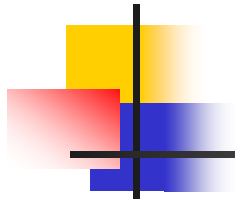


# 放射線利用について

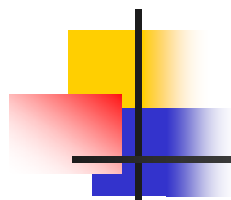
---



# 目 次

---

■ 放射線とは	2
■ 放射線の特徴と利用例	3
■ 現行長計における放射線利用の記述	4
■ 長計についてご意見を聴く会・策定会議でのご発言	7
■ 放射線利用の現状	9
■ 国内の大型の放射線関連施設	11
■ 医療分野における放射線利用	12
■ 工業分野における放射線利用	18
■ 農業・環境・資源分野における放射線利用	21
■ 科学技術・学術分野における放射線利用	26
■ 放射線利用の安全・安心の確保のために必要な知識の集積	33
■ 人材育成	35
■ 放射線に関する知識の普及	37
■ 国際協力	40
■ 放射線利用についての論点	45



# 放射線とは

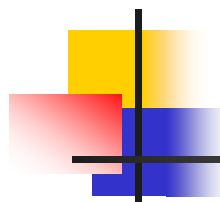
## 【 主な放射線の種類 】

放射線	電気を持った極めて小さい粒子の流れ	・アルファ線 ・ベータ線 ・電子線	・陽子線 ・イオンビーム (重粒子線)
	電気を持たない極めて小さい粒子の流れ	・中性子線	
	エネルギーの高い電磁波	・X線 ・ガンマ線	・光量子

放射性物質が放射線を出す性質を「放射能」といい、放射線発生装置や放射性物質のように放射線を発生させるものになるものを「放射線源」と呼ぶ。

## 【 主な放射線源の種類 】

- ◆ 放射性核種(RI)・・・アルファ線、ベータ線、ガンマ線などを放出
  - 天然放射性物質(カリウム-40など) / 人工放射性核種(コバルト-60など)
- ◆ 宇宙線
- ◆ 人工的な放射線源
  - X線・電子線発生装置/原子炉/加速器/先進的レーザー装置等



# 放射線の特徴と利用例

放射線は以下に示すような特徴を有しており、物質や生体中でこうした放射線の特徴をうまく活用することにより、他の方法では得られない効果を得ることができる。

物質を透過するため、生体そのものへの影響を小さく抑えながらその細部や内部の状態を調べることができること

年代測定(考古学)、PET(陽電子断層撮像法)、非破壊検査(空港にある手荷物検査装置等)、極微量有害物質の検出、火災防止用の煙探知機など

局所的に大きなエネルギーを付与して微細加工を行ったり、材料に特殊な機能を与えてこれまでの技術では得られない新しい材料を創生したりすること

DNA修復機構の研究(生命科学)、半導体製造、電池用隔膜製造、育種(米、なし、大豆、カーネーション、菊)など

周囲への影響を抑えながら集中的に細菌やがん細胞などを殺傷する能力を有していること

がん治療(X線、重粒子線、陽子線など)、医療用具(注射針等)の滅菌など

有害な化学物質等を利用せずに加工処理ができるため、環境への負荷が小さく、クリーンな手段であること

火力発電所の排ガスの浄化、ダイオキシンの除去、害虫駆除(沖縄:ミバエ根絶)など



# 現行長計における放射線利用の記述(1)

## 【第1部 第2章 原子力科学技術の発達（放射線の利用）】

原子力利用の一つとして、放射線は基礎・応用研究から実用にいたる幅広い分野で利用されている。様々な種類の放射線は、原子・分子や原子核のようなミクロの世界の観察、計測、微細加工等、先端的研究開発に不可欠な手段を提供し、また、物質の本質についての新たな知見をもたらして科学技術発展の原動力となっている。さらに、医療分野におけるエックス線診断、がん治療、産業分野におけるゴム、プラスチック等の改質、医療用具の滅菌、放射線育種、食品照射等の放射線利用の技術は、その普及度合いに違いはあるものの世界各国において広く定着しつつある。

## 【第1部 第3章 我が国の原子力の研究、開発及び利用の現状と今後 3.放射線利用】

現在、放射線は、医療、工業、農業等の分野で身近な国民生活や産業活動に広く利用されており、放射線利用が科学技術の発展や国民生活の向上に役立っているにもかかわらず、その多くは一般国民に知られていない。また、食品照射のように消費者の照射食品の安全性に対する不安等から、諸外国に比べて普及が遅れている分野もある。

今後、患者の身体的な負担が少ない放射線診療の実現、食品照射による食品衛生の確保、排煙からの窒素・硫黄酸化物の除去技術などによる環境保全、高分子材料の改質等の効率的なプロセス技術の製造業への応用等、様々な分野における放射線の利用が一層期待されている。これらの放射線を利用した技術の開発、利用は国民生活の質の向上、環境と調和する循環型社会の実現、活力ある産業の維持・発展等、21世紀の社会的な要請にこたえることになるであろう。

しかし、原子爆弾に加えて最近のチェルノブイル原子力発電所の事故、ウラン加工工場臨界事故等により放射線に対する国民の不安感はい前にも増して強くなった。放射線利用に伴う便益、放射線のもつ特性、放射線の人体への影響等に対する国民の正確な理解を促すことが今後の放射線利用の普及にとって重要である。特に低線量の放射線の人体影響や放射線障害の治療等に関する研究開発を一層進めるとともに、研究成果を広く国民に向けて発信していくことが必要である。



# 現行長計における放射線利用の記述(2)

## 【第2部 第5章 国民生活に貢献する放射線利用】

### 1. 基本的考え方

放射線は、取扱を誤れば健康に影響を及ぼす危険な道具であるが、管理しながら使うことで社会に多くの便益をもたらす、活力を与える。したがって、分かりやすい情報の提供と積極的な情報公開により国民の理解を得ながら、今後も、医療、工業、農業等の幅広い分野で活用できるように、研究開発を進めつつ放射線利用の普及を図っていくことが重要である。しかし、放射線の存在そのものを人間の五感で直接感じることができないことや、放射線や放射線の健康影響に関する知識に触れる機会が十分でないことにより、放射線に対して漠然とした「恐ろしさ」が形成されている。このため、国民に放射線利用や放射線についての正確な知識をもってもらうための努力が必要である。

また、放射線利用の普及に伴い、放射線や放射性物質を取り扱う施設や機会などが増加することから、その際発生する放射性廃棄物の処分を含めた適切な管理や、防護に関する教育訓練の充実等が重要である。

### 2. 国民生活への貢献

今後、少子化高齢化が進む我が国において、放射線利用による効率的で負担の少ない医療の重要性が高まると予想される。また、世界的な人口増加に対応して、食料増産や食品保存のため放射線利用の必要性が高まると考えられる。さらに、社会のニーズにこたえる新素材や新しい製造プロセスの開発、利用等、産業の様々な場面で放射線利用の拡大が期待される。

医療分野では、粒子線を含む放射線を用いた診断、治療の高度化を進めるとともに、診断、治療における健常組織への被ばく線量の低減化、新しい医療用線源や放射性薬剤の開発による診療適応範囲の拡充等の研究開発を産学官が協力して進めることが重要である。

食品分野においては、食品照射は、衛生的な食品を安定に供給し、腐敗による食料の損失を防ぐ殺菌技術の有力な選択肢の一つである。衛生的な食生活を求める社会のニーズに沿って食品照射の実用化を図るに際しては、国は、消費者による自由な選択を尊重し、食品照射と他の手法とを比較し、必要性や安全性についての分かりやすい情報提供を行うことが必要である。また、照射食品の健全性や検知技術の研究等を引き続き推進することが必要である。

農業、工業、環境保全への利用においては、食料の安定供給や環境保全に役立つ植物の放射線育種、先端的な新素材及び資源確保に役立つ新材料の創製、排煙・排水中の有害物質を除去する環境保全技術の開発等を進めることが重要である。

なお、放射線利用技術の研究開発に当たっては、産学官が、社会的ニーズを踏まえるとともに新産業の創出も念頭において協力して推進することが重要である。



## 現行長計における放射線利用の記述(3)

### 3. 放射線の生体影響研究と放射線防護

低線量放射線の人体影響については、疫学研究、動物実験、細胞・遺伝子レベルの研究、解析等、様々な研究手法を用いて、より広い視野の下で関連機関の連携を図りつつ、基礎的な研究を総合的に推進することが必要である。また、高線量被ばくについては治療を中心に研究を推進する必要がある。さらに、これらの研究の成果を、放射線の健康リスクの評価、合理的な防護基準の設定などに取り入れていくべきである。さらに、放射性物質の環境中での移行、循環に関する研究、防護技術の開発にも積極的に取り組んでいくことが必要である。

### 4. 放射線利用環境の整備

放射線利用を支える技術者等の質と層の充実を図るため、関係機関が連携を取りつつ効果的な人材育成に取り組む必要がある。また、放射線利用を支える基礎的・基盤的な研究を充実するとともに、その成果については、技術移転システムの活用等により実用化を図っていくことが重要である。

なお、放射線利用は多岐にわたり、担当省庁も複数にのぼることから、省庁横断的な協力や協調を円滑に進めることが重要である。また、放射性同位元素の利用を円滑にするための供給体制等を整備することが必要不可欠である。

