

## 7-2 様々な分野における放射線利用

RI、加速器、原子炉から取り出される放射線は、その特性を生かして先端的な科学技術、工業、農業、医療、環境保全、核セキュリティ等の様々な分野で利用されており、技術インフラとして国民の福祉や生活水準向上等に大きく貢献しています。加えて、物質の構造解析や機能理解、新元素の探索、重粒子線や $\alpha$ 線放出RI等による腫瘍治療を始めとして、今後ますます発展していくことが見込まれる利用もあります。国や大学、研究機関、民間企業が連携して、先端的な利用技術の研究開発や、そのための装置の開発が進められています。

### (1) 放射線の利用分野の概要

放射線は、私たちの身近なところから広く社会の様々な分野で有効に利用されています(図 7-8)。我が国における 2015 年度の放射線利用(工業分野、医療・医学分野、農業分野)の経済規模は約 4 兆 3,700 億円と評価されており、医療・医学分野を中心に増加傾向にあります(図 7-7)。この経済規模は、放射線を利用したサービスの価格や放射線照射の割合を考慮した製品の市場価格等から推計したもので、放射線が国民の生活にどの程度貢献しているかを示す指標の一つと捉えることができます。

国際原子力機関(IAEA)が 2021 年 9 月に公表した原子力関連技術の動向に関する報告書「Nuclear Technology Review 2021」においても、放射線利用の技術動向が紹介されています。医療分野では、新型コロナウイルス感染症を始めとする感染症の検出や診断における放射性医薬品の役割や、治療時の線量評価等が挙げられています。また、農業分野では食品中の残留農薬測定が、環境保全分野では気候変動の影響に対処するための RI を用いた有機炭素測定等が取り上げられています。

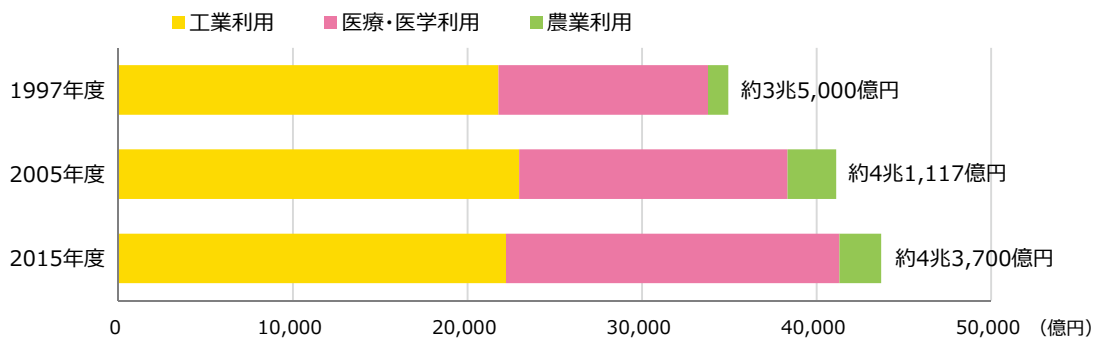
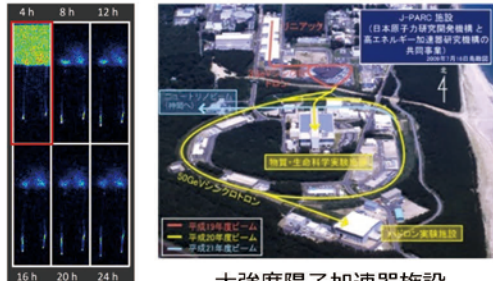


図 7-7 我が国における放射線利用の経済規模の推移

(出典) 第 29 回原子力委員会資料第 1-1 号 内閣府「放射線利用の経済規模調査」(2017 年)等に基づき作成

**【科学技術】**

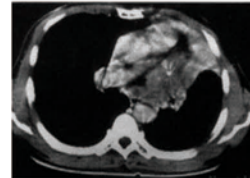
- X線・中性子・量子ビームによる構造解析や材料開発等
- RIイメージングによる追跡解析



大強度陽子加速器施設 J-PARC  
RIイメージングによる追跡実験 (出典) 日本原子力研究開発機構

**【医療】****<放射線による診断>**

- レントゲン
- X線CT
- PET
- シンチグラフィ (SPECT)



