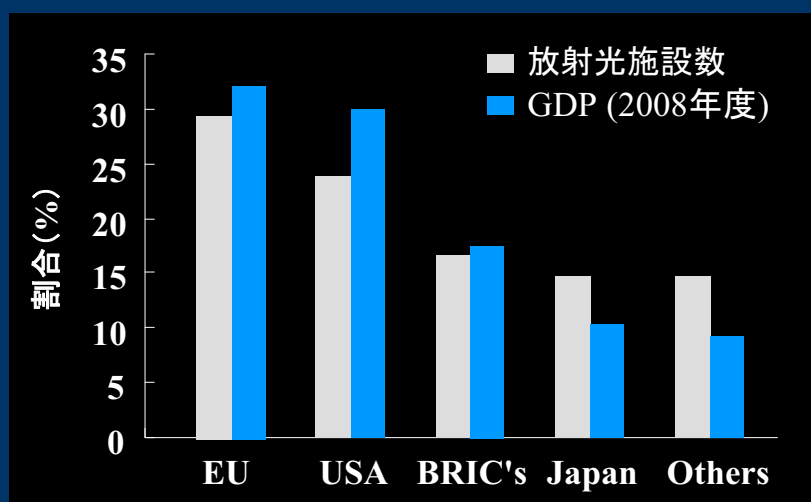
世界の放射光施設

■ 施設数 ～五十数ヶ所



放射光施設のマクロな存在意義

■ 施設数と国内総生産 (GDP :Gross Domestic Product)



両分布に相関¹⁾

1) 平井康晴: インフォSAGA 47 (2007) 4.



放射光施設のマクロな存在意義

■ GDP

GDP = (総売上額 - 総仕入額)	: 付加価値の総額
= 租税	→ 公共サービス, ...
+ 設備投資	→ 設備費, 研究費, ...
+ 人件費	→ 消費財, 貯蓄, ...
+ ...	

→ 付加価値の総額と施設数に相関

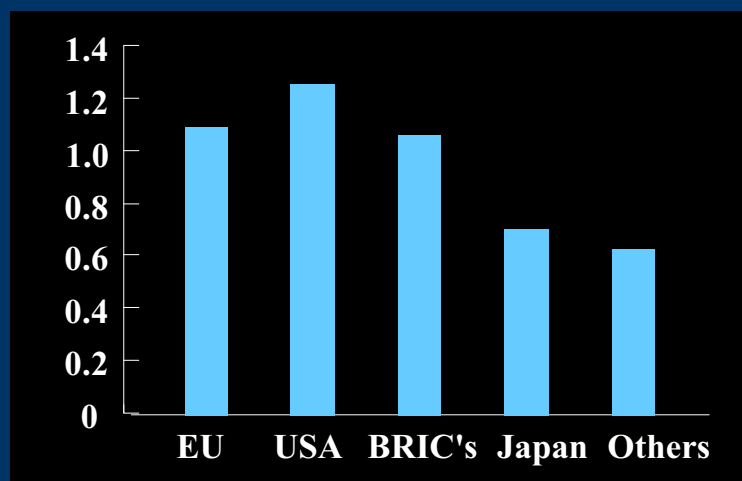
社会のインフラストラクチャ¹⁾

1) 上坪宏道: 日経サイエンス 3 (2007) 1.



放射光施設のマクロな存在意義

■ GDPと施設数の比 (2008年度)



事業投資比率に対しGDP比率大→ 競争力高い

「科学インフラ」の強さ+「税制, 規制, 市場整備
(起業と立地等)」+「企業システム, 人材と教育」

国際競争力ランキング (from IMD 2009.5.22)

- 1 米国
- 2 香港
- 3 シンガポール
- 4 スイス
- 5 デンマーク
- 6 スウェーデン
- 7 オーストラリア
- 8 カナダ
- 9 フィンランド
- 10 オランダ
- 11 ノルウェー
- 12 ルクセンブルグ
- 13 ドイツ
- 14 カタール
- 15 ニュージーランド
- 16 オーストリア
- 17 日本
- 18 マレーシア
- 19 アイルランド
- 20 中国
- 21 英国
- 23 台湾
- 27 韓国
- 30 インド



© Kyushu Synchrotron Light Research Center

2010.02.26

原子力委員会

33

我が国におけるモリブデン(^{99}Mo)を 原料とした放射性医薬品の供給について

平成22年3月2日
厚生労働省医政局経済課

1. 核医学検査と放射性医薬品について

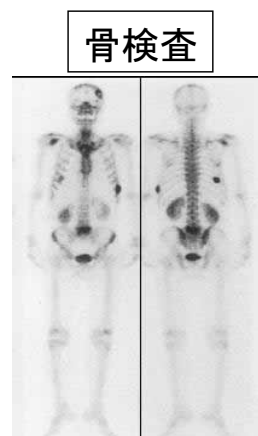
- 核医学検査とは、 ^{99}Mo を原料としたものなど、微量の放射性医薬品を体内に投与し、身体の状態をCTスキャンなどにより画像診断するもの。
- 体内に投与した放射性医薬品が骨や臓器などに集まる様子を画像化し、疾病の診断や治療効果の判定などに用いる。



放射性医薬品



検査機器

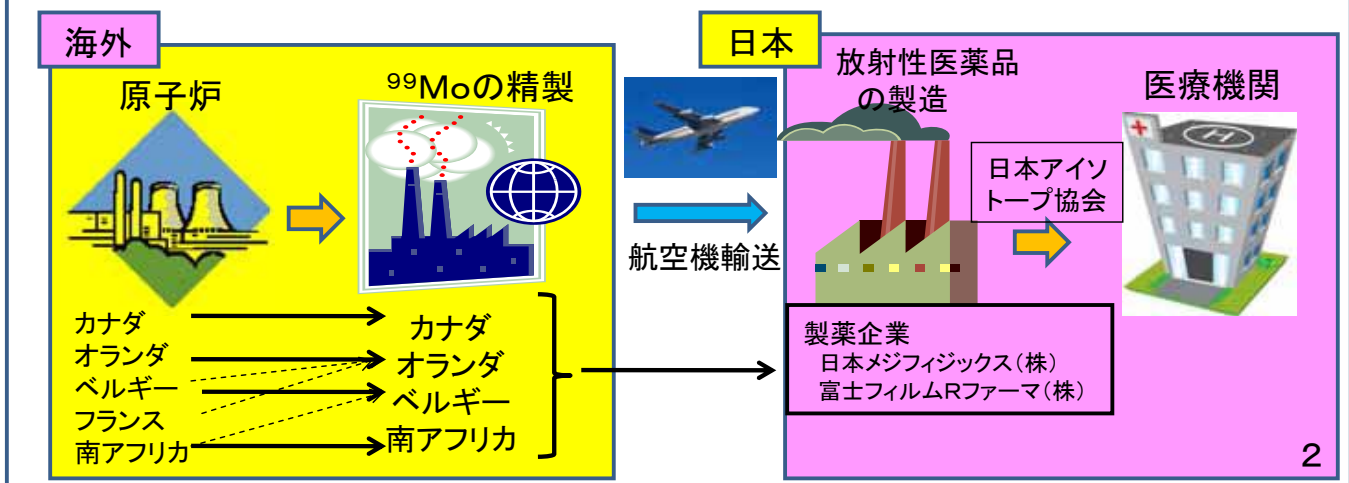


2. ^{99}Mo を原料とした放射性医薬品について

- ^{99}Mo を原料とする放射性医薬品は、主に腫瘍の転移や再発、梗塞など、骨や脳・心筋の血流状況等の検査に用いる。本剤は治療薬ではなく検査薬であり、我が国では18成分34品目が製造販売されている(2010年2月末現在)。

(参考) 当該放射性医薬品の主な検査領域としては、骨検査(約4万2千件/月(全体の約60%))、脳血流検査(約9千件/月(全体の約14%))、心筋血流検査(約8千件/月(全体の約11%))など(2007年6月実績)。

- 我が国の当該医薬品の市場規模としては年間約200億円(薬価ベース)。
- 当該放射性医薬品の主な製造方法は以下のとおり(日本は原料を100%輸入)。



3. カナダ原子炉停止後の我が国での供給状況

2009年5月のカナダの原子炉停止以後、世界的に ^{99}Mo が逼迫している中で、我が国における ^{99}Mo を原料とした放射性医薬品の供給状況は以下のとおり。
(日本放射性医薬品協会調べ・2010年2月現在)

- 国内製造業者2社(日本メジフィジックス(株)及び富士フィルムRIファーマ(株))及び日本アイソトープ協会とで協力し、代替検査方法の有無等を勘案して、医療機関での必要な検査に支障が生じないように、供給調整を実施。
- 具体的には、
 - ① 当該医薬品以外に代替検査法が見当たらない骨検査については、従来どおり100%供給を継続。
 - ② 脳血流検査、心筋血流検査など、他の放射性医薬品(ヨウ素、タリウムなど)で代替可能な検査については、当該医薬品の供給日数を約8割程度に抑える一方、他の放射性医薬品の供給量を1.2~1.5倍に増加させるなどして対応。また、製薬企業より医療機関に対しては、あらかじめ供給日を周知して現場での混乱を回避。
- これらの対応により、我が国での当該医薬品を用いた検査は、通常時の約80%以上を確保。他の放射性医薬品を含めた核医学検査としては95%の実施を確保。核医学検査以外の検査を含めると必要な検査は100%実施。



我が国では、医療現場の協力を得ながら、必要な検査は継続している。

4. 原料たる ^{99}Mo の安定的調達に関する主な対応

○ 当面の対応（調達ルートが多様化）

^{99}Mo の調達ルートが多様化を図るべく、製薬企業は以下の取り組み等を実施中。

- ① 我が国では従来、カナダ、オランダを中心に ^{99}Mo を調達していたところ、南アフリカ等他国からの調達量を増加。
- ② オーストラリア及びインドネシアから ^{99}Mo を調達（昨年末）。
また、本年（2010年）4月にはオーストラリアからの調達量を増加予定。