放射線利用技術の国際協力においては、相手地域の特質やニーズを踏まえた技術移転、技術の定着に向けた人材養成、研究協力を進めることが重要である。





# 策定会議・長計についてご意見を聴く会でのご発言(1)

## 【全般】

長計についてご意見を聴く会(第20回)での  
ご発言は参考資料2に示す。

- 発電はもとより、医療や産業分野とか、さまざまな分野で欠かすことのできないテクノロジーとして、明るい未来が見えるような長期計画に是非していただきたい。
- 原子力をプラスのイメージが持てるものにして欲しい。J-PARC(大強度陽子加速器)や医療への応用等原子力の多様な利用の展開を。
- 従来の、「産官(学)」を中心とした原子力開発の枠組みでは、技術革新性、技術的基準性、技術的経済性に向けた取り組みが不足。
- 自発性、独自性のある技術開発を進められるような新しい研究開発の仕組みを従来にとらわれず考えるべき。
- 原子力の持つ多様な可能性を拓くため、科学技術の進歩、産業の振興に貢献する中性子などの放射線利用研究、将来のエネルギーの重要な選択肢として期待される核融合、水素製造をはじめとする多様な核熱利用など、幅広い検討を期待。
- 放射線を研究開発に応用。科学技術を発展させる上で他の手法ではできないツールであるため、もう少し縮こまらないように利用できることに期待。
- 原子力という科学技術が、エネルギー以外にどんな利用性、応用性、汎用性を持っていて、それが長期にわたって我々の社会にとってどのような影響があるのか、負の面も含め明らかにすべき。それによって、我々の社会がどうなるのかという絵も含めて少し考えられれば、その過程でこの5年間の科学技術の研究開発の面での政策論も議論できるのではないか。
- 原子力開発の推進について、原子力エネルギーに係る研究とあわせて加速器の活用など、幅広い実用研究の充実というものを図って、原子力というものを国民に身近なものにして欲しい。
- 安価に粒子線も陽子線も使えるような形の加速器ができないだろうか。かなり今のところうまくいきそうな様子。陽子線治療施設などと比べて約半分くらいの値段でできるようになってくる。世界の中で多分陽子線、粒子線という放射線による治療としては最先端のものになっていくのではなかろうか。こういったものは医学、医療の分野ではもちろん大切であるが、産業としても大変優位な立場で世界に伍していけるのではなかろうか。そういったものも含めて研究開発というものについて、これまで以上に力をいれていただきたい。





## 策定会議・長計についてご意見を聴く会でのご発言(2)

長計についてご意見を聴く会(第20回)での  
ご発言は参考資料2に示す。

### 【大型加速器】

- 実用研究に関して、大強度陽子加速器の事業が進んでいる。これを利用して日本の最先端の科学技術立国としてつくりあげていく必要がある。
- 地元で大強度陽子加速器をどのように利用できるのかの研究会をスタートさせている。国が何百億の資金を投じるくらいやっていかないといい形で産業利用が進まない。産業利用をこれで進めない限りもったいない。
- 日本の科学技術創造立国ということを踏まえたとき、大強度陽子加速器は一つのものすごいポイントになってくる施設でないかなと思っている。

### 【研究用原子炉】

- 事故が起こるたびに研究炉の規制も厳しくなる。ひいては、アイソトープ取り扱い施設も厳しくなるが、発電所と一緒にせずに合理性をもってほしい。日本ではライフサイエンスが遅れた原因の一つとして、アイソトープが使えないこともあったのではないか。

### 【医療被ばく】

- 医療被ばくが日本は非常に多いことが問題になっていて、減らすよう努力をすべきだという議論が多い。医療放射線の被ばくの問題についても今回の議論の中で取り扱うべき。
- 医療放射線を特化して書く必要はない。医療の領域とか研究、教育の領域では放射性物質を取り扱う人そのもの、放射線取扱業務従事者のモラルの確保というものも大変重要。事業者の責任、国の責任だけでなく、取り扱う医師、研究者のモラルの確保とか大変重要ですので、その辺を書いていただきたい。

# 放射線利用の現状( 1 / 2 )

放射線利用の市場規模は拡大している。

## (1) 放射線の利用例と規模の変化

	平成9年度	平成15年度
半導体加工 (リソグラフィ、不純物導入等の加工)	5.4兆円	6.3兆円 (世界半導体市場日本協議会の統計データより試算)
突然変異育種の育成品種	91種	140種
PET(陽電子断層撮像法)装置の導入台数	36台 (平成9年)	56台 (平成14年) (平成14年から保険適用)
新たな放射線利用	<p>床ずれ防止マット: 天然高分子に電子線・ガンマ線を照射することにより、保温性、弾力性に優れる材料を開発し、平成15年に商品化。市場シェアはほぼ100%。</p> <p>絆創膏: 天然高分子に電子線・ガンマ線を照射することにより、傷口に優しい絆創膏を開発。平成16年に商品化。</p>	





# 放射線利用の現状(2 / 2)

## (2) 放射性同位元素(RI)利用の現状

医療分野の新しい利用方法のためのRIの供給量が増加傾向にあるほか、基礎医学での研究に使われるRIの供給量が増加している。

RI製品のほぼ4割が国産であるが、RI製品の約6割は輸入に依存しているか原料を輸入し国内で加工している。

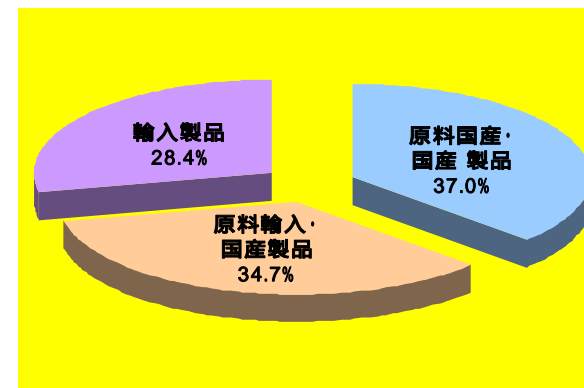
### おもな密封放射性同位元素の供給量の推移

核種	1997		2003		主な用途
	数量	個数	数量	個数	
	単位: MBq	単位: 個	単位: MBq	単位: 個	
<sup>22</sup> Na	5,550	1	7,400	4	陽電子消滅の研究
<sup>63</sup> Ni	372,080	1,006	381,100	1,030	ガスクロマトグラフ
<sup>68</sup> Ge	7,239	40	50,373	205	PET装置の吸収補正用
<sup>125</sup> I	185,000	25	126,383	9,309	前立腺癌治療用
<sup>137</sup> Cs	1,519,076,625	143	415,296,647	179	レベル計、液面計
<sup>153</sup> Gd	44,400	3	76,220	7	核医学検査装置の吸収補正
<sup>169</sup> Yb	1,110,000	6	2,960,000	8	非破壊検査
<sup>241</sup> Am	651,400	26	717,800	11	厚さ計、密度計
<sup>241</sup> Am+Be	55,500	3	332,630	11	中性子線源として、校正等
<sup>252</sup> Cf	11,760	7	100,306	9	中性子線源として、校正等

### おもな非密封放射性同位元素の供給量の推移 単位: MBq

核種	1997	2003	主な用途
<sup>33</sup> P	24,150	39,063	遺伝子の探索
<sup>63</sup> Ni	370,189	482,057	ガスクロマトグラフィ線源の材料
<sup>67</sup> Ga	814	925	動物・細胞での生理機能・病態の解析
<sup>85</sup> Kr	149,188	333,740	工業製品の改良
<sup>86</sup> Rb	1,036	5,550	動物・細胞での生理機能の解析
<sup>99</sup> Mo	131,350	142,450	動物・細胞での生理機能・病態の解析
<sup>123</sup> I	222	7,670	動物・細胞での生理機能・病態の解析
<sup>131</sup> I	39,977	133,036	動物・細胞での生理機能・病態の解析
<sup>201</sup> Tl	703	2,368	動物・細胞での生理機能・病態の解析

### RI製品販売金額の比率(2003年度)



輸入製品: 放射線医薬品...アメリカ、イギリス、フランス、スウェーデン、フィンランド  
 非密封RI...イギリス、アメリカ  
 密封RI...カナダ、イギリス、オランダ  
 原料輸入(主にMo-99): カナダ、オランダ、南アフリカ



# 国内の大型の放射線関連施設

国内の大型の放射線関連施設を利用して、放射線利用や放射線利用研究開発が推進されている。

・大気中の標的に正確に一個ずつイオンを照射するシングルイオン照射が可能な世界唯一の施設。

・重イオンを高精度で生物細胞に打ち込むことによる細胞加工技術の開発などを実施。

・放射光施設として世界最高の蓄積リング内電子エネルギー。

・国内外の研究者に広く開かれた共用施設として様々な分野の研究で活用。

・小型レーザーで世界最高出力の光発生(0.85ペタワット)。

・高エネルギーイオン・電子源の開発により加速器を小型化する技術開発等を実施。



TIARA:日本原子力研究所  
高崎研究所(1991年完成)



SPring-8:日本原子力研究所・理  
化学研究所が播磨に設置(1997  
年に放射光発生、供用開始)



極短パルス高強度レーザー:日本原子力研究所  
関西研究所(2003年に発振成功)



JRR-3:日本原子力研究所  
東海研究所(1990年に改造)



J-PARC:日本原子力研究所・  
高エネルギー加速器研究機構において  
原研東海研究所に建設中  
(2008年完成予定)



HIMAC:放射線医学研究所(1994年完成)

・世界3位の強度を持つ中性子研究用原子炉。

・中性子ラジオグラフィによる非破壊検査、中性子による物質の解析等の中性子利用研究を実施。

・世界最高性能の中性子源(JRR-3のピーク強度の百倍以上)。

・大強度のパルス中性子を利用してタンパク質の機能の解明、高温超伝導の機構解明等これまでの中性子源では出来なかった研究を計画。

・世界初の重粒子線がん治療装置。

・がん治療のほか、重粒子を利用した医学、生物、物理、工学実験等を実施。



# 医療分野における放射線利用(1 / 6)

## (1)利用の現状

放射線によるがん治療は、身体機能への侵襲が少なく、生活の質(QOL)が高い等の特徴を持っており、治療患者数は増加傾向にある。また、放射線による診断方法としては、X線によるものが広く普及しているが、近年、PET(陽電子断層撮像法)によるがんの早期発見等も普及しつつある。