CT画像

**<放射線による治療>**

- X線治療
- ガンマナイフ
- 粒子線治療
- ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT)
- 核医学治療 (RI内用療法)



PET-CT装置

**【工業】**

- 材料の改良・機能性材料の創製 (自動車タイヤ、半導体素子加工プロセス等)
- 精密計測
- 非破壊検査
- 滅菌・殺菌等 (医療器具等)

**半導体の製造**

微細加工、不純物導入等、放射線による加工技術を利用して半導体を製造。



半導体

**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。

**【農業】**

- 品種改良
- 食品照射
- 害虫防除

**耐病性イネの作出**

放射線照射による突然変異を利用して新品種を開発

**ジャガイモ芽止め**

放射線照射によってジャガイモ発芽を防止



(未照射) (照射済み)

**ウリバエの根絶**

放射線を照射し不妊化したオスを大量に放ち、孵化しない卵を産ませ、害虫を根絶

**【環境保全】**

- 窒素酸化物、硫黄酸化物等の分解、除去
- ダイオキシンの要因となる揮発性有機化合物の分解等

**【核セキュリティ】**

- 核鑑識技術 (核物質等の出所、履歴、輸送経路、目的等进行分析・解析)
- 隠匿された核物質の検出

図 7-8 様々な分野における放射線利用の具体例

(出典) 第 25 回原子力委員会資料第 1-3 号 原子力委員会「原子力利用に関する基本的考え方 参考資料」(2017 年)に基づき作成

## (2) 工業分野での利用

### ① 材料加工

放射線の照射により、強度、耐熱性、耐摩耗性等の機能性向上のための材料改質が行われています。例えば、自動車用タイヤの製造では、ゴムに電子線を照射することにより、強度を増しつつ精度よく成形した高品質なラジアルタイヤが製造されています。特に利用規模が大きい半導体加工においても、電子線や中性子線等を照射することにより、特性の向上が行われています。また、宝石にγ線等を照射し色合いを変える改質処理も実施されています。

### ② 測定・検査

部材や製品の厚さ、密度、水分含有量等の精密な測定や非破壊検査等において、放射線が利用されています。例えば、老朽化した社会インフラの保全において、コンクリート構造物の内部損傷や劣化状態を調べるため、放射線を用いた非破壊検査が行われています。製造工程管理、プラントの設備診断、エンジンの摩耗検査、航空機等の溶接部検査等にも広く利用されています。このような測定や検査に用いられるRI 装置機器は、2019年3月時点で、厚さ計が2,357台、レベル計が1,235台、非破壊検査装置が971台設置されています。

### ③ 滅菌

製品や材料にγ線や電子線を照射することにより、残留物や副生成物を残すことなく、確実に滅菌を行うことができます。そのため、注射針等の医療機器、化粧品の原料や容器、マスク等の衛生用品等の滅菌に広く利用されています。

#### コラム ～電子線の照射による抗ウイルス効果の高いマスク素材の開発～

2021年7月に、量研等の研究グループは、電子線の照射等により、抗ウイルス効果の高い銀をマスク等の素材の表面に結合させ、付着した新型コロナウイルスの99.9%以上を接触後1時間以内に不活化できる繊維の開発に成功したと発表しました。

開発に用いられた「放射線グラフト重合」技術は、素材に放射線を照射し、その素材の元の性質を維持しつつ、接ぎ木のように新たな機能を導入する技術です。銀が安定せずはがれやすかった従来技術に対して、放射線グラフト重合技術では銀が強く固定されており、水中で24時間攪拌してもはがれにくいという結果が得られました。この技術は不織布だけでなくガーゼやプラスチック等にも適用できるため、マスク、防護服、フェイスシールド、アクリル製パーティション等の幅広い製品への展開が期待されます。



#### 放射線グラフト重合による銀固定のイメージ

(出典)量研「素材から「銀」が剥がれない、効果長持ち！抗ウイルスグラフト材料の開発に成功」(2021年)