○ 中長期的対応（ ^{99}Mo が国内生産された場合の対応に関する検討）

日本原子力研究開発機構では、JMTR（材料試験炉）において天然モリブデンを用いて ^{99}Mo 生産のための技術を検討中。

→ 現在海外から調達している ^{99}Mo は濃縮ウランより製造するため、この方法で製造すると、その濃度等が異なる。

（JMTRの方法により得られる Mo 濃度は海外での濃度の約5千分の1）

→ 製薬企業は、この方法由来の原料を用いて、現在供給している医薬品と同等のものが製造可能か、関連情報を収集。

（仮にこの方法が稼働した場合、製薬企業は既存の製造ラインとは別途、専用の製造ラインを新たに設ける必要が生じる。また、引き続き海外から原料調達が必要。）



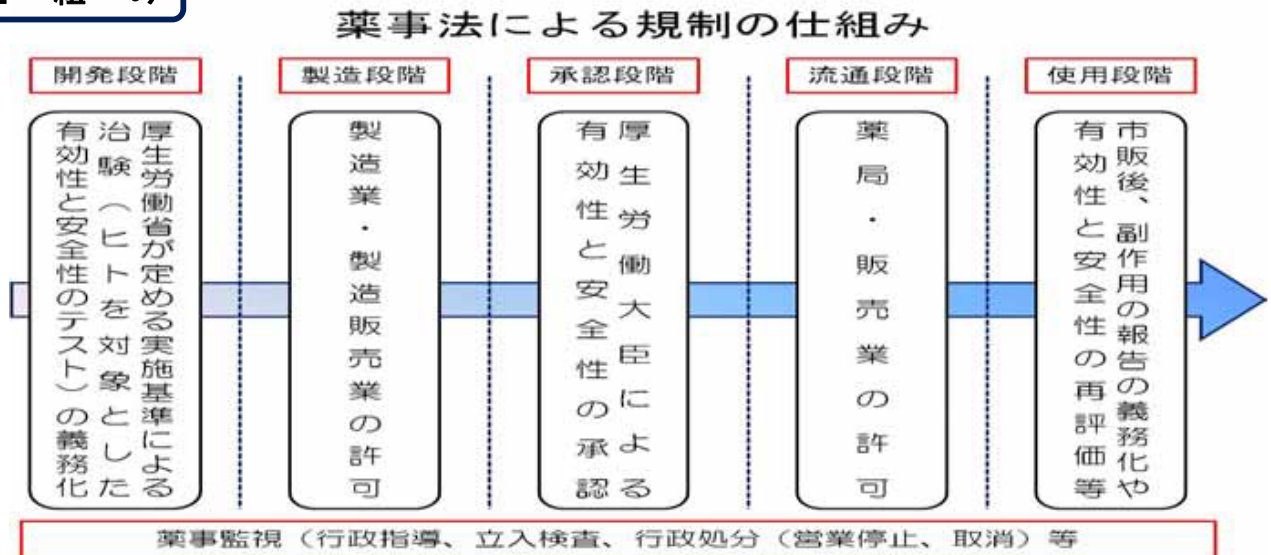
これまでも関係府省、日本アイソトープ協会、製薬企業とで連携・協力しているところ、今後とも医療現場のご理解をいただきながら、これら関係者で連携・協力していくことが重要。

④

背景・趣旨

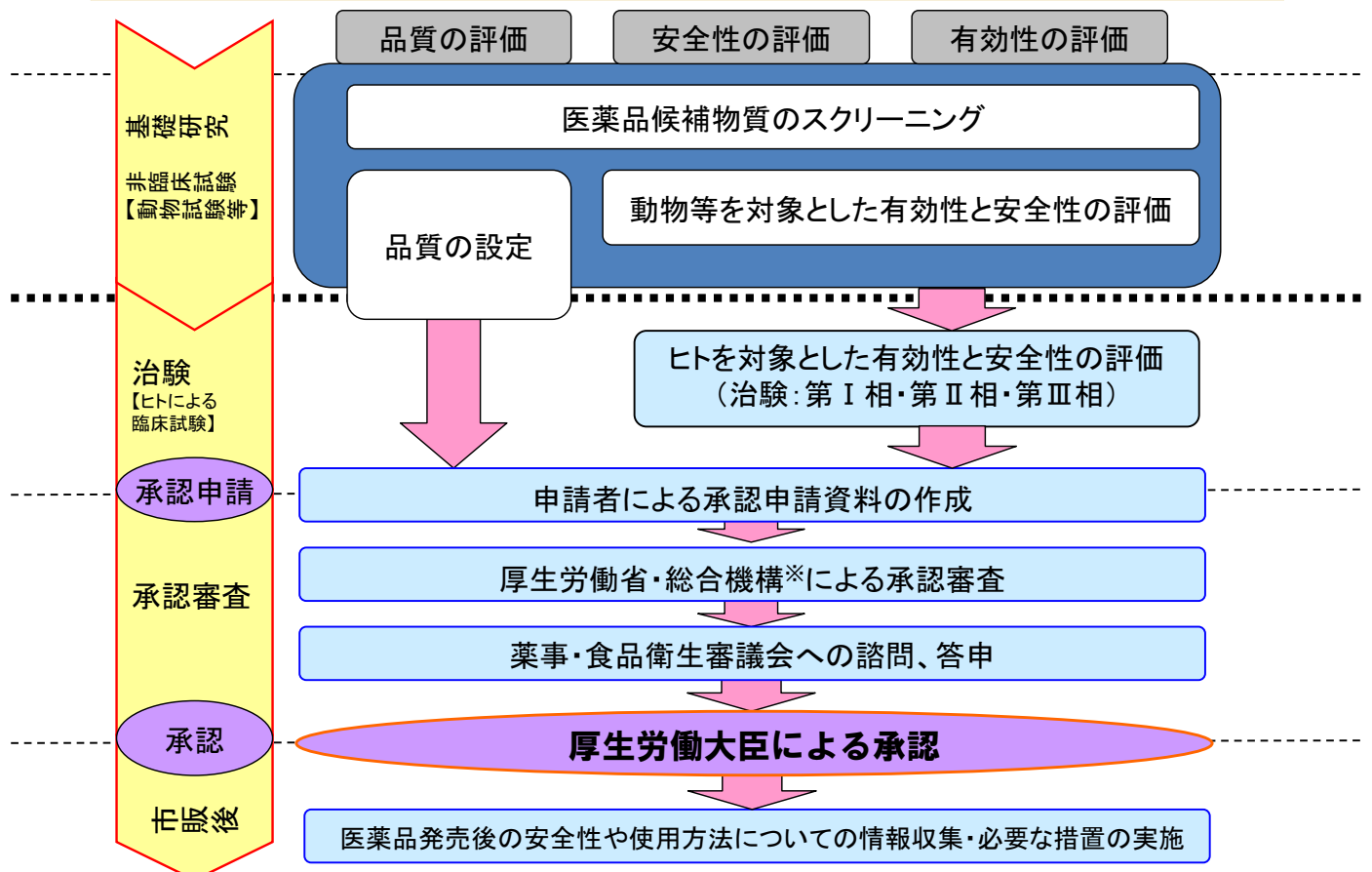
- 医薬品は、効能・効果と副作用を併せ持つため、品質、有効性及び安全性の確保が必要。
- このため、薬事法に基づき、「開発」、「製造」、「承認」、「流通」、「使用」の各段階において、必要な規制を行うもの。

仕組み



1

医薬品の基礎研究から承認審査、市販後までの主なプロセス



※(独)医薬品医療機器総合機構

2

海外データの利用について

- ICH(日米EU医薬品規制調和国際会議)で合意されたガイドラインは、医薬品の効果に民族的要因が影響を与えることを考慮しつつ、その影響を評価する必要性を指摘。
- 日米欧で承認されている医薬品の約1/3は、日本人と欧米人との用法・用量が異なる。
平成15年度から17年度までに日本で承認された「新有効成分医薬品」のうち、欧米との比較が可能であった41品目について調査したところ、13品目(31.2%)に、用法・用量の違いがあった。
(例) ① カペシタビン(抗がん剤) : 日本人;1657mg/m²/日、欧米人;2500mg/m²/日
② テリスロマイシン(抗生物質) : 日本人;1日あたり600mg、欧米人;1日あたり800mg
- 日本人と欧米人とは、副作用発現の違いが見られるとの報告がある。
(例) ① 欧米人に比べ日本人で間質性肺炎が高頻度で発生するとの報告 : レフルノミド(抗リウマチ剤)
② 欧米人に比べ日本人で下痢が高頻度で発生するとの報告 : イリノテカン(抗がん剤)

※ ICH(日米EU医薬品規制調和国際会議):

日米欧の規制当局による新薬承認審査の基準を国際的に統一し、各種試験の実施方法やルール、提出書類のフォーマットなどを標準化することにより、製薬企業による各種試験の不必要な繰り返しを防いで医薬品開発・承認申請の非効率を減らし、結果としてよりよい医薬品をより早く患者のもとへ届ける目的で開催

3

新医薬品の承認審査の迅速化に向けて

新医薬品の上市までの期間を2.5年(開発期間と審査期間をそれぞれ1.5年、1.0年)短縮することを目指す(平成19年度から5年間)

開発期間

承認申請 審査期間

承認

対策

● 治験相談体制の拡充強化

ー 人員の拡充

- ・新医薬品の審査・相談人員を3年間で倍増(平成19年度からの3年間で236人の増員)

ー 治験相談の質・量の向上

- ・開発期間等の改善を促す助言
- ・企業の申請準備期間の短縮 等

● 承認審査のあり方や基準の明確化

- ・国際共同治験や新技術に関する指針の作成 等

● 審査体制の拡充強化

ー 人員の拡充

(同左)

ー 審査業務の充実・改善

- ・申請前の事前評価システム導入による申請後の業務の効率化 等

ー 国際連携の強化

- ・FDA等海外規制当局との連携強化

目標

(平成23年度達成)

・開発から申請までの期間を1.5年短縮

・申請から承認までの期間を1年間短縮

4

医薬品の製造販売承認申請資料について

新有効成分含有医薬品の場合

- イ 起源又は発見の経緯及び外国における使用状況等に関する資料
- ロ 製造方法並びに規格及び試験方法に関する資料
- ハ 安定性に関する資料
- ニ 薬理作用に関する資料
- ホ 吸収、分布、代謝、排泄に関する資料
- ヘ 急性毒性、亜急性毒性、慢性毒性、催奇形性その他の毒性に関する資料
- ト 臨床試験の成績に関する資料