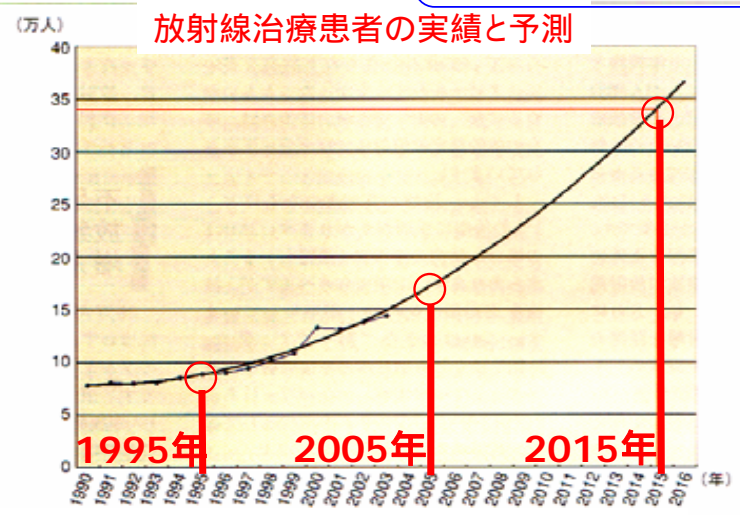
実用化されているもの	研究開発段階のもの
<ul style="list-style-type: none"><li>・光子線治療<ul style="list-style-type: none"><li>定位放射線治療(ガンマナイフ、サイバ-ナイフ、リニアナイフ)</li><li>密封小線源照射(ヨウ素125)・・・前立腺がん</li><li>強度変調照射(リニアック)</li><li>術中照射</li><li>遠隔操作式後充填法治療装置(RALS)</li></ul></li><li>・粒子線治療<ul style="list-style-type: none"><li>陽子線、炭素線</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・粒子線治療装置</li><li>・ホウ素中性子捕捉療法[BNCT]</li><li>・医療用RI線源の開発<ul style="list-style-type: none"><li>がん治療に有効なRI(線放出、短半減期)製造技術開発(<math>^{186}\text{Re}</math>等)</li><li>がんの特異的に集積するRI標識化合物の開発(<math>^{11}\text{C}</math>, <math>^{18}\text{F}</math>, <math>^{61}\text{Cu}</math>を利用したもの等)</li></ul></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>・単純X線</li><li>・X線CT[断層撮像法]</li><li>・SPECT[単一光子放射型コンピュータ断層撮像法]</li><li>・PET[陽電子断層撮像法]</li><li>・PET-CT診断</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・分子イメージング<ul style="list-style-type: none"><li>PET装置の高度化(分解能・感度)</li><li>高度腫瘍診断技術</li><li>精神神経疾患の発症前診断法</li><li>薬効評価法等</li></ul></li></ul>



# 医療分野における放射線利用(2 / 6)

わが国の放射線治療患者数は急増している。しかし、米国と比較すると全がん患者数に対する放射線治療の実施割合は低い。

## < 放射線による治療 >



放射線治療患者数の実績と予測

(厚生労働省がん研究助成金計画研究班14-6の調査による)

## 全がん患者数に対する放射線治療の実施割合

### < 日米比較 >

	日本	米国
2001年	18%	60%

(癌治療と宿主 Vol.16No.3 2004-7より)

## 国内の放射線治療施設における装置普及状況

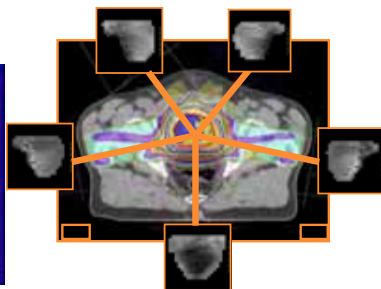
調査年度	リニアック	ガンマナイフ	高線量率 RALS
1997	475	18	182
2003	773	40	203

日本放射線腫瘍学会「構造調査」(1997～2003)

### 強度変調照射法

リニアックによる多門X線照射で線量集中性を改善した治療法。

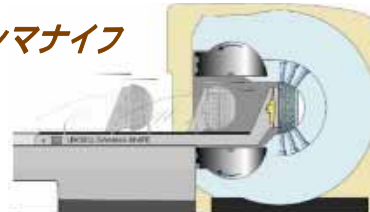
### リニアック



### 定位放射線治療

病巣を正確に位置決めして(「定位」という)放射線を三次元方向から集中させ照射する治療法。ガンマナイフ(線源は $^{60}\text{Co}$ )、サイバ-ナイフ、リニアナイフ等がある。

### ガンマナイフ



### 高線量率RALS

遠隔操作式後充填法治療装置(Remote Afterloading System)は $^{192}\text{Ir}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 等の針状または管状の小型高線量率密封線源を組織、体腔、管状器官の癌や腫瘍部分に入れて照射する治療法。線源の取扱はコンピュータを用い遠隔操作する。



# 医療分野における放射線利用(3 / 6)

## < 放射線による診断 >

### 国内の病院における診断機器類保有状況

	台数 (平成11年)	台数 (平成14年)
X線CT(全身用)	7361	7920
RI 診断装置	1319	1570
SPECT	1003	1252
PET	36( 1)	56

厚生労働省「医療施設調査」

1: 日本画像医療システム工業会調べによる

#### X線CT

CTとは、Computed Tomographyの略で、コンピュータを使って断層撮像を行う装置。X線発生装置が身体の周りを360°回転しながらX線を照射し、身体を透過したX線の情報をコンピュータ処理することにより、断層画像が得られる。



#### RI診断装置の例

##### シンチレ - ションカメラ

ごく微量の放射性同位元素(RI: Radio Isotope)で目印をつけた検査用の薬を注射又は服用して、検査薬剤の集積具合を測定・画像化する装置。



#### RIを用いた診断機器

##### SPECT装置

SPECTとは、Single Photon Emission Computed Tomographyの略で、単一光子放射型コンピュータ断層撮像を表す。使用するRIは単一ガンマ線を放出する<sup>123</sup>I、<sup>67</sup>Ga等の核種。PETに比べ解像力や定量性は劣るが寿命の長い核種を使用でき、汎用性に優れている。



#### PET(陽電子放射断層撮像法)装置

PETとは、Positron Emission Tomographyの略であり、がんの悪性度、部位、大きさ及び治療効果判定や脳機能障害などの診断や病態解明などができる新しい診断方法である。がん細胞など特定の部位に集積する特性を有する短半減期の放射性医薬品(陽電子を放出するブドウ糖薬剤など)を用いることで、がんの早期発見などが可能である。



PET - CT装置



# 医療分野における放射線利用(4 / 6)

## <放射性同位元素(RI)の 医療分野における利用状況>

RIを利用した検査・治療の年間件数(単位:件)

年度	1997	2002
インビボ検査	1,630,000	1,596,600
インビトロ検査	47,820,000	31,346,600
PET検査	11,200	29,400
非密封RI治療	3,100	5,000

出典: RADIOISOTOPES, 52, 389-446 (2003)

### インビボ検査

アイソトープを含んだ医薬品を人体に投与し、それから出る放射線を検出することにより病気の有無、臓器の状態を知り病気の診断に役立てる検査方法。

$^{99m}\text{Tc}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ 等の核種が用いられる。

### インビトロ検査

人体から採取した検体(血液や尿等)を試験管内でRIを含む試薬と反応させ、それから出る放射線より検体中の微量成分を定量して、病気の診断に役立てる検査方法。 $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{125}\text{I}$ といった核種が用いられる。

### PET検査

$^{18}\text{F}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{11}\text{C}$ といったポジトロン核種が用いられる。

### 非密封RI治療

甲状腺がヨウ素を取り込みやすい性質を利用して、放射性ヨウ素を含んだ医薬品を投与して、甲状腺がんや甲状腺機能亢進症等を治療する。 $^{131}\text{I}$ が用いられる。

## <医療器具の滅菌>

現行の滅菌方法としては、高圧蒸気による加熱やガンマ線あるいは電子線など放射線による物理的方法と、EO(エチレンオキシド)などを用いる化学的方法が、その構造や材質にあわせて選択され実施されている。

中でも、放射線滅菌は、化学変化の少ない、滅菌の信頼性が高い、工程管理が容易であるなどの多くの優れた点を持っているため普及が進んでいる。

医療用具の放射線滅菌の経済規模 3,000億円(H15年度、「2005原子力年鑑」原子力産業会議より)

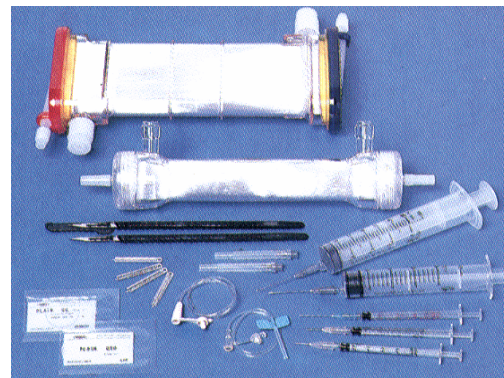


図6 放射線滅菌された医療器具類の例

【出典】日本原子力研究所高崎研究所: みんなの放射線利用(1993年), p4

# 医療分野における放射線利用(5 / 6)

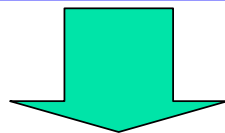
## (2)重粒子線がん治療の進展

### 重粒子線がん治療の特徴

- ・腫瘍のみを狙った治療
- ・生活の質(QOL)の高い治療
- ・短期照射が可能(肺がん、肝がんなどでは1～2回等)
- ・一般の放射線では治療困難ながんの治療が可能。  
(頭頸部腫瘍、悪性黒色腫、骨肉腫等)

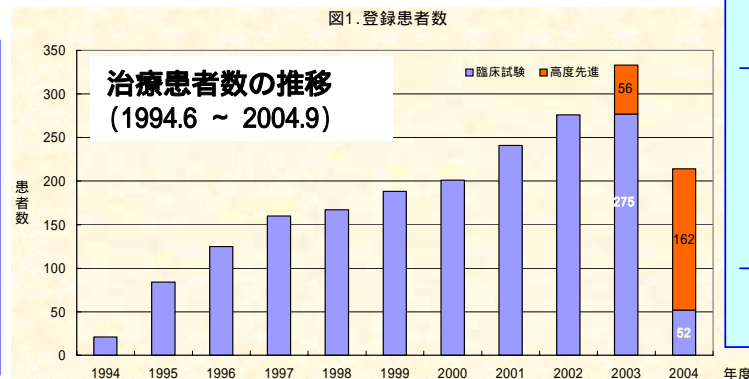
### これまでの経過

- ・平成6年より炭素線を用いた臨床試験を開始。
- ・平成15年10月、厚生労働省より高度先進医療の承認。
- ・平成16年9月までに2,010名に適用。



### 重粒子線がん治療の今後の展開

- ・臨床試験の継続  
超難治性がんへの適用の拡大のための高度な治療法の開発等
- ・小型治療装置の開発
- ・照射方法の高度化に関する研究開発等  
スポットスキニング(点描)照射法、呼吸同期照射法などの研究開発



### 世界の治療施設

場所	陽子	炭素
米国	4	-
カナダ	1	-
ヨーロッパ	8	1(3)
ロシア	3	-
南ア	1	-
日本	5	2
合計	22	3(3)

( )は計画中

### 他治療法との成績比較( 期非小細胞肺がん)

治 療		患者数	局所制御率	5年全生存率
X線治療	愛知がんセンター他	149	56 %	22 %
陽子線	筑波大学	28	57 %	30 %
	ロマリンダ大学	27	87 % (2年)	39 % (2年)
炭素線	放医研	67	93 % (3年)	73 % (3年)
切除	千葉大呼吸器外科	554	-	65 %



## 医療分野における放射線利用( 6 / 6 )

### (3) 医療分野の課題

生活の質(QOL)の高いがん治療方法である重粒子線がん治療は、有効な放射線の利用方法のひとつであり、普及の要望も高い。

#### 今後の取扱い

重粒子線がん治療の普及を促進するため、小型で低価格の治療用加速器など普及に適した装置の開発や、高度な治療法の開発などに取組む必要があるのではないかな。

放射線の利用を拡大するシーズとなるような基礎的・基盤的研究開発を推進する必要があるのではないかな。



# 工業分野における放射線利用(1 / 3)

## (1) 利用の現状

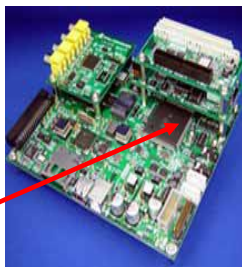
半導体の製造、ラジアルタイヤの製造等の加工部門やX線を用いた非破壊検査部門等で広く利用が拡大している。

実用化されているもの	研究開発段階のもの
<ul style="list-style-type: none"><li>・ボタン電池用隔膜(電子線:グラフト重合)</li><li>・生分解性熱収縮チューブ(電子線:放射線架橋)</li><li>・ラジアルタイヤの放射線加硫(電子線:放射線架橋)</li><li>・ナノレベル微細加工・リソグラフィ (光量子、放射光、イオンビーム)</li><li>・半導体素子製造 (核反応を利用した中性子ドーピング:Siパワーデバイス、イオン注入:パワーデバイス)</li><li>・非破壊検査 (X線:溶接部の健全性確認、空港における手荷物検査等)</li><li>・RI放射線応用計測機器 (パルプ・紙工場での厚さ計、鉄鋼板の厚さ制御、等)</li><li>・超耐熱性炭化ケイ素繊維</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・燃料電池用膜 (イオンビーム:微細加工、線:グラフト重合)</li><li>・耐環境性半導体の開発 (イオンビーム:デバイスの耐放射線性評価)</li><li>・ナノデバイス、高密度記録素子などの開発 (中性子:磁気構造の観測、放射光:電子構造の観測)</li><li>・実材料の応力分布解析 (中性子、放射光:表面(放射光)から内部(中性子)までの構造歪み測定 高性能エンジン等の開発)</li><li>・光デバイスの開発 (放射光:高い透過力を利用した窒化ガリウム、量子ドットなど合成過程のその場測定)</li></ul>

# 工業分野における放射線利用 ( 2 / 3 )

## < 工業分野の主な放射線利用 >

### 半導体の製造



半導体

電子線を利用した微細加工によるリソグラフィや、イオンビームや中性子ビームを利用した不純物導入等、放射線によって可能となる加工技術を利用して半導体を製造。  
(市場規模: H15年度6.3兆円)

### ラジアルタイヤの製造



電子線照射によりゴムの粘着性の制御を容易にできることを利用して、ラジアルタイヤを製造。  
(市場規模: H15年度1兆円)

### 電池用隔膜の製造



ボタン型電池

電子線、線照射による放射線グラフト重合で容易に物質に電気伝導性を付与できることを利用して、ボタン電池用隔膜を製造。  
世界で使用されているボタン型電池全てに使用。

## < 今後有望な利用 >

### 燃料電池用膜の開発



電子線を利用した橋かけにより耐久性を高めるとともに、グラフト重合によりイオン伝導度を高めることが可能であることから、燃料電池膜の有望な製造方法と考えられている。

### ナノデバイスの開発



中性子や放射光の利用により材料の磁気構造、電子構造の解明が可能となることから、磁気特性、電子特性を応用した高密度ナノ記憶素子等の開発が可能となる。



# 工業分野における放射線利用(3 / 3)

## (2) 工業分野の課題

工業分野における放射線利用を促進するための課題として、長計についてご意見を聴く会(平成17年1月21日)においては以下のようなご指摘があった。

### 今後の取扱い

市場ニーズに沿った研究開発や、研究成果の民間への円滑な移転による実用化を一層活発化するために、国と産業界との対話の場を増やすこと等が求められるのではないかな。

放射線の利用を拡大するシーズとなるような基礎的・基盤的研究開発を推進する必要があるのではないかな。



# 農業・環境・資源分野における放射線利用(1 / 5)

## (1) 農業分野の利用の現状

ジャガイモの芽止めのための食品照射、不妊虫放飼法による害虫防除、放射線育種に利用されている。

### 食品照射



(未照射) (照射済み)  
放射線照射によるジャガイモ芽止め

食品や農畜産物に 線や電子線などを照射することによって、発芽防止、熟度遅延、殺菌、殺虫などの効果が得られ、食品の保存期間が延長されると期待されているが、国内においては現時点ではジャガイモの芽止め以外では認められていない。

### 害虫防除



放射線による不妊化でウリミバエを根絶

### 放射線育種



耐病性イネの作出



カーネーション等の作出

放射線照射による突然変異を利用して新品種を開発  
140品種を開発(2003年現在)

イネでは、良食味、多収、耐倒伏性、早生などの品種の他、低アミロース、低グルテリン質等の新たな形質を持つ品種が開発された。また、新たな放射線育種法であるイオンビーム照射により、カーネーション等の新品種が作出されている。





## 農業・環境・資源分野における放射線利用(2 / 5)

### < 食品照射の状況 >

#### 食品衛生法に基づく規格基準

食品衛生法に基づく「食品、添加物等の規格基準（昭和34年厚生省告示第370号）により食品を製造、加工及び保存の目的での放射線照射を原則として禁止。

但し、ばれいしょの発芽防止の目的で照射する場合のみ、以下の条件を付して認めている。（1972年に許可、1974年から実用照射開始）

- ・放射線の線源及び種類は、コバルト60のガンマ線とすること。
- ・ばれいしょの吸収線量が150グレイを超えてはならないこと。
- ・照射加工を行ったばれいしょに対しては、再度照射してはならないこと。
- ・放射線を照射した旨の表示を行うこと。
- ・放射線照射業を営もうとする者は、都道府県知事の許可を得ること。
- ・当該施設には、専任の食品衛生管理者を置くこと。

#### 国際的な状況

国際的には、1980年に国際食糧農業機関（FAO）、国際原子力機関（IAEA）、世界保健機関（WHO）の合同専門家委員会が「総体平均線量が10kGy以下の照射食品の健全性に問題が無い」ことを宣言し（1）、これを反映して1983年にCodex食品規格委員会により、照射食品の国際基準「Codex General Standard for Irradiated Foods」（Codex STAN 106-1983）が定められた。

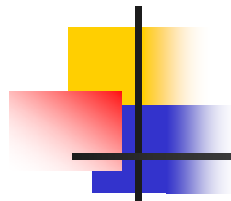
#### 各国の照射許可及び実用化品目

国 名	照 射 食 品 名													その他許可品目
	豆類	鶏肉	魚（含む冷凍）	にんにく	肉類	玉ねぎ	パパイア	じゃがいも	米	えび（含む冷凍）	スパイス	いちご	乾燥野菜	
ブラジル														果実ジュース、濃縮果実ジュース
チリ														カカオ豆
中国														ソーセージ
フランス														家禽肉
イスラエル														穀類
日本														
韓国														粉末味噌・醤油
オランダ														シリアルフレーク
南アフリカ														ベビーフード
タイ														ムーヨー（調理済ソーセージ）
英国														無菌食
米国														鶏卵
その他40カ国	8	13	10	16	5	24	12	23	13	9	34	11	10	13
許可国数	14	22	15	22	7	32	18	32	20	14	45	17	17	20

許可及び実用化されている品目 , 許可されている品目

上表は、平成15年版原子力白書の許可国一覧表（出典：原産会議データ2003年4月時点）に、実用国データ（出典：原産会議データ2003年5月時点）を併せて作成。個別表記した国は、日韓中、米英仏に加え、許可品目の比較的多い国を抽出。

(1) WHO: (1981). Wholesomeness of irradiated food. Report of a Joint WHO/FAO/IAEA Expert Committee. Geneva. WHO TRS, No659.