※放射性医薬品については、科学的に正当な理由が示される場合には、ニの資料及びヘの資料の一部の添付を省略できる。

放射性医薬品の臨床評価ガイドライン

放射性医薬品の特性を考慮し、その標準的な評価方法を示すため、現在作成中。

放射線利用に関する 厚生労働省の取り組み

厚生労働省
医政局指導課

1

最近の施策から

1. 放射線治療の誤照射事故対策
2. 甲状腺がんの放射性ヨード治療の病室の減少への対応
3. 医療被ばく線量の最適化

2

国内で発生した放射線治療に係わる医療事故

	事故の発生期間	事故内容	対象患者数
ケース1	2003年9月の2日間	医師の処方 2.5Gy の4分割で総線量が 10Gy だったが、実際の治療は 10Gy を2回照射した	1名、9か月後に死亡
ケース2	1998年から2004年の5年半	ウェッジファクターの入力ミスによる過剰照射	111名
ケース3	1995年から1999年の4年半	医師と技師の線量評価方法の違いによる過剰照射	276名
ケース4	1999年から2004年の5年間	線量測定の際に使用する補正係数の間違いによる過少照射	256名
ケース5	2003年から2004年の1年間	シャドウトレイが無いのにあるとして線量計算して過剰照射	25名

3

原因

- ・ 医師・技師間のコミュニケーション不足
- ・ 確認不足 ・ 知識や経験の不足
- ・ 品質管理に関わる人員配置の不足

求めるべき対策

- ・ スタッフ全員（主治医、放射線治療医、放射線技師（物理士））の定期的なミーティングによる情報交換
- ・ 新規導入時の治療計画装置の受け入れ試験等を複数人で行う
- ・ 定期的なスタッフ教育
- ・ 他施設専門家への相談・情報交換
- ・ 専任の技師、物理士等の品質管理担当者確保

4

厚生労働省としての施策

- 放射線治療に関する注意喚起
 - ・ 通知(平成16年4月);自主点検・ダブルチェック等
- 医療安全確保の法的義務化
 - ・ 医療法施行規則改正(平成19年施行)
 - ・ 運用に関する通知(平成19年3月)
- 診療報酬改正により、良質な治療と安全確保のための経済的裏付けを実施
 - ・ 平成18年および平成20年改正で、放射線治療全般について加点。

5

医療法改正(平成19年4月施行) 医療安全に関して

1. 医療機関の管理者に医療安全の確保の義務づけ
 - ・ 医療機関における安全管理体制の充実・強化
 - ・ 院内感染制御体制の充実
 - ・ 医療機関における医薬品・医療機器の安全管理体制の確保
2. 患者等からの相談に応じ助言等を行う医療安全支援センターの制度化
3. 医療機能情報の公表制度の創設
4. 行政処分を受けた医師等への再教育の義務化等

6

医療法施行規則11条の2

1. 院内感染対策の体制の確保
2. 医薬品に係わる安全体制の確保
3. 医療機器に係わる安全体制の確保
 - ・安全使用のための責任者の配置
 - ・従業員に対する安全使用のための研修
 - ・保守点検に関する計画の策定および点検実施
 - ・安全使用のための情報の収集その他の方策

放射線治療装置については、特に注意すべき機器として職員研修や保守点検についての運用の詳細を通知で示す。

7

平成18年診療報酬改正

放射線治療専任加算に関する施設基準
放射線治療を専ら担当する常勤の医師及び放射線治療を専ら担当する診療放射線技師がそれぞれ1名以上いること

直線加速器による定位放射線治療に関する施設基準
放射線治療を専ら担当する常勤の医師、放射線治療を専ら担当する常勤の放射線技師及び放射線治療に関する機器の精度管理等を専ら担当する者(診療放射線技師、医学物理士等)がそれぞれ1名以上いること

医師だけでなく、機器の安全・品質管理を行う従事者の配置を後押し
特に高い技術が必要な機器には、相応の技術者配置を求める

8

平成20年度 診療報酬改定

医療機器安全管理料2 1000点(治療計画策定時1回)

放射線治療の質の向上を図るため、放射線治療機器(リニアック、ガンマナイフ)の保守管理、精度管理及び照射計画策定の体制の評価

1. 放射線治療を専ら担当する常勤の医師(放射線治療について相当の経験を有するものに限る。)が1名以上配置されていること
2. 当該管理を行うにつき必要な体制が整備されていること
3. 当該管理を行うにつき、十分な機器及び施設を有していること

医療機器安全使用のための職員研修を計画的に実施するとともに、医療機器の保守点検に関する計画の策定、保守点検の適切な実施および医療機器の安全使用のための情報収集等が適切に行われていること

9

1. 放射線治療の誤照射事故対策
2. 甲状腺の放射性ヨード治療について
3. 医療被ばく線量の最適化

10

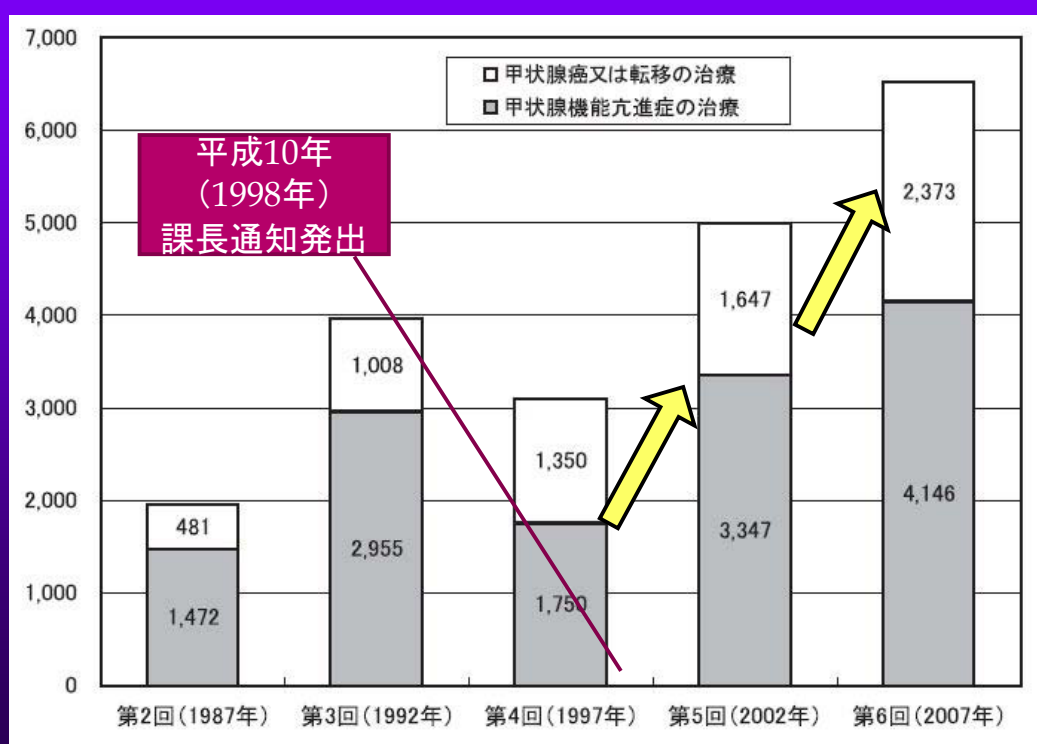
甲状腺疾患の放射性ヨード内用療法

- バセドウ病(甲状腺機能亢進症)の治療
 - ^{131}I 222MBq(6mCi)以上を経口投与
 - 外来治療が可能
 - 甲状腺癌の治療
 - ^{131}I 3.7GBq(100mCi)以上を経口投与
 - 専用病室での入院治療(約5日)が必要
 - 他の治療では対処が難しい転移・再発例にも有効性が高い。
- 「放射性医薬品を投与された患者の退室について」
- 平成10年6月30日医薬安70号通知
 - 公衆に対し1mSv, 介護者に対し5mSvの線量限度を保つのに必要な退室基準を示した。

歌手の絢香さんが、
この病気で休業

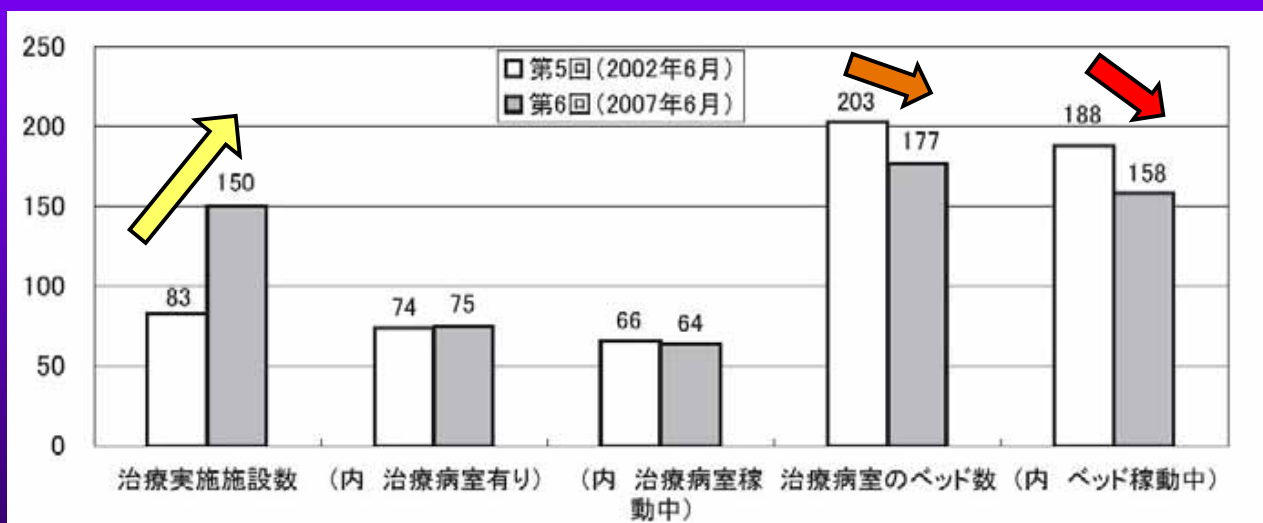
11

甲状腺疾患に対する 放射性ヨード内用療法の治療件数推移



(社)日本アイソトープ協会 第6回全国核医学診療実態調査報告書より2

非密封RIによる治療の実施状況



(社)日本アイソトープ協会 第6回全国核医学診療実態調査報告書より

13

放射線治療病室の特殊性

- ^{131}I の排気・排水を法的規制の範囲に抑制するために、排気・排水設備に大きな初期投資費用を要する。
- フィルター交換等、維持管理にも一定の額が必要。
- その割に診療報酬の評価が低く、採算性が合わない。
- 国立大学病院の独法化による、非採算部門への逆風。



- 稼働病床数の減少(平成14→19年で188→158病床)
- 治療待機時間の延長(3カ月～6カ月程度)

平成22年度診療報酬改正(中医協答申案より)