## 農業・環境・資源分野における放射線利用(3 / 5)

### < 不妊虫放飼の現状 >

不妊虫放飼法・・・害虫の雄の蛹に放射線を照射すると、そこから羽化した成虫は交尾を正常に行うことができるが受精能力がなくなる(不妊化)。不妊化した雄を自然界に大量に継続して放飼し続けることで、野生虫間の交尾の機会を減少させ、最終的に害虫を根絶に至らしめる方法。

沖縄や奄美群島には、本土等に未発生のアリモドキゾウムシ等の特殊な害虫が発生しており、さつまいも等に多大な被害を与えているばかりでなく、それらの害虫の寄生する植物を未発生地域に移動することが禁止、制限されていることから、農業振興上の重大な障害となっている。また、これら害虫類の発生を放置することは、他地域へのまん延の危険性が増大する。

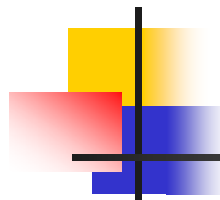
このため、これら特殊害虫の根絶や侵入の防止のため、**不妊虫放飼法**を用いた防除を実施している。

- 1．奄美群島におけるアリモドキゾウムシ根絶防除
- 2．沖縄県におけるウリミバエ侵入防止(\*)
- 3．沖縄県におけるイモゾウムシ等根絶防除

(\*) 不妊虫放飼により沖縄県内のウリミバエを根絶したことによって、「にがうり」の生産は倍増し、県外への輸出が許可された。



アリモドキゾウムシ



## 農業・環境・資源分野における放射線利用(4 / 5)

### (2) 環境・資源分野の利用の現状

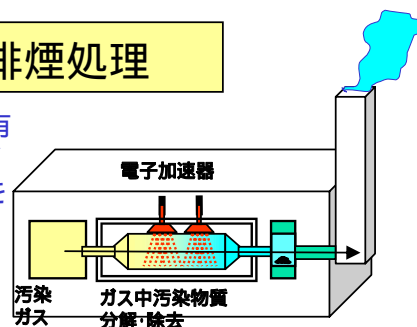
環境分野では排煙処理技術等の技術開発が進むとともに、資源分野では温泉水中の有用金属捕集材の開発等が行われている。

実用化されているもの	研究開発段階のもの
<ul style="list-style-type: none"><li>・大気中浮遊塵(浮遊粒子状物質)モニタ (全国各地の環境大気測定局の日常監視に使用)</li><li>・排煙処理等環境浄化(電子線)</li><li>・自己再生型自動車用排ガス触媒 (放射線触媒、自己再生型触媒)(放射光)</li><li>・生分解性プラスチック (線、電子線:生分解性熱収縮チューブ、生体親和型材料(コンタクトレンズ等))</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・大気中エアロゾルの分析(光量子)</li><li>・環境浄化用植物の作出 (イオンビーム:土壌中有害金属吸収植物)</li><li>・バナジウムなど有用金属捕集材料(線、電子線)</li><li>・カドミウムなど有害金属捕集材料(線、電子線)</li><li>・生分解性プラスチック (線、電子線:農業用フィルム、家電筐体)</li></ul>

#### 電子線を用いた排煙処理

電子ビームの利用により、有害な触媒等を利用せずにダイオキシン等の分解・除去を実現。

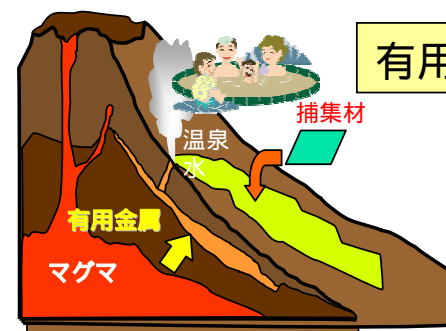
中国・ポーランドにおいて実用化



#### 有用金属捕集材の開発

放射線グラフト重合により、特定の有用金属のみ選択的に捕集できる新しい材料を開発

↓  
温泉水中のバナジウム等の有用金属を捕集





## 農業・環境・資源分野における放射線利用(5 / 5)

### (3) 農業・環境・資源分野における課題

食品照射は食品の品質の向上や安定供給に貢献するものであるが、国民が安心して安全な食品を得るためには、食品の安全の確保はもちろん、その安全性に関する情報が十分に提供されることが重要である。

#### 今後の取扱い

食品照射については、放射線を利用することのリスクと便益について国民理解を推進する必要があるのではないか。

不妊虫放飼法による害虫防除や放射線育種法は、安全・安心な食料の安定供給による国民生活の質の向上に資する技術であることから、引き続き研究開発等を推進する必要があるのではないか。



# 科学技術・学術分野における放射線利用(1 / 7)

## (1) 放射線を利用した科学技術・学術研究成果の例

放射線の先端的科学技術・学術分野への利用として、放射線のものを観る能力、加工する能力などを活用した幅広い研究開発や、放射線の活用範囲の拡大に資する新たな利用技術の研究開発等が行われている。

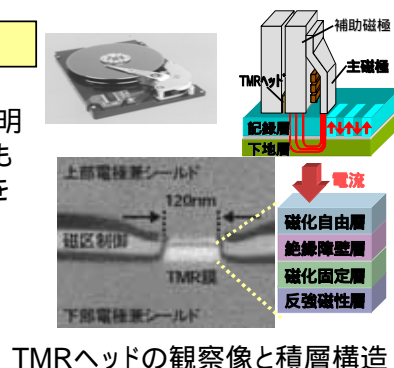
観る(計る、調べる、診断する)	創る(加工する、処理する、治療する)
<ul style="list-style-type: none"><li>・結晶構造(蛋白質の骨格 創薬への貢献) (超伝導材料等 高温超伝導体の開発)</li><li>・極微細構造の超高速変化(誘電体のドメイン構造 高速メモリー素子の開発)</li><li>・細胞機能(生きたままの細胞観測 生命科学への貢献)</li><li>・分子の動き(物質の併進運動、回転運動等 炭酸ガス閉じ込め、海底資源利用への貢献等)</li><li>・振動状態(蛋白質の振動等 創薬への貢献等)</li><li>・電子状態(強相関電子系物質の機能発現の解明 高温超伝導体の開発)</li><li>・水素・水和構造(蛋白質の水素位置、蛋白質への水素の結合状態等 創薬への貢献)</li><li>・極微量元素分析(重金属の蛍光X線分析)</li><li>・陽電子イメージング(動植物機能解析、栄養分等の移行挙動の解明 環境耐性植物、等創成への貢献)</li><li>・薄膜構造(高誘電体薄膜等 ナノデバイス開発への貢献)</li><li>・高機能材料の機構(放射線触媒、自己再生型自動車排ガス触媒)</li><li>・大気中エアロゾルの分析</li><li>・磁気構造(アモルファス磁性体等 高性能磁気シールド材等の開発)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・分子ハサミ(分子中の特定基の切断 高分子表面の改質と表面機能の発現)</li><li>・レーザーコンプトン散乱(高エネルギー 線発生 素粒子・原子核実験への貢献)</li><li>・量子制御(光位相制御による励起状態の制御)</li><li>・レーザー物質相互作用(高エネルギーイオン・電子、X線、線の発生)</li><li>・高強度場生成(真空破壊を起こすシュウィンガー場への接近)</li><li>・微細領域への集中的エネルギー付与(DNA損傷修復機能の解明)</li><li>・レーザー同位体分離(赤外レーザーによるシリコン化合物の振動状態の選択的励起)</li><li>・ナノレベル微細加工(磁気材料、機能性薄膜等)</li><li>・非熱加工(光量子:高密度エネルギー付与)</li><li>・水素吸蔵材料の開発(中性子:水素に高感度のイメージング)</li><li>・イオンビーム育種(ゲノム工学の新たな展開による紫外線耐性植物等の創生)</li><li>・高強度中性子源の開発と利用実験装置の整備</li><li>・重イオンマクロイオンビームの発生技術(イオンビームによる微細加工等)</li><li>・小型イオン加速器開発</li></ul>

# 科学技術・学術分野における放射線利用(2 / 7)

## 中性子による磁気構造の解明

中性子により物質の磁気構造の解明が可能となることから、積層構造をもつ磁気ディスクの磁気構造の決定を実現。

↓  
高密度磁気ディスクの開発に貢献

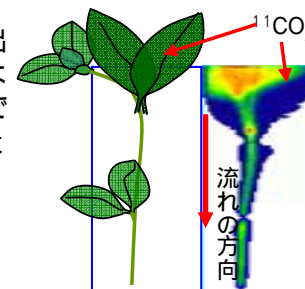


TMRヘッドの観察像と積層構造

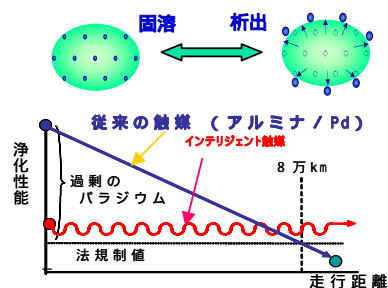
## 陽電子イメージングによる植物機能の解明

植物内に注入した物質が放出する陽電子を捕らえることにより、他の手法では見ることのできなかった植物内の二酸化炭素、養分の移行挙動を解明

↓  
環境耐性植物等の創生



## 高機能材料の機構解明



放射光を利用することにより、運転中に固溶 析出を繰返す自己再生の機構を初めて解明

## 自動車用自己再生型触媒の開発

機構の解明により新たな触媒を開発し、従来自動車触媒用として用いられていた貴金属(パラジウム)の世界中の使用量の大幅な低減に寄与(150 40トン/年)

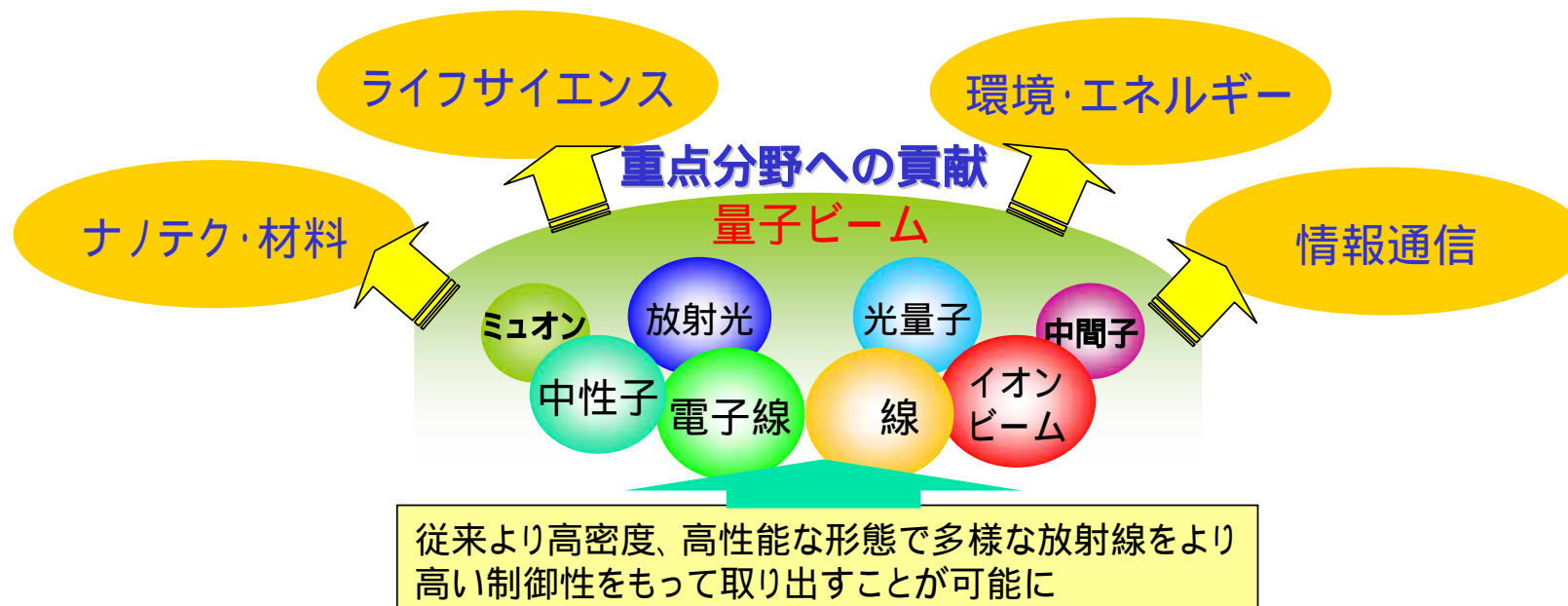


# 科学技術・学術分野における放射線利用(3 / 7)

## (2) 今後の科学技術・学術分野における放射線利用の展開

近年の加速器の大型化・高性能化に伴い、従来に比較して高密度、高性能で多様な放射線をより高い制御性をもって取り出すことができるようになったことから、加速器によって発生させる放射線に加え、同じく加速器を利用して取り出す光量子、放射光などを一体として研究開発・利用の対象とした「量子ビーム・テクノロジー」ともいうべき新たな研究開発領域が構成されつつある。

### 量子ビーム・テクノロジーの進展





# 科学技術・学術分野における放射線利用(4 / 7)

## (3) 今後の推進が期待される研究開発(1)

### J-PARCにおける中性子利用研究

世界最高クラスの中性子源及び利用施設を先端科学技術の基幹となる中核施設として整備し、基礎科学から産業応用までの幅広い分野の研究に利用。

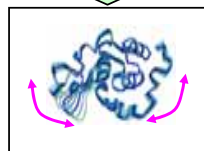
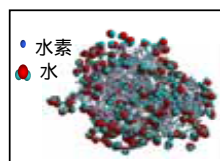
- ・世界最高性能の中性子源の実現(JRR-3の100倍の強度)
- ・パルス中性子の発生(物質の構造解析から機能解明へ)



### タンパク質の生体機能の解明

J-PARCでは、大強度中性子によって高解像度実験が可能となる他、パルスの中性子によりタンパク質の分子運動を解析できるため、これまでできなかった複雑な構造の高分子の解明や生命機能発現と関連する生体高分子内部運動の観察が可能となる。

新規医薬品の開発



従来

タンパク質の水素水和水構造解明

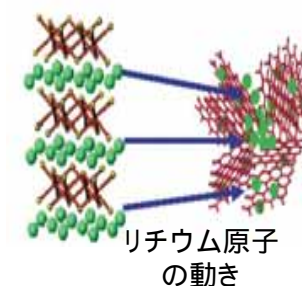
将来

タンパク質分子の動きを解明

### リチウムイオン電池の構造の解明

J-PARCでは、パルスの中性子により軽い元素の動きの観察が可能となり、これまでできなかったリチウムイオン電池内のリチウム原子の動きの観察が可能となる。

高性能電池などの新規材料の開発



# 科学技術・学術分野における放射線利用(5 / 7)

## (3) 今後の推進が期待される研究開発の例(2)

### 分子イメージング研究

がんの早期発見などに有効なPET(陽電子断層撮像法)について、疾患、診断とともに創薬への応用を目指す。

### PETによる分子イメージング技術(がん診断)

体内の様々な物質を標識する分子プローブや標識物質が発する信号を画像化する技術の開発等により、がん診断以外にも発展



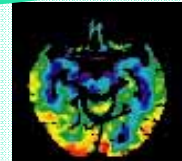
#### 遺伝子のイメージング

遺伝子の働きを直接画像化することにより、遺伝子治療の画期的な推進が期待できる



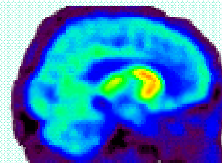
#### テーラード医療

薬物の体内動態に関わる機能分子を画像化すれば、治療の個人差を判別できる



#### 遺伝性疾患の早期評価

遺伝子やそのタンパク発現の異常を直接画像化により検出することができる



#### 精神疾患の分子診断

精神疾患における神経伝達機能の調節そして薬物によるその変化を分子レベルで評価できる



## 科学技術・学術分野における放射線利用(6 / 7)

### (4) 科学技術・学術分野における課題

将来にわたっての更に広範な放射線利用の促進のためには、多様な研究シーズの確保が必要である。

大強度陽子加速器などの先端的施設・設備については、その性能や完成時期が研究開発の成果に大きく影響を及ぼすことから、整備・利用のあり方について国際的な競争が激化している。

世界の中性子利用研究施設

国	日本	米国	英国
加速器名称	J-PARC(大強度陽子加速器)	SNS(エス・エヌ・エス)	ISIS(アイシス)
設置機関	日本原子力研究所(JAERI) 高エネルギー加速器研究機(KEK)	オークリッジ国立研究(ORNL) 7つのDOE国立研究所	ラザフォード・アップルトン研究(RAL)
供用開始時期	平成20年4月 (当初完成予定 平成19年4月)	平成18年12月	平成19年9月までに更新
特徴	ピーク時のパルス強度(瞬間中性子発生量)世界一(特に生体物質の構造解析分野において優位)	秒平均中性子発生量世界一(物質を透過して内部を調べるラジオグラフィーや高感度元素分析などにおいて優位)	現在世界最高強度のパルス中性子であり、世界各国から利用されているが、現施設の増強により利用者の増加や多様な研究の実施を目指している。



# 科学技術・学術分野における放射線利用(7 / 7)

## (4) 科学技術・学術分野における課題(2)

ライフサイエンス、ナノテクノロジーなど科学技術政策上の重点分野の発展への寄与が期待される加速器や研究炉等の大型の先端的施設・設備について、幅広い分野の研究者によって十分に利活用されていない。

### 今後の取扱い

限られた研究開発予算の中で放射線関連の研究開発が停滞することがないように、基礎的・基盤的研究開発の推進、研究開発における国際競争での優位性の確保等に留意して適切な重点化を図りつつ、施設・設備の戦略的な整備や更新、及びこれらを効率的、効果的に利用した研究開発の推進について方向付けをする必要があるのではないか。

様々な分野の研究者等にとって量子ビームの利用をしやすいするため、放射線関連の施設・設備について、より利用しやすい環境整備の方策について検討する必要があるのではないか。

独創的な基礎研究を活発化するためには、優れた研究者の育成・支援が必要ではないか。

# 放射線利用の安全・安心の確保のために必要な知識の集積 ( 1 / 2 )

原子力利用の安全を確保し、放射線に対する国民の安心を醸成するため、これまでも関連の研究開発が行われてきている。

## (1) 放射線利用の安全・安心の確保のために必要な研究開発の例

### 1. 放射線の人体影響に関する研究

- 低線量放射線影響の年齢依存性に関する研究、放射線医療被ばくの影響に関する研究など。先端的なライフサイエンス技術、計算機シミュレーション等を駆使した分子・遺伝子レベルの研究から動物実験、臨床研究、疫学調査等を実施。

### 2. 放射線の環境影響に関する研究、環境中放射性物質の分布・挙動の把握

- 放射線が環境や生態系に及ぼす影響に関する研究、放射性物質の環境中での移行・循環に関する研究、航空機被ばくに関する研究など。

### 3. 高線量被ばく時の障害防止・治療に関する研究

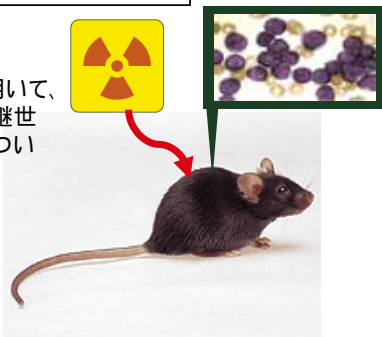
- 高線量被ばく時の治療法に関する研究、治療方針の決定に必要な被ばく線量評価法に関する研究、除染剤の開発など。