- 放射線治療病室管理加算
 - 500点 → 2500点 (1日につき)
 - 放射性同位元素内用療法管理加算
 - 甲状腺癌に関して
 - 500点 → 1390点(月1回につき)
- 1床の治療病室につき、年間あたり24件の試算では、従来のほぼ倍の医療費収入
 - 入院医療費収入は約240万円／年、外来分で85万円／年の増収効果。
 - (1床につき約570万円、外来分で130万円の医療費収入)

15

甲状腺全摘手術後の放射性ヨードによる残存組織破壊

- 甲状腺癌に対する全甲状腺切除後術後に通常の癌治療用量の約3割に相当する放射性ヨード1110MBq (30mCi) の投与により、再発リスクを低減できるエビデンスが示されているが、治療病室が足りず普及が進まない。
- 患者、介護者となる家族に十分な教育指導等を行った上で、外来で投薬を行った後、在宅で安全に治療が出来るか検証中。
- 今後、通知により指針を示す予定。

「医療放射線の安全確保に関する研究」(細野班)の分担研究項目

16

1. 放射線治療の誤照射事故対策
2. 甲状腺がんの放射性ヨード治療の病室の減少への対応
3. 医療被ばく線量の最適化

17

自然および人工の放射線源から受ける年間線量の割合

世界平均 計2.8mSv

日本平均 計3.8mSv

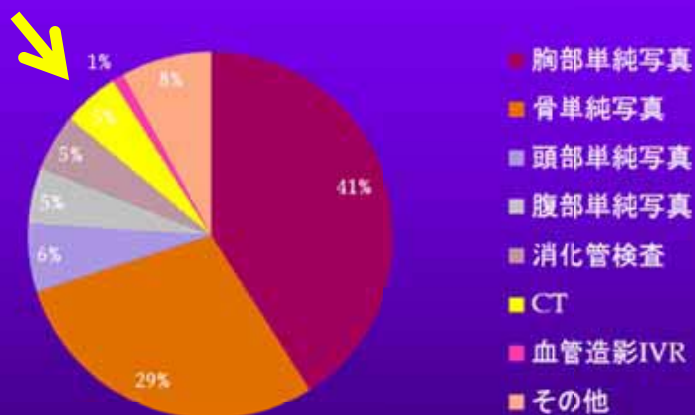


- 2000年UNSCEAR報告
- 1992年原子力安全協会「生活環境放射線」より

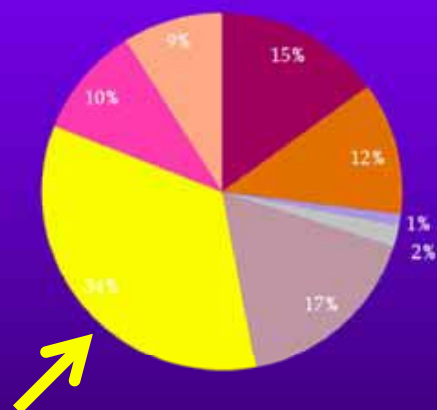
18

医療被曝に対するCTのインパクト

検査数への寄与



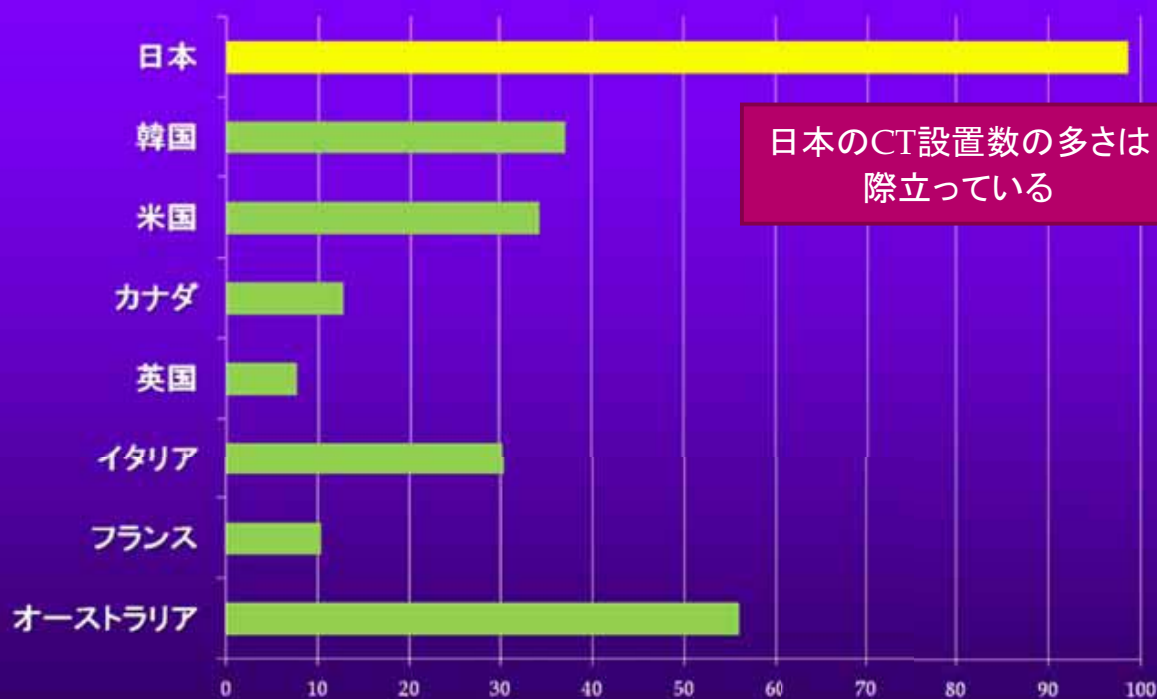
集団線量に占める割合



CTは実施件数は少ないが、1件あたりの被ばく量が多いため、医療被ばくを押し上げる最大の原因となっている。

UNSCEAR 2000 報告書より 19

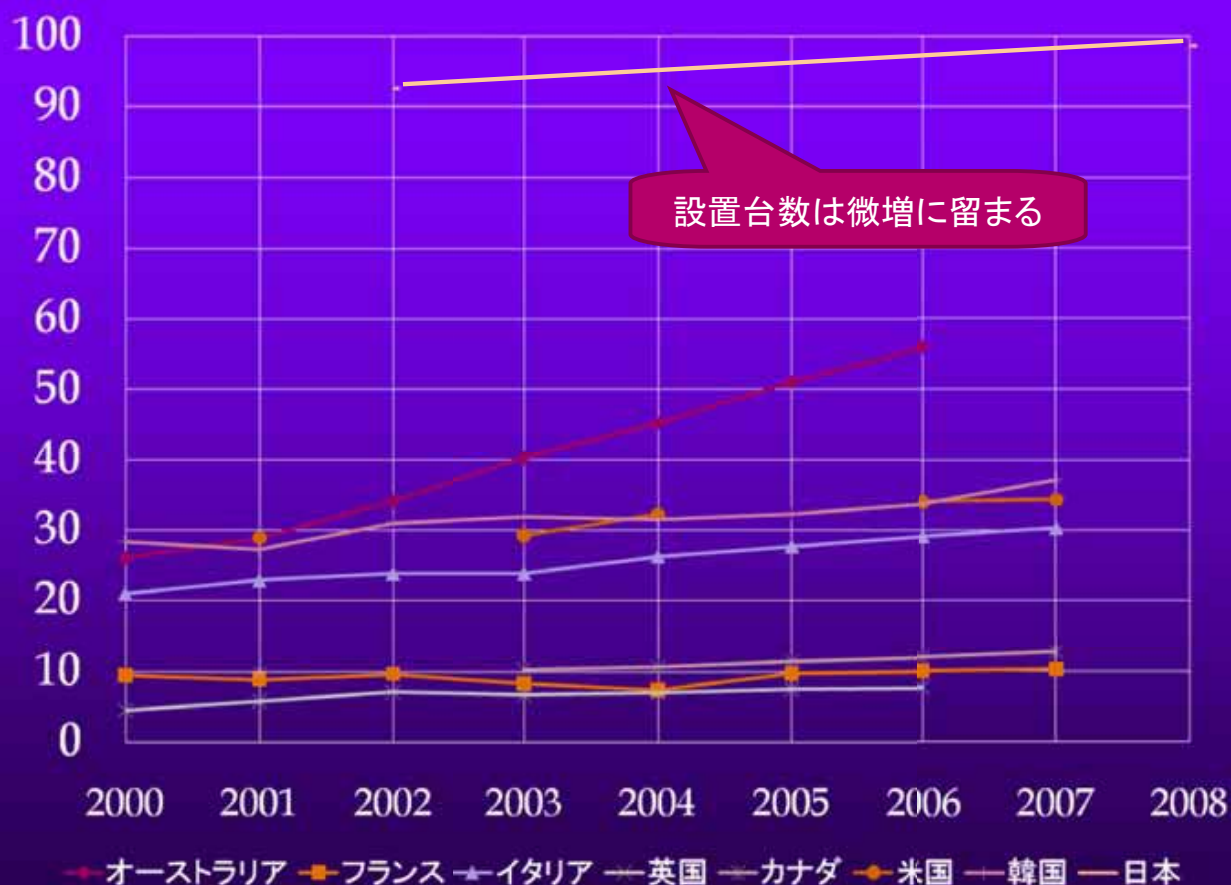
CT設置状況の国際比較



日本のCT設置数の多さは際立っている

- OECD health 2009のデータに基づく、人口100万人あたりの設置台数
- 日本の数値は平成20年度医療施設調査・人口動態統計より計算

CT設置台数(100万人あたり)の推移



OECD health 2009 データより 21

マルチスライスCT 設置台数推移

■ 32列以上 ■ 8以上32未満 ■ 2以上8未満

高速・高性能機種への置き換えが急速に進んでいる。



月刊新医療公表資料より

医療放射線の安全確保に関する研究

- 平成19～21年度 厚生労働科学研究費補助金
 - (地域医療基盤開発推進研究)
 - (主任研究者: 近畿大学教授 細野真教授)
- 研究課題
 - 多くの医療機関が、診断に関わるエックス線を計測できる線量計を所有していないため、簡便で安価に計測できる手法の検討。
 - 全国の医療機関のエックス線CTに関する医療被ばくの現状把握と診断参考レベルの導入に向けた検討。

23

診断参考レベル (DRL; Diagnostic Reference Level)

- 被ばくを受ける個人に直接の便益をもたらす医療被ばくには、“線量限度”の設定はそぐわないため、現行法令上の規制は設けられていない。
- 正当化と最適化を行い、必要最小限の被ばくに管理することが必要。
- 医療機関(医師)に、医療被ばくの把握を促す。
- 管理上の目安として、国・地域の医療の実情に合わせ、検査に関する被ばくの標準値(診断参考レベル)を決め、その範囲内に収めるように努力するよう求める。