### 4. 放射線計測・線量評価等に関する研究

- 放射線安全管理及び上記の研究の基礎となる分析・計測技術・線量評価技術に関する研究開発など。

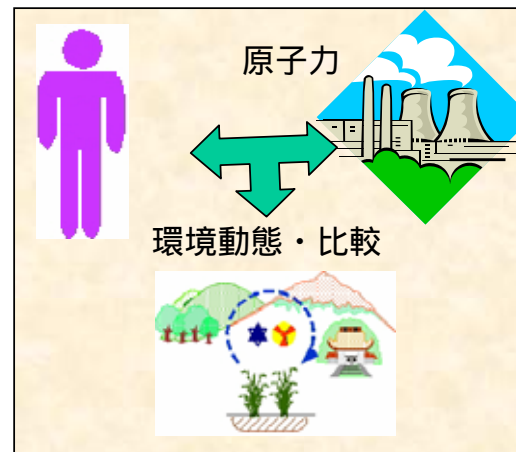
#### 放射線の人体影響に関する研究

マウス等実験動物を用いて、放射線の発がん及び継世代影響(突然変異)について研究する。



#### 比較環境影響研究

放射性物質等の環境有害物質の生体及び生態系への影響を相互に比較・相対化する適切な手法を開発し、環境、生態系へ及ぼす影響を研究する。





## 放射線利用の安全・安心の確保のために必要な知識の集積( 2 / 2 )

### (2) 放射線利用の安全・安心の確保のための課題

原子力利用の安全を確保し、「見えない」「わからない」放射線に対する国民の安心を醸成するためには、放射線についての知識を集積するための不断の取組が不可欠である。

#### 今後の取扱い

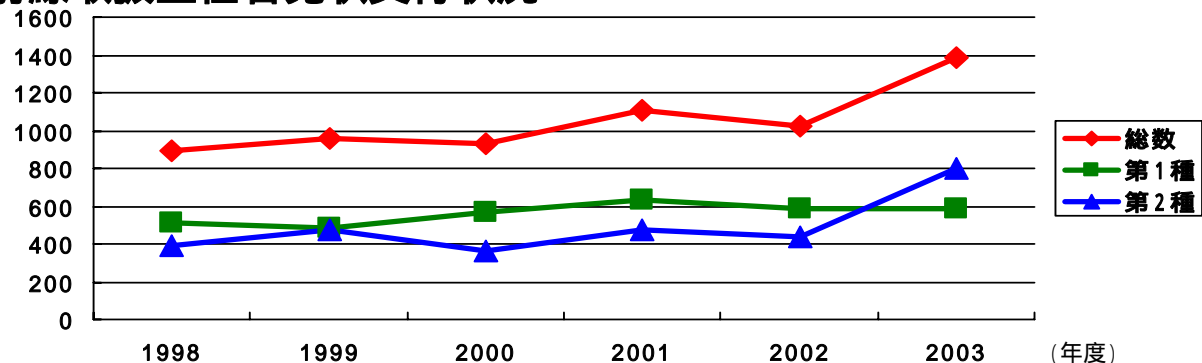
今後とも、放射線が人体や環境に与える影響や放射線の計測などに関する研究や、ライフサイエンスと放射線防護の融合研究などの基礎的な研究に取り組み、その成果を合理的な規制のあり方に反映するとともに、得られた知見を広く国民に分りやすく提供していくことが必要ではないか。



# 人材育成(1 / 2)

研究機関、企業等においては多くの人々が放射線利用に携わっており、放射性同位元素・放射線発生装置を取り扱う場合に放射線障害の防止について監督を行う放射線取扱主任者の資格取得者数は一定の範囲で推移している。一方、国内で放射線医療に携わる医学物理士等の専門家の人数は、他国と比較して少ない状況にある。

## (1) 放射線取扱主任者免状交付状況



## (2) 放射線医療関係人材の国際比較 (2003年)

放射線治療のスタッフ・設備の国際比較 (人口100万人あたり)

国名	放射線 腫瘍医	放射線 技師	医学 物理士	治療 施設	リニアック
日本	3.6	11.3	0.3	5.9	5.8
米国	15.6	33.3	9.1	7.4	11.9
英国	8.3	28.5	8.1	1.0	3.2
ドイツ	7.3	47.3	5.8	2.6	3.7
オランダ	9.2	48.5	3.9	1.2	5.8
中国	3.9	1.9	0.5	0.6	0.8
韓国	2.7	5.5	0.7	1.5	1.8

放射線腫瘍医: 患者の診察結果、及び診断・検査結果をもとに、放射線治療の方法及び方針を決定し、治療を行う医師。

医学物理士: 放射線腫瘍医が決定した方針を装置対応で保証するために、装置の精度管理・保守管理を行う。ただし、現在日本においては民間資格の専門職であり、国家資格ではない。

癌治療と宿主 11-19, 16(3), 2004





## 人材育成(2 / 2)

### (3)人材育成の課題

国内で放射線医療に携わる医学物理士等の専門家の人数は、他国と比較して少ない状況にある。

#### 今後の取扱い

社会のニーズに即応して、国内の放射線医療分野の専門家の育成・確保のための取組を充実させるなどの対策が必要ではないか。

策定会議におけるこれまでの議論において、以下のようなご指摘があった。

#### 今後の取扱い

医療や研究・教育の現場における放射線利用の安全な推進のためには、事業者や国の責任だけでなく、放射性物質を取り扱う医師、研究者などのモラルの確保も重要ではないか。



# 放射線に関する知識の普及(1 / 3)

放射線の存在そのものを五感で直接感じるできないということや、放射線そのものや放射線の健康影響に関する知識に触れる機会が十分でないことにより、国民の意識は放射線に対して漠然とした不安感を伴うことが多い。このため、放射線の意義・効用やその安全性について広く国民の理解を得ていくための取組が行われている。

## (1) 放射線利用に係る P A 活動等の現状

- ・ 研究所、公益法人等11法人を対象とした調査によると、以下のような活動が実施されている。
  - (1) 書籍、パンフレットなど刊行物の発行(10法人21件、延べ部数約27万部)
  - (2) セミナー、シンポジウムなどイベントの開催(3法人8事業、参加者数計約7万4千名)
  - (3) 学生向け放射線教室など教育面の取組み(3法人4事業、受講者数約6千名)
  - (4) ホームページでの情報提供等(3法人3件、計約4万6千ヒット)
- ・ その活動成果の調査により、
  - ・ 対象者との双方向性の強い活動は相互理解が進む
  - ・ 実験、実習、デモンストレーション実施、施設見学といった実体験を伴う活動は好意的な反応を得られるといった状況が把握されている。

(出典) 原子力委員会放射線専門部会第3回資料(平成15年11月20日)  
調査対象: 放射線利用に関連する省庁、独立行政法人、財団法人等  
調査対象期間: 平成15年

(<http://aec.jst.go.jp/jicst/NC/senmon/housyasen/siryo/housya03/siryo321.pdf>)

### 【調査対象法人】

日本原子力研究所  
独立行政法人放射線医学総合研究所  
独立行政法人産業技術総合研究所  
独立行政法人農業生物資源研究所  
独立行政法人農業環境技術研究所  
財団法人放射線計測協会  
財団法人放射線影響協会  
財団法人放射線利用振興協会  
社団法人日本アイソトープ協会  
社団法人日本原子力産業会議  
財団法人日本原子力文化振興財団



## 放射線に関する知識の普及(2 / 3)

### (2) 学校教育における取組

(新学習指導要領における位置付け)

理科、社会科等における指導の充実

児童生徒が自ら課題意識をもって調べたり、考えたりする学習を重視

「総合的な学習の時間」の有効活用

体験的・問題解決的な学習を通して、児童生徒がエネルギー問題などについて、より教科横断的・総合的な学習が可能

新学習指導要領におけるエネルギー、原子力等に関する主な扱い(\_\_\_\_ は、新学習指導要領で充実を図った事項)

	社会科(地理歴史科、公民科)	理科	技術・家庭科
小学校	(第3学年及び第4学年)飲料水、電気、ガスの確保 (第5学年)我が国の工業生産が国民生活を支える重要な役割を果たしていること、貿易の働き	(第3学年)電気を通すつなぎ方や電気を通す物 (第4学年)乾電池や光電池の働き、電気の働き	
中学校	(地理的分野)エネルギーに関する課題 (公民的分野)資源・エネルギー問題	(第1分野)水力、火力、原子力などのエネルギーの性質、有効利用の重要性	(技術分野) 技術の進展とエネルギーや資源の重要性
高等学校	(地理)資源、エネルギー問題の動向と課題 (現代社会)資源、エネルギーの問題の考察 (政治・経済)地球環境問題など	(理科基礎)エネルギー、環境等に関する課題 (理科総合A)原子力などのエネルギー資源の特性、利用、放射線の性質、資源やエネルギーの利用等に関する課題 (理科総合B)人間と環境とのかかわり等に関する課題 (物理)放射線及び原子力の利用とその安全性の問題、原子の構造 (化学)物質の構成、放射性同位体 (地学)核燃料エネルギー、核融合反応	



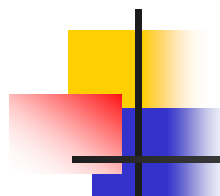
## 放射線に関する知識の普及( 3 / 3 )

### (3) 放射線に関する知識の普及の課題

放射線の利用が広がる中で、放射線について一般国民の理解を深めることは決して簡単なことではなく、放射線の利用の実態や効用について正確な理解をもつ人は少ない。放射線の利用が健全に行われるためには国民の理解が不可欠であり、このためには教育や国民に対する知識の普及が重要な課題である。

#### 今後の取扱い

研究開発機関において研究開発による最先端の成果をよりわかりやすく親しみやすい形で広報を行う努力をするとともに、原子力関係者においても教育現場で放射線について取り上げられるための働きかけを積極的に行う等の取組を行う必要があるのではないか。