24

頭部CTの被曝（施設間格差）

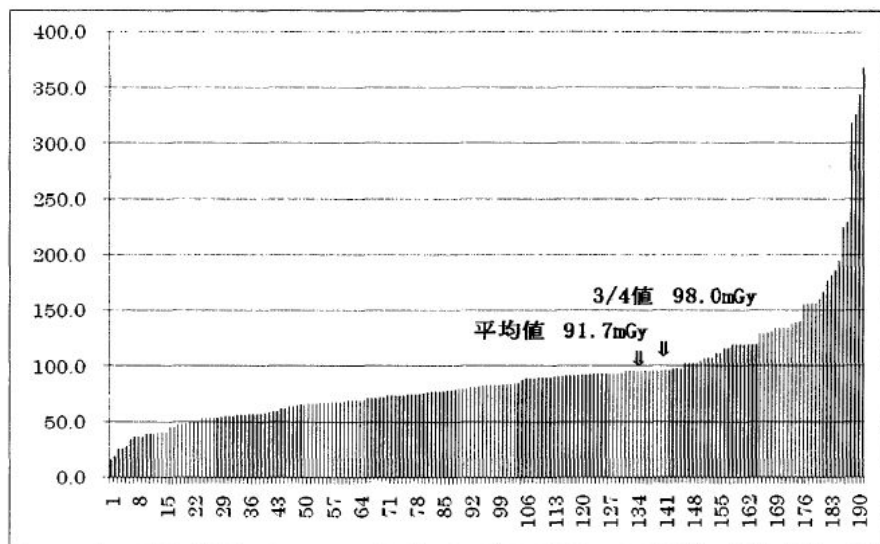


図4. 頭部CT撮影条件より ImPACT を用いて算出した CTDIvol (mGy) の分布

“枯れた”検査でも最大20倍以上
の施設間格差が存在

	最小値	中央値	平均値	第3四分位値	最大値
CTDIvol	15.8mGy	83.7mGy	91.7mGy	98.0mGy	369.0mGy

医療放射線の安全確保に関する研究 平成20年度報告書より

線量評価に関する現状の課題

- 全CT保有病院に、計測設備の配置（人体ファントムとCT用線量計）を求めることは、コストや実施の煩雑さから現実的でない。
- CT装置自体に、検査時の線量表示機能が搭載されつつあるが、その基準が定まっていない。
- 撮影時に表示した線量を自動的に記録を行う機能がない。
- CT装置の進歩が速く、線量評価基準そのものが一部の装置では対応できなくなっている。

財団法人 医用原子力技術研究振興財団 における医療分野の 放射線利用に関する取組状況

2010年3月2日

1

財団の概要

目 的：原子炉や加速器等から発生する粒子線等による先端的がん治療をはじめとする各種放射線による疾病の治療並びに診断等、医用原子力技術の研究を推進するとともに、その普及を図ることにより、科学技術の振興を図り、もって人類の福祉向上に寄与することを目的とする。

設立年月日：平成8年3月26日

基本財産：8千6百万円

事 業：(1) 医用原子力技術研究への助成
(2) 医用原子力技術研究活動推進のための支援・普及
(3) わが国における医用原子力技術研究のための諸施設の連携・整備の促進
(4) 医用原子力技術研究に関する各種調査・研究
(5) 医用原子力技術研究に関する情報連絡会等の会議開催
(6) その他本財団の目的を達成するために必要な事業

理事長：森 亘

主務官庁：文部科学省・厚生労働省

2

財団の事業

研究助成事業

医用原子力技術に関する研究助成

計測校正事業

1. 治療用線量計校正事業の実施(JCSS校正)
2. 治療用出力線量測定事業の実施(第三者評価)

普及啓発事業

1. 医用原子力だよりの発刊
2. 医用原子力技術研究振興財団 講演会の開催

調査分析事業

各種機関からの調査研究委託業務等

人材育成事業

1. 文科省委託事業「粒子線がん治療に係る人材育成プログラム」
2. 医学物理士の臨床研修のため海外短期派遣
3. 医学生を対象にした放射線医学見学ツアーの共催

計画推進事業

各種委員会活動

技術支援事業

関係機関の研究開発等に対する専門的な技術支援

3

研究助成事業

医用原子力技術に関する研究助成

高度先端技術である医用原子力技術に関する研究の推進を図り、その研究ならびに若手研究者を支援することを目的として、研究助成事業活動を設立当初より実施。

テーマ：診断技術、治療技術、薬剤等の研究開発

助成金：若手研究者5名に各100万円



4

研究テーマ、題目等

平成21年度までの助成者数:68名

年度	テーマ	研究題目	研究者	所属
平成 8年度 (第1回)	三次元画像構成の 基礎的・臨床的研究	CTシミュレータを用いた三次元画像の放 射線治療への応用	永田 靖	京都大学医学部放射線医学 教室 講師
		三次元CT顕微鏡のための新補間再構 成法の開発	林 宏光	日本医科大学放射線医学教 室 助手
	定位的放射線治療 技術に関する研究	ラットてんかんモデルに対するガンマナイ フの効果に対する研究	栗田 浩樹	東京大学医学部脳神経外科 教務職員
		陽子線治療装置用超高精度定位装置の 開発	白土 博樹	北海道大学医学部附属病院 放射線科 講師
	^{10}B 化合物の開発に 関する研究	ポジトロン標識ホウ素化ポルフィリンの開 発とそのPET画像化によるBNCTへの 実用化	大森 義男	京都府立医科大学医学部脳 神経外科 助手

年度	テーマ	研究題目	研究者	所属
平成 21年度 (第14回)	機能 / 形態融合画 像の臨床的有用性 に関する研究	^{11}C -methionine PETとMRI拡散テ ン ソル画像の融合画像を用いた悪性 グリオーマに対するIMRT治療計画 における有用性の検討	木下 学	大阪大学医学部附属病院 脳神経外科 医員
	MRTのQA/QCに関 する研究	呼吸同期 IMRTにおけるQA/QCプ ロトコールの確立	中村 光宏	京都大学大学院医学研究 科放射線腫瘍学・画像応用 治療学 大学院生
		強度変調放射線治療におけるガラ ス線量計を用いた吸収線量測定法 に関する研究—ガラス線量計を用 いた第3者の線量評価システムの 構築に向けて—	橋本 慎平	首都大学東京大学院 大学 院生
	中性子捕捉療法の更な る展開に関する研究	ホウ素含有 Lipo-peptideを用いた 新規ホウ素送達システムの開発	中井 啓	筑波大学人間総合科学研 究科 講師 5

普及啓発事業 1

講演会

目的：粒子線がん治療や中性子捕捉療法等、先端的医用原子力技術に対する国民の理解を促進するため開催

対象：一般市民

開催頻度：年1回

開催場所：全国



医用原子力技術研究振興財団 講演会

	開催地	テーマ	共催団体	参加者
第1回	東京都 千代田区	期待される次世代がん 診断・治療法		230人
第2回	名古屋市	そこまで来た次世代がん 診断・治療法	名古屋大学 医学部放射線科	1300人
第3回	高松市	こんながんまで治せる 放射線治療	国立病院機構 香川小児病院	460人
第4回	水戸市	人にやさしいがん治療・ 診断法	原子力研究開発機構	450人
第5回	東京都 港区	人にやさしいがんの放射線 治療	国立がんセンター 癌研究会	630人
第6回	広島市	人にやさしい放射線医療	広島大学	300人

7

普及啓発事業 2

医用原子力だより



医用原子力技術研究活動の
普及・啓発のため、広報誌
「医用原子力だより」を編
集・発行

内容:事業報告、粒子線治療
等の解説、患者体験談、
粒子線施設紹介等
発行部数:3000部
発行回数:2回／年
配布先:会員、関係者、
講演会参加者等

8

人材育成事業 1

文部科学省委託事業 粒子線がん治療に係る人材育成プログラム

粒子線がん治療に携わる専門的な知識・技能を有する放射線腫瘍医、診療放射線技師、医学物理士などの中核的人材を育成するため、諸外国にも類例がない専門性の高い内容を、講義と実際の治療現場におけるOJT(On the Job Training)を中心に実施。

全日本の体制で効率良く行うため、既存6粒子線がん治療施設と教育機関である大学法人1施設が協働で実施。

平成19年度よりの5年間で40名程度育成。

9

実施体制

粒子線がん治療に係る人材育成プログラムの実施体制

粒子線がん治療に係る人材育成委員会

- 人材育成カリキュラムの作成
- 各施設の整備計画の立案
- 育成対象者の選考、修了認定等
- 全体的方針の策定
- 進捗状況の監督・適切な助言

粒子線がん治療に係る人材育成評価委員会

- 育成体制や各機関の育成結果に対する評価を行う

粒子線がん治療に係る協働機関代表者会議

- 各機関での具体的育成に際し、必要な連絡調整を行う

国立大学法人
大阪大学

財団法人
若狭湾エネルギー研究センター
粒子線医療研究センター

独立行政法人
放射線医学総合研究所
重粒子線科学センター

兵庫県立
粒子線医療センター

静岡県立
静岡がんセンター

国立大学法人
筑波大学
粒子線医学利用研究センター

国立がんセンター
東病院

粒子線がん治療に係る基礎および専門講義・OJT

粒子線がん治療に係る協働機関実務者会議

事務局

財団法人 医用原子力技術研究振興財団

- 委員会、会議の事務処理
- 育成用備品の整備計画の立案
- 各種調査
- 協働機関との連絡調整
- 専門講師の派遣
- 研修者に係る事務処理
- 関連機関との連絡調整
- 評価に必要な事務処理等
- 基礎研修・入門セミナーの運営

中核機関

10

研修状況

- 平成21年度(2月末日現在) 17名の研修者受入
- 5名(診療放射線技師)が研修終了
- 現在12名が研修中

職 種	平成20年度		平成21年度(2月末日現在)		
	研修者	修了	研修者	修了	研修中
医師	1	-	3	-	4
医学物理士	2	-	3	-	5
診療放射線技師	2	2	6	3	3
合 計	5	2	12	3	12

○JT標準研修期間

(数値:人数)

- 医師:1年
- 医学物理士:2年(医学物理士の資格取得)
- 診療放射線技師:6ヶ月

11

人材育成事業 2

医学物理士海外研修支援

(社)日本医学放射線学会、医学物理士認定機構との連携のもと、医学物理士を**海外の先進的な放射線診療施設に短期派遣し**、臨床研修を実施(平成18年度より開始:毎年3名)