# 国際協力(1 / 5)

## (1) 開発途上国との協力

開発途上国は、農業や医療分野などでの利用を促進することを目的に、放射線利用について多大な関心と具体的なニーズを有している。

名称	締約国	協力内容
R C A (Regional Cooperative Agreement for Research, Development and Training Related to Nuclear Science and Technology)	オーストラリア、バングラデシュ、中国、インド、インドネシア、日本、韓国、マレーシア、モンゴル、ミャンマー、ニュー・ジーランド、パキスタン、フィリピン、シンガポール、スリランカ、タイ、ヴェトナムの17ヶ国	農業：米穀の遺伝子変異改善、家畜の飼養・繁殖の効率管理 等 健康：核診断応用、子宮癌放射線治療 等 工業：非破壊検査・評価、非破壊検査・放射線トレーサー・密封線源を用いた石油化学産業における過程診断と活用、低レベル放射能・携帯核種計測器を用いた鉱物資源実収への活用 等 環境：空気汚染評価のためのアイソトープと関連技術、飲料水の管理・防護におけるアイソトープ利用、農産廃棄物への放射線加工の応用、放射線加工を用いた天然高分子の良質化と環境保全向上 等 本協定に基づいて実施されている2003～2004年のプロジェクトは計38プロジェクト。上記プロジェクトはそのうち放射線利用に関する代表的なものを抜粋。
F N C A (Forum for Nuclear Cooperation in Asia)	オーストラリア、中国、インドネシア、韓国、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナム、日本の9ヶ国	・中性子放射化分析(中性子放射化分析技術を大気浮遊塵等の分析) ・中性子散乱(中性子散乱技術の材料開発への応用) ・放射線育種(放射線育種(突然変異育種)による農作物の品種改良) ・バイオ肥料(バイオ肥料による豆科作物等の収量増大技術の確立) ・放射線治療(子宮がん及び上咽頭がんの化学放射線治療標準手順の確立) ・PET(PET及びその技術の普及) ・低エネルギー電子線加速器(電子線加速器の利用技術の開発) 本協定に基づき2004年第5回コーディネーター会合で合意された8分野12プロジェクトのうち、放射線利用に関するものを抜粋。



## 国際協力 ( 2 / 5 )

### ( 2 ) 欧米諸国との協力

欧米諸国との間では、先端的な分野における協力が行われている。

	相手国	実施内容等
日本原子力研究所	アメリカ	レーザー駆動による加速電子ビーム諸特性の特定、次世代コンパクト加速器開発等
		MW級核破砕中性子源に関する水銀ターゲット、陽子加速器及び中性子実験装置開発
		SPring-8放射光研究の効果的推進を図るためのシンクロトロン放射光研究協力
		中性子散乱分野における研究
		加速器、測定装置の相互利用と研究開発
		シンクロトロン放射光利用、核破砕中性子源等の研究
		第3世代放射光施設 (LBNL/ALS、SPring-8) における、シンクロトロン放射光応用研究に関する情報交換等
		電子回路の放射線照射効果の研究
総合放射線医学研究所	ドイツ	イオンビームによるDNA損傷、深部注入法、重元素核化学の研究
	ドイツ	光子/電子線用治療計画システムを基盤とした重粒子線治療計画システム開発
		医療データベースシステムに関する協力
	フランス	放射線生物学研究に関する協力
	ハンガリー	電子サイクロトロン共鳴型イオン源による多価重イオンを用いた生物物理学研究





## 国際協力 ( 3 / 5 )

### ( 3 ) 国際機関との協力

放射線の安全な利用を推進する観点から、国際機関を通じた放射線防護・管理の国際基準作成や放射線医学利用の促進への貢献、研究開発における協力等を行っている。

#### 国連科学委員会(UNSCEAR)

・数年ごとに報告書「放射線の線源と影響」を刊行。放医研が国内対応委員会を運営し、国内からのコメントの取りまとめを行っている。

#### 国際原子力機関(IAEA)

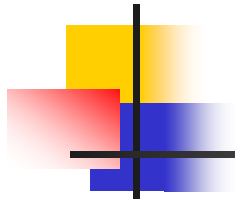
・核兵器の不拡散、原子力安全、原子力の平和的利用の促進を目的とした国連関連機関。日本からは種々の会合に専門家を派遣している。

#### 世界保健機構(WHO)

・全ての人の可能な限り高レベルの健康を目的とした国連専門機関。放医研がREMPAN (Radiation Emergency Medical Preparedness and Assistance Network; WHOの緊急被ばく事故に対する協力ネットワーク) にリエゾン機関として参加している。

#### 国際放射線防護委員会(ICRP)

・放射線防護のあらゆる面に関する勧告書を出しているNGO。日本からは全委員会及びタスクグループに専門家を派遣している。



## 国際協力 ( 4 / 5 )

### 国際放射線単位測定委員会(ICRU)

・放射線、放射性物質の量と単位および測定に関する国際的な統一と規格化を図るための国際組織。日本からは会議に専門家を派遣している。

### 国際標準化機構(ISO)

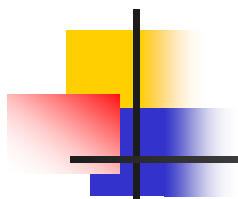
・電気分野を除くあらゆる分野において、国際的に通用させる規格や標準類を制定するための国際機関。放射線関連の標準策定に貢献するため、日本からも会議に専門家を派遣している。

### 国際電気標準会議(IEC)

・電気、電子、通信、原子力などの分野で各国の規格・標準の調整を行なう国際機関。放射線関連の標準について情報交換を行うため、日本からも会議に専門家を派遣している。

### 経済協力開発機構 / 原子力機関(OECD / NEA)

・経済協力開発機構の専門機関で、安全かつ環境的にも受け入れられる経済的なエネルギー - 資源としての原子力の開発を一層進めることを目的とする。日本からも会議に専門家を派遣している。



## 国際協力 ( 5 / 5 )

### (4) 国際協力の課題

開発途上国、欧米諸国、国際機関との間で、それぞれの特徴に合わせた戦略的な協力を行う必要がある。

#### 今後の取扱い

放射線利用分野における開発途上国との国際協力に当たっては、地域の特質やニーズを踏まえた技術移転や、技術の定着に向けた人材育成、各国の研究開発を補完する形での共同研究や施設・設備の共同利用などを通じて、各国の自助努力を支援する必要があるのではないか。

欧米諸国との間では、相互裨益の観点に立って、先端的な分野における協力を充実させる必要があるのではないか。

国際機関を通じた協力については、開発途上国への支援はもとより、放射線を安全かつ安心に利用するための放射線防護などの国際的な基準作りに参加し、技術移転や人材育成、研究開発の相互補完のための研究協力・共同利用、国際的な枠組みの整備などの取組を進めていく必要があるのではないか。



# 放射線利用についての論点(1 / 4)

## 研究開発の進め方

【再掲】

### 1. 放射線の新たな可能性を拓く基礎的・基盤的な研究開発の推進

放射線の利用を拡大するシースとなるような基礎的・基盤的研究開発を推進する必要があるのではないか。

不妊中放飼法による害虫防除や放射線育種法は、安全・安心な食料の安定供給による国民生活の質の向上に資する技術であることから、引き続き研究開発等を推進する必要があるのではないか。

### 2. 研究開発基盤の戦略的な整備・活用

限られた研究開発予算の中で放射線関連の研究開発が停滞することがないように、基礎的・基盤的研究開発の推進、研究開発における国際競争での優位性の確保等に留意して適切な重点化を図りつつ、施設・設備の戦略的な整備や更新、及びこれらを効率的、効果的に利用した研究開発の推進について方向付けをする必要があるのではないか。

様々な分野の研究者等にとって量子ビームの利用をしやすくするため、放射線関連の施設・設備について、より利用しやすい環境整備の方策について検討する必要があるのではないか。



## 放射線利用についての論点(2 / 4)

### 3. 研究開発成果の実用化・普及の促進

市場ニーズに沿った研究開発や、研究成果の民間への円滑な移転による実用化を一層活発化するために、国と産業界との対話の場を増やすこと等が求められるのではないかな。

重粒子線がん治療の普及を促進するため、小型で低価格の治療用加速器など普及に適した装置の開発や、高度な治療法の開発などに取組む必要があるのではないかな。

### 4. 安全確保などのための着実な取組

今後とも、放射線が人体や環境に与える影響や放射線の計測などに関する研究や、ライフサイエンスと放射線防護の融合研究などの基礎的な研究に取り組み、その成果を合理的な規制のあり方に反映するとともに、得られた知見を広く国民に分りやすく提供していくことが必要ではないかな。

### 5. 研究開発評価の実施

国は、大型の施設・設備の整備・活用の状況等について適切な評価を行い、その結果を将来の研究開発計画に適切に反映していくことが必要ではないかな。



## 放射線利用についての論点(3 / 4)

### 人材の育成と知識の普及

#### 1. 専門知識を有する人材の育成・確保

独創的な基礎研究を活発化するためには、優れた研究者の育成・支援が必要ではないか。

社会のニーズに即応して、国内の放射線医療分野の専門家の育成・確保のための取組を充実させるなどの対策が必要ではないか。

医療や研究・教育の現場における放射線利用の安全な推進のためには、事業者や国の責任だけでなく、放射性物質を取り扱う医師、研究者などのモラルの確保も重要ではないか。

#### 2. 放射線に関する知識の普及

食品照射については、放射線を利用することのリスクと便益について国民理解を推進する必要があるのではないか。

研究開発機関において研究開発による最先端の成果をよりわかりやすく親しみやすい形で広報を行う努力をするとともに、原子力関係者においても教育現場で放射線について取り上げられるための働きかけを積極的に行う等の取組を行う必要があるのではないか。





# 放射線利用についての論点(4 / 4)

## 国際協力の推進

### 1. 開発途上国との協力

放射線利用分野における開発途上国との国際協力に当たっては、地域の特質やニーズを踏まえた技術移転や、技術の定着に向けた人材育成、各国の研究開発を補完する形での共同研究や施設・設備の共同利用などを通じて、各国の自助努力を支援する必要があるのではないか。

### 2. 欧米諸国との協力

欧米諸国との間では、相互裨益の観点に立って、先端的な分野における協力を充実させる必要があるのではないか。

### 3. 国際機関との協力

国際機関を通じた協力については、開発途上国への支援はもとより、放射線を安全かつ安心に利用するための放射線防護などの国際的な基準作りに参加し、技術移転や人材育成、研究開発の相互補完のための研究協力・共同利用、国際的な枠組みの整備などの取組を進めていく必要があるのではないか。