●研修施設:

M. D. Anderson Cancer Center

University of Florida (UF) Cancer Center
University of California Davis校、Health System Cancer Center

●研修期間:2週間

12

人材育成事業 3

放射線医学見学ツアー

医学部大学生等で組織する「医師のキャリアパスを考える医学生の手」が開催する「放射線医学見学ツアー」に共催・支援し、関係機関による協力により施設見学および医師等の講演を実施し、医学生等へ放射線医学に触れる機会を提供。

第1回

開催日：平成20年8月13日、14日

見学先：国立がんセンター、放射線医学総合研究所

参加者：23名（医学部19名、歯学部2名、工学部1名、商学部1名）

第2回

開催日：平成21年8月25日、26日

見学先：癌研有明病院、国立がんセンター東病院

参加者：10名（医学部10名）

13

放射線医学見学ツアー

国立がんセンター東病院

放射線医学見学ツアー案内

放射線医学総合研究所

放射線医学見学ツアー実行委員会



計測校正事業

わが国の放射線治療の精度向上に貢献するため、関係学協会・機関の支援・協力を得て、全国の医療機関の治療用線量計の校正並びに治療用出力線量測定を実施

①治療用線量計の校正は、放射線治療を安全かつ確実に行うための必要不可欠な業務であり、放射線治療を行っている病院すべてに対する品質管理を集約的に行う重要な事業である。

②第3者評価システムとしての治療用出力線量測定（郵送測定）は、国際原子力機関(IAEA)、世界保健機関(WHO)を始め世界各国で実施されており、医療事故防止にも有効であることが言われている。

15

治療用線量計の校正



リニアックでの治療の様子



光子線治療（X線・電子線）や粒子線治療（陽子線・炭素線）では、治療装置の内部に設置された「線量モニター」により、「照射のON/OFF制御」を行っている。

治療計画装置にて計算された線量を正確に照射できる様に、「線量モニターの出力を調整」する必要がある。

16

治療用線量計の校正



線量モニターの出力調整

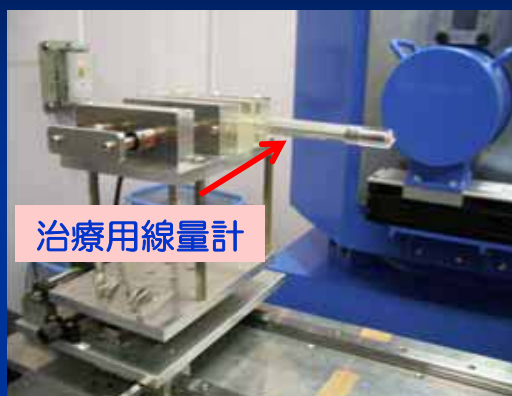
調整に用いる「治療用線量計」

治療線量を正確に照射するためには・・・
治療現場のユーザーは、「2次標準校正機関（当財団）」にて校正された「治療用線量計」を用いて放射線の量（Gy）を測定し、「線量モニターの調整」を行う。

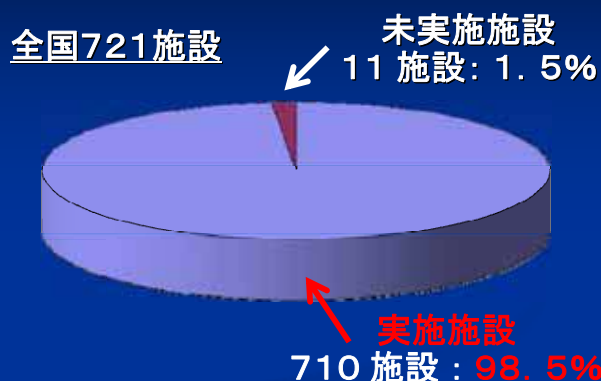
線量モニターの正確な調整のためには、「治療用線量計」の「感度差（個体差）」を校正する必要がある。

17

治療用線量計の校正



校正の風景



治療用線量計校正の実施状況

- 平成16年4月より、(社)日本医学放射線学会より引継いで実施
- 線量の基準となる「2次標準線量計」を所有して校正を実施
- 医療用線量計の校正で「計量法校正事業者登録制度（JCSS）」を取得している唯一の機関
- 実施率は98.5% [(社)日本放射線腫瘍学会データベースを利用]

18

出力線量の測定



治療計画装置での線量計算例



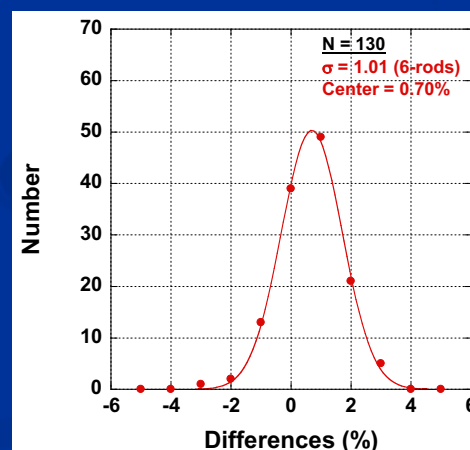
施設でのX線照射の様子

治療線量は、治療計画装置の内部に登録された「測定データ」をもとに計算される。治療線量の品質管理は各施設で実施しているが、第3者の検証の重要性が認識されてきた。

「治療計画装置内での線量計算」、「線量モニター調整」などの品質管理が正しく行われているか評価するための、「評価システム」および「第3者の立場の評価機関」が必要。

出力線量の測定

- (独)放射線医学総合研究所の研究・指導のもとで「ガラス線量計」を用いた評価システム（郵送測定）を構築
- 平成19年11月より「第3者機関」として出力線量測定事業を開始
- がん診療連携拠点病院については、国立がんセンターがん対策情報センターがん治療品質管理推進室が窓口として協力



測定に使用するガラス線量計

真の線量との相違（頻度分布）

線量外部監査に係るIAEA世界地図 (IAEAの資料より)

2007年10月末まで：
日本は黄色（線量外部監査未実施国）



2007年11月1日より：
日本は青色（線量外部監査実施国）



この事業の実施は近年のわが国の第3者的出力測定実施への努力をさらに発展させたものであり、一連の活動は国際原子力機関IAEAからも高評価を受けるに至っています。

21

以上 取り組み状況でした。

22

粒子線がん治療の普及に向けての課題

- 次世代プロジェクトへの技術移転及び支援
- 人材育成
- 日本発の技術の国際展開
- その他

放射線医療の普及及び教育に係る課題

- 国民に対する正確な知識の普及
- 医師養成における教育内容の改善・充実

「社会」と「放射線」の距離感

毎日新聞科学環境部
永山 悦子

「放射線」のイメージ

- 「怖い」「危険」
- 原爆、原発（事故）のイメージが強い。

→「できれば近寄りたくない」

【意識調査から】

- 一般にネガティブイメージ
→危険、目に見えない、身体に悪い、怖い
- 背景
→事故、汚染、核兵器

（日本原子力文化振興財団、2002. 3、引用）

2

【理由はメディア？】

- 「原因はマスコミの影響が大きいと思う。一般の人でも原子力関係に関心を持つようになり、マスコミも大きく取り上げるようになった。マスコミがこれまで取り上げた原子力関係の主な報道を顧みると、ビキニ環礁核実験、ロシアなどの核実験、スリーマイル事故、チェルノブイリ事故など。小さなトラブルや放射線被ばく問題も報道対象になり、いかに微量でも身体に悪い影響を与える確率があるという『直線仮定』が放射線のイメージを一段と悪くしている。放射線という言葉はマスコミによって危険なものになった。何回も何回も放射線の利便性を取り上げるようになれば、感覚的に放射線という言葉はよいイメージを持った言葉になると思う」

（一部略、電子科学研究所 辻本忠氏）

3

■ 教職員への調査

「放射線利用(プラス面)に関する報道」

まったくない 26%

1割未満 36%

1～2割 24%

(日本原子力文化振興財団、2002. 3、引用)

4

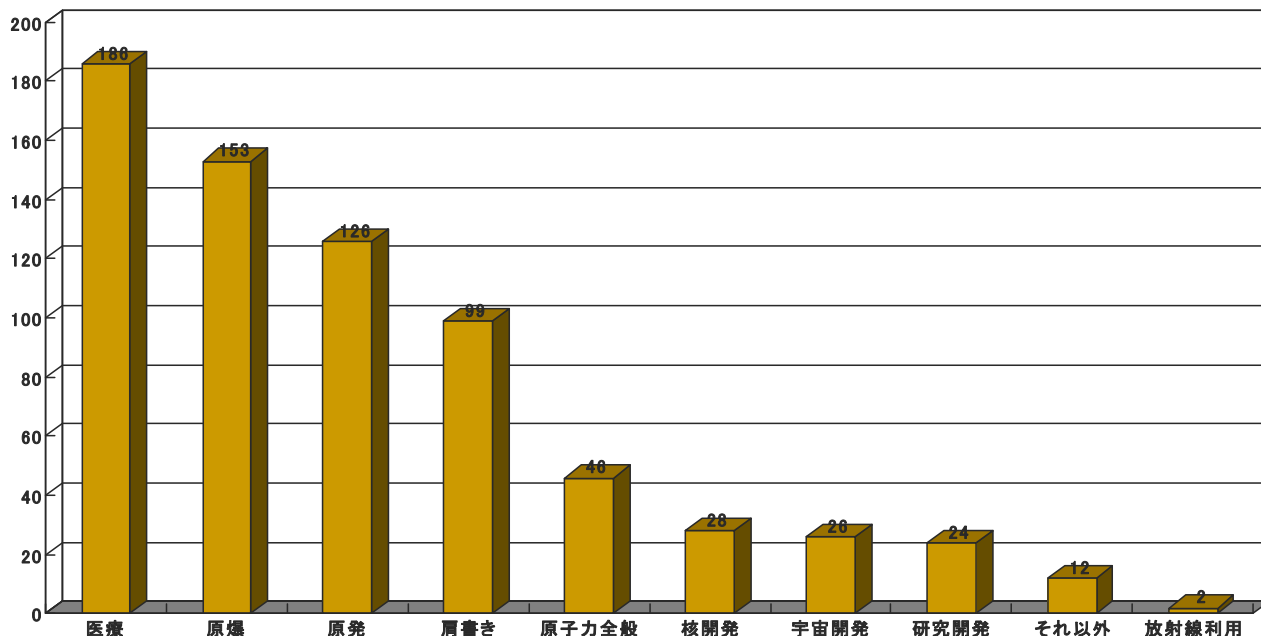
- 「すでに長年にわたって植えつけられた固定観念を変えることはほとんど不可能かもしれないが、報道関係者が原爆に関する先入観とか原子力に対する好悪の感情とは離れて、客観的に、『少量の放射線・放射能のリスクはどの程度のものか』という正しい基本的知識を持っていただくことがぜひ必要。報道関係者の良識と努力により客観的な知識レベルの向上を期待せねばならない」

(一部略、放射線教育フォーラム、松浦辰男氏)

5

検索「放射線」

毎日新聞2009年3月～2010年3月



6

メディアの役割

- 隠された問題、社会のひずみ・ゆがみを掘り起こし、弱者（情報弱者も含む）を支援する。
- 大きな危険、侵害につながる恐れのあるものは、小さな事象でもきちんと報道する。（特に、健康被害、税金の使い方、人権、事件・事故）
- 基本的に「広告」ではない。

7

放射線利用の報道

科学的成果は一定の扱いで報道

■ エックス線ビーム 世界最小レベル成功
 阪大と理化学研究所

直徑1ナノメートル(ナノは10億分の1)の世界最小のエックス線ビームの形成に、大阪大と理化学研究所などが成功した。ナノレベルの観察が可能なエックス線顕微鏡開発への応用が期待されるという。

エックス線ビームはこれまで直徑50ナノメートル程度までしか絞り込むことができなかった。理論上も10〜20ナノメートルが限界とされていた。クル

【曾根田和久】

毎日新聞朝刊、2009年12月15日

毎日新聞夕刊、2007年4月1日



花びらが小さく、黄色い雄しべの新しい品種「仁科女王」は、理化学研究所が開発した。

黄色いサクラ

加速イオン照射で、新品種「仁科女王」を開発した。従来のサクラは、花びらが大きく、雄しべが黄色い。新品種は、花びらが小さく、雄しべが黄色い。理化学研究所が開発した。

【下村泰幸】



新品種「仁科女王」は、理化学研究所が開発した。花びらが小さく、雄しべが黄色い。

毎日新聞朝刊、2010年1月15日

原発トラブルは、トラブルの内容に応じ、事実関係を必要最低限報道する

●愛媛の伊方原発
 3号機で微量の放射性物質が漏れ、プルトニウム濃度の試験運転中の四国電力伊方原発3号機(愛媛県伊方町)で、5日、発電のタービンから出た水蒸気の水分を除いたり蒸気を加熱する加熱器に付属する配管内で微量の蒸気が漏れていたのが見つかった。蒸気に放射能は含まれておらず、弁を増し締めると蒸気漏れは止まった。放射能漏れはなく、プルトニウムの日程に影響はないという。

毎日新聞朝刊、2010年3月6日

●泊原発で作業員
 微量の内部被曝
 北海道電力は2日、泊原発1号機(後志管内泊村)の定期検査中に下請け会社の50代の男性作業員が微量の放射性物質を体内に取り込み、内部被曝したと発表した。身体に影響はないという。泊原発で内部被曝は初めて。北電によると、男性は2日午前10時過ぎから原子炉格納容器の内部で、空調ダクトを復旧する作業に当たっていた。チリなどを吸い込んだ可能性があるとみて原因を調べている。

毎日新聞朝刊、2010年3月3日(北海道のみ)

●取締役広告担当が就任
 まで8回にわたり、規定違反の作業を繰り返していた。中電によると、3号機補助建屋内に濃縮廃液貯蔵タンク(容量1200立方メートル)が3基あり、廃液の放射能が濃縮すると固化処理するが、05年に同装置が故障したため、廃液の配管を使って廃液をタンクへ移すことを決めたが、配管の技術検証がなかった。この配管が、廃液に含まれる鉄分などの不純物で詰まり、排水が止まった。中電は、技術基準の安全確認をせずに高濃縮廃液

毎日新聞朝刊、2010年2月26日

【現場の取材から】

- 医療現場の放射線利用
放射線治療→「怖い」
胸部エックス線検査→「無関心」
PET、重粒子線治療→「受けたい」
- 現場で、「放射線利用」の観点からの説明がない。

10

【学ぶ場がない】

- これまでの教育現場では「原爆」「原発」だけ
- 医療現場は忙しくて、説明どころではない
- その他の放射線利用（食品照射、製品開発など）は及び腰
- メディアの報道にも「傾向」

→「放射線お化け」の誕生

11

「お化け」の正体

- 胸部エックス線検査と原発の放射線のイメージ比較分析
(原子力安全システム研究所、松井裕子氏)

エックス線→

「被ばくしても大したことない」(楽観性) > 「死亡する」(恐ろしさ)
(親近性あり、未知性はなし)

原発→

「死亡する」(恐ろしさ) > 「専門家の管理」(対処可能性)
(楽観性はなし、未知性あり)

12

情報量の影響？

- 喫煙対策(リスクの存在が理解されない)
- BSE(正しいリスクが理解されない)
- 新型インフルエンザ(1年前の騒動と今)

→HP・公聴会の限界

→国の役割、メディアの役割、当事者の役割

13

[

]

本日はありがとうございました。

学校における放射線教育

1. 学習指導要領改訂と放射線の扱い
2. 放射線教育の支援
3. 参考資料(リスク、放射線利用など)

平成22年3月9日

田中 隆一

NPO法人放射線教育フォーラム

中学校理科の学習指導要領における 放射線の扱いの変遷



放射線に関する学習指導要領改訂内容

中学校理科

「科学技術と人間」の単元、
「エネルギー資源」の項目で
「放射線の性質と利用」にも触れることと記載

学習指導要領解説の内容

- ①核燃料は放射線を出している
- ②放射線は自然界にも存在する
- ③放射線は透過性などをもつ
- ④医療や製造業などにも利用

23年度から中学校3年で実施
(24年度完全実施)

高校理科

日常生活や社会との関連を重視した「物理基礎」のエネルギー利用、「化学基礎」の物質構成のなかで原子力・放射線を扱う…**必修による履修率向上**

新しい主な内容(同解説)

- ①中学校からの接続・発展
- ②線量単位(「物理基礎」)
- ③電子や原子核の発見の歴史(「化学基礎」)など

24年度入学生から実施
(25年度完全実施)

2

学習指導要領改訂の理念と目標

理科を中心に

1. 改正教育基本法等を踏まえた改訂

国家、社会の形成者としての基本的資質…社会参画、意思決定

2. 理数教育、言語及び体験活動の充実

中学校理科移行期の授業時数

科学的な思考力、表現力

知識・理解をもとにした判断力

確かな学力のため理数授業時数増 ⇨

	第1学年	第2学年	第3学年
現行の課程	105	105	80
平成21年度	105	105	105
平成22年度	105	140	105
平成23年度	105	140	140

3. 目的意識をもった観察・実験、探究する能力と態度

科学技術の発展と人間生活とのかかわりの認識

発展的な学習、探求活動の重視

4. 社会、生活の変化に対応した教科横断的な改善事項

情報、環境、安全、キャリア、食育など…「持続可能な社会」

3

放射線に関する知識度の現状

失われた30年の影響か？

自然放射線の存在を知らない	半数以上の理工系大学生
授業で放射線を教えたことがない	～45%(中学校理科教員) *1
教師自身が放射線を習っていない	～30%(中学校理科教員) *1
放射線授業を行った教員のうち、放射線実習を実施した経験をもつ割合	高校理科教員の4分の1 *2
放射線は微量でも被ばくしないほうがよいと考える	高校理科教員 の3分の2 *2
放射線利用の認知度は医療分野以外で極度に低い(一般人も含め)	

*1 中学校理科教員アンケート調査(2008) 有効回答数1171 回答率23%

*2 高校理科教員アンケート調査(2009) 有効回答数614 回答率20.5%

4

放射線教育を11,000校の 中学校に浸透させる短期的支援策

1. 実験・実習のための教材の開発・普及・活用
2. 放射線の性質、利用、影響の学習の支援(学習内容)
3. 授業実践、実験・実習、発展的な学習等のための専門家による支援や関係機関との連携の強化
地域毎の教員研修活動、シニアの活用、施設見学等
支援事業・・・予算縮小の見直し、縦割り⇒横の連携、効率化
財政基盤が弱いボランティア組織への助成
4. 中学校における授業実践の始動状況、教科書記述の傾向を把握しつつ具体的な対策を練る

5

実験・実習教材の普及・活用

早急な取り組みが必要

1. 実験・実習は最も容易かつ確実に学習効果を高める
はかるくん、霧箱、GM管、スパークチェンバ等
2. 安価、安全、堅牢な実験・実習教材の開発・普及が必要
検知・測定セット、放射線源など
3. 自然放射線の理解だけでなく、放射線の性質、線量単位、有用性、安全性などの学習に活用
目的意識をもった実験・観察。興味関心の喚起
4. 教材提供や実践支援のためのネットワーク化した地域の人材と組織及び財源が普及・活用に必要

6

授業実践に向けて

専門家の支援はいかにあるべきか

1. 一般解説より踏み込んだ授業実践に関わる支援が必要
2. 初めて学ぶ先生方には、実験・観察を通して自然放射線を身近に感じる実体験や一方的な講義ではないグループ討論が効果的
3. コアとなる先導的な先生方への支援が授業実践の普及に効果的な場合もある(キャリア教育指向とは別)
4. 原子力の授業で放射線を扱いにくいと感じている先生には、自然放射線や放射線利用から始めることを支援する
5. 先生方と積極的なコミュニケーションがとれるシニアボランティアの草の根的な地域活動の組織化が望ましい

7

まず、理科教員に知ってほしい「放射線の性質と利用」 従来の学習内容の問題点

1. 「性質」の基本内容が不明確。専門家が共有していない
透過性だけの指導でよいか？「作用」「エネルギー」の扱い？
2. 利用事例学習は放射線が役立つことだけが強調される
原子力広報は社会科学習になりがちで、科学技術性が希薄
3. 利用を「発展する科学技術」として捉えていない
4. 放射線利用に共通するメリット・デメリットの認識がない
5. 人工放射線源としての加速器が殆ど扱われていない
量子ビームテクノロジーの国民理解の知識基盤？
6. 利用施設の安全確保の理解不足・・・百聞は一見に如かず
見学の学習目的をよく理解した上での施設側の対応が必要

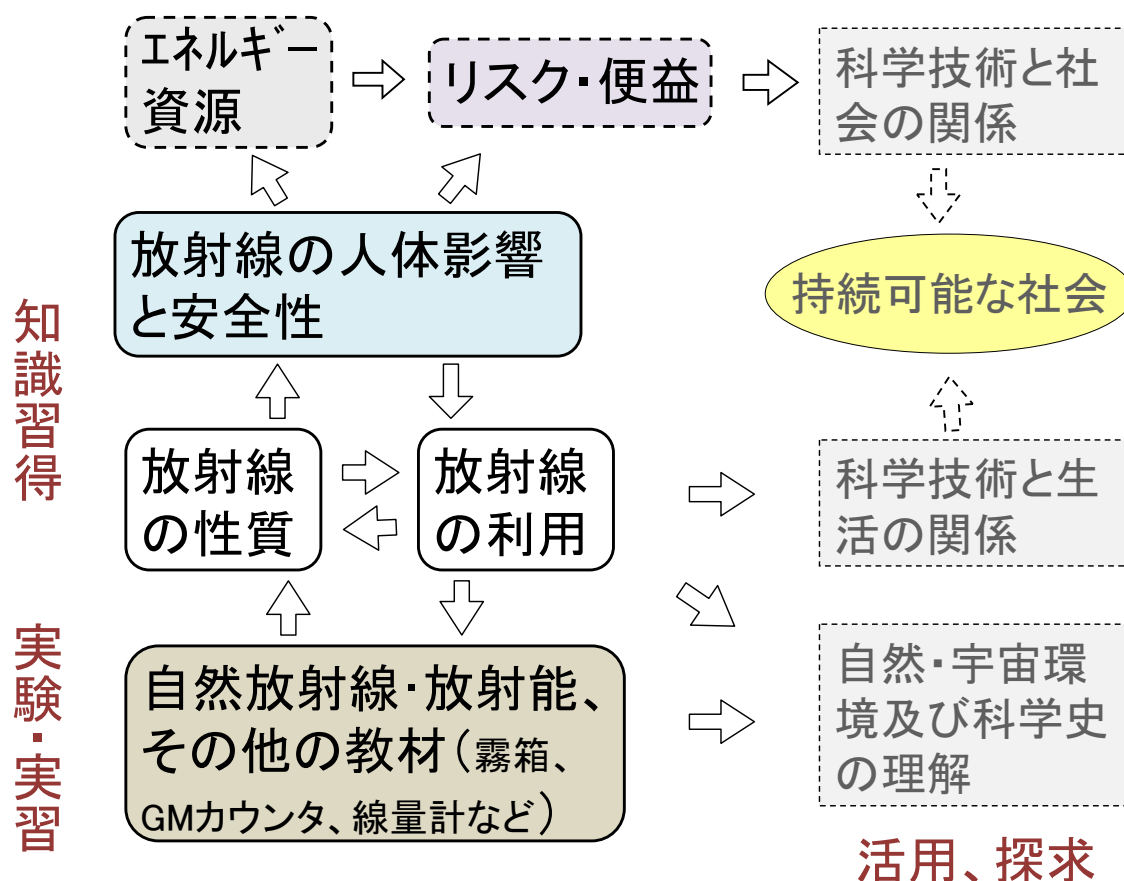
8

小中高における 放射線教育の中長期的対策

1. 中3で放射線を始めて習うのは遅すぎる。中1、中2、
小学校で自然放射線や放射線利用の学習が必要・・・
学習指導要領の改訂要。スパイラル構造化
2. 教員の養成・研修制度の充実化の一環として原子力・
放射線の教育課程を位置づける
3. 「持続可能な社会」のため、“リスクに向き合う”教育を
学校が取りあげ、客観認識に基づくリスク認知を放射
線学習を通して育成する・・・学習指導要領の改訂要

9

「放射線の性質と利用」学習の連関と発展



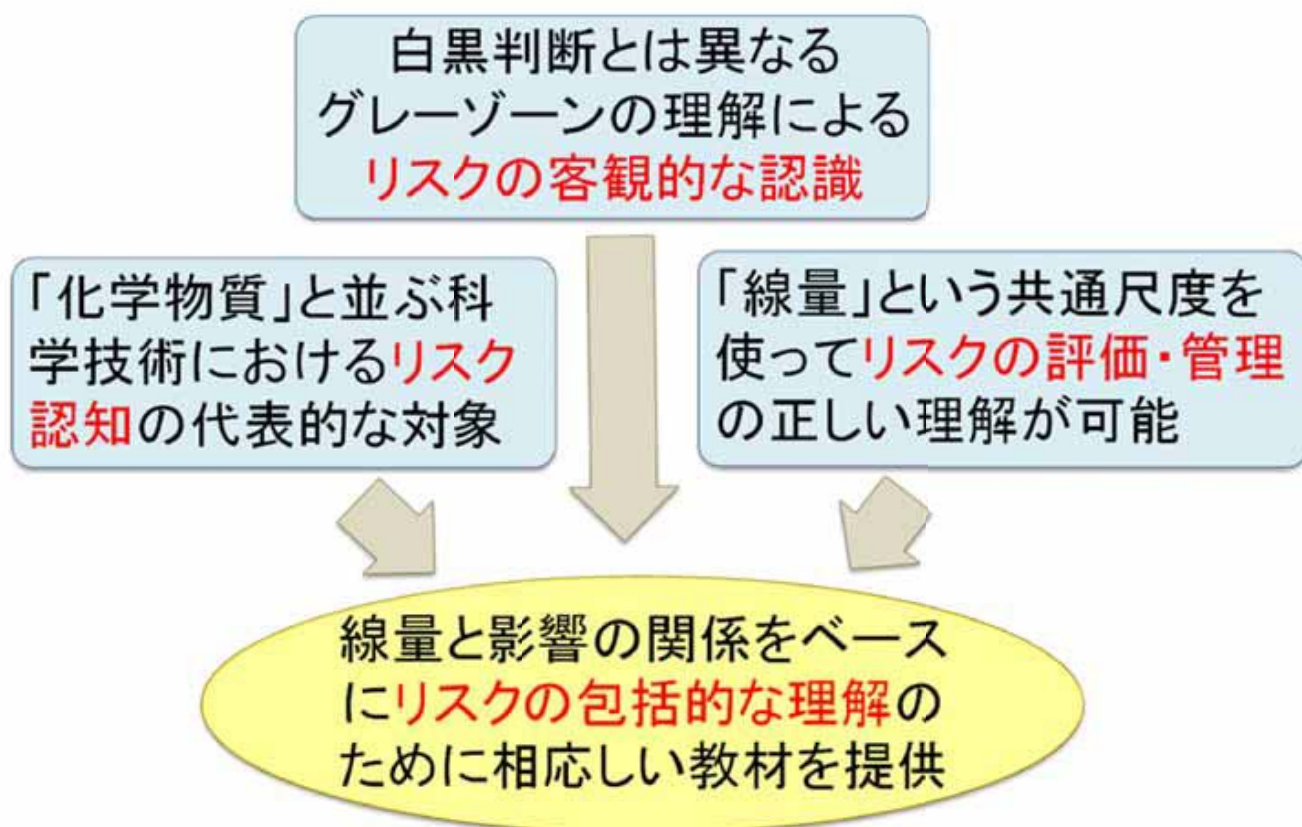
10

放射線を正しくこわがるための リスクリテラシー涵養の要点

1. **どんなに微量でも危険視・・・LNTモデル、「ことだま」**
⇒ “放射線があるかないか”ではなく、“どれだけあるか”という量的な認識に基づくリスク認知へ
2. **安全か危険かの白黒判断 ゼロリスクの追求**
⇒ 放射線についても、“グレーゾーン（灰色）”の判断を
3. **「線量限度」・・・少しでも超えれば、健康被害ありと判断**
⇒ リスク評価（事実）とリスク管理（価値）の峻別を
4. **科学の不確実性に関する認識不足（放射線の影響）**
⇒ 統計・確率学習の重視へ・・・PISAの数学リテラシー

11

リスク教育における「放射線」の意義



12

放射線利用の共通的なメリット

個々の利用事例に着目するだけでは把握できない

- ① 空間を隔てた物体の深くまで直ちに作用する
⇒ 簡便で素早い処理、環境負荷小さい、省エネルギー
(加熱がわずか、化学物質等の添加低減)
- ② 電磁界によって放射線(粒子線)を精密に制御できる
⇒ ブラウン管、加速器、電子顕微鏡、マスク描画装置、
高度ながん治療、量子ビームテクノロジー、ナノテク
- ③ 放射線の作用を高い精度で検知・測定できる
⇒ 高精度で容易な品質・リスクの管理
確実な品質保証、公共インフラの安全・安心

13

放射線利用の共通的なデメリット

- ① 放射線に対する国民の不安感と低認知度
⇒ 普及度、リスク管理に影響。国民の理解が大切
- ② 設備コストの負担と設置・運用に関する厳しい法規制
⇒ 普及度や設備・運用コストに影響
- ③ テロ発生の潜在的なリスク
(利用施設あるいは輸送中の放射性同位体を奪って、拡散あるいは散布する放射能テロなど)

14

放射線利用の未来に向けて 学校教育のポイント

- 1. 放射線の利点は、①空間を隔てた物体の中まで直ちに作用すること、②電磁界で精密に加速・ビーム制御できること、③作用を高い精度で検知・測定できること
- 2. 21世紀、加速器技術や材料科学の進歩によって、放射線利用はナノテクノロジー、ライフサイエンスなどの分野においてその真価の発揮が期待されていること
- 3. 子供たちが、放射線の有用性、利用普及の姿、及び安全性を正しく理解することを通して、放射線に対して過剰な不安をもたないようにすること

15

NPO法人放射線教育フォーラム

学校教育に関わる最近の支援活動

(1) 学校教育改善のための政策提言

文部科学省へ要望書「エネルギー・環境教育の充実のための学習指導要領の改善について」を提出（2005年8月）。（中学校理科の新指導要領で放射線の取扱いが復活（2008年3月告示））

(2) 中学校、高校における放射線教育の実態把握

理科教員へのアンケート調査・・・中学校（2008年度）、高校（2009年度）の調査結果はホームページ参照

(3) 「放射線に関する学習指導の手引き」の作成

先行的に開始された中学校での放射線授業のための指導資料作成
「放射線・放射能の基礎—学校における放射線に関する学習指導の手引き—」（2009年3月 試作版）・・・現在完成版を作成中

(4) 学校教員のためのセミナーの開催

文部科学省主催の「エネルギー・環境・放射線セミナー」を（財）放射線利用振興協会との共同企画事業として毎年全国で実施（2001年度～）