### (3) 農業分野での利用

#### ① 品種改良

植物に $\gamma$ 線等を照射することにより多様な突然変異体を作り出し、その中から有用な性質を持つものを選抜することにより、効率的に品種改良を行うことができます(図 7-9)。これまでに、大粒でデンプン質が多く日本酒醸造に適した米、黒斑病に強いナシ、斑点落葉病に強いリンゴ、花の色や形が多彩なキクやバラ、冬でも枯れにくい芝等、多数の新品種が作り出されてきました。新品種は、農薬使用量の削減により環境保全や農業関係者の負担軽減につながるとともに、消費者の多様なニーズに合った商品開発にも貢献しています。

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構では、多様な突然変異体を利用して有用遺伝子の探索や機能解析を進めるとともに、放射線育種場において、外部からの依頼による花きや農作物等への照射も行っています。また、理化学研究所では、重イオンビームの照射による突然変異誘発技術を用いて、品種改良ユーザーと連携した新品種育成や遺伝子の機能解析等を行っています。

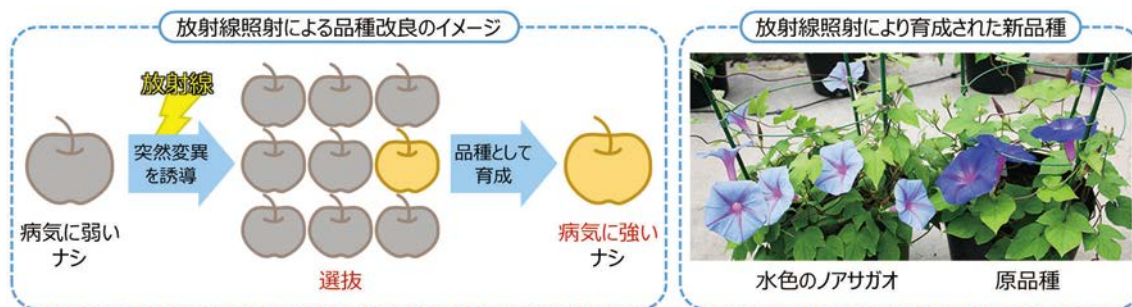


図 7-9 放射線照射による品種改良のイメージ

(出典)バイオステーション「さまざまな品種改良の方法」及び国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構「放射線育種場」に基づき作成

#### ② 食品照射

食品や農畜産物に $\gamma$ 線や電子線等を照射することにより、発芽防止、殺菌、殺虫等の効果が得られ、食品の保存期間を延長することが可能です。我が国では、ばれいしょ(じゃがいも)の発芽防止のための照射が実用化されています。

#### ③ 害虫防除

害虫駆除の例として、不妊虫放飼法があります。これは、 $\gamma$ 線照射によって不妊化した害虫を大量に野外に放つことにより、交尾しても子孫が生まれない確率を上げ、数世代かけて害虫の数を減少させ最終的に根絶させるという方法です。放飼法を実施している地域と実施していない地域との間で対象となる害虫の行き来がないこと等、成功させるための条件もありますが、大量の殺虫剤散布による駆除で懸念される人や環境への影響がないという優れた特徴を持ちます。我が国では、沖縄県と奄美群島において、キュウリやゴーヤ等のウリ類に寄生するウリミバエの根絶が行われました。



#### (4) 医療分野での利用

医療分野では、診断と治療の両方に放射線が活用されています。診断では、レントゲン検査、X線CT<sup>10</sup>検査、PET<sup>11</sup>検査や骨シンチグラフィ等の核医学検査（RI検査）等が広く実施されています。治療では、高エネルギーX線・電子線治療、陽子線治療、重粒子線治療、ホウ素中性子捕捉療法、小線源治療、核医学治療（RI内用療法）等、腫瘍の効果的な治療に利用されており、今後の更なる進展が期待される領域の一つです。また、特に放射線治療分野では、医学、薬学、生物学、物理学、放射化学、工学等の多数の専門領域が関与しており、医師、診療放射線技師、看護師、医学物理士<sup>12</sup>等がそれぞれの専門性を生かして密接に連携することが求められます。

##### ① 放射性同位元素（RI）による核医学検査・核医学治療

核医学検査（RI検査）とは、対象となる臓器や組織に集まりやすい性質を持つ化合物に $\gamma$ 線を放出するRIを組み合わせた医薬品を、経口や静脈注射により投与し、RI医薬品が放出する $\gamma$ 線をガンマカメラやPETカメラを用いて体外から検出し、画像化する検査方法です。 $\gamma$ 線の分布や集積量等の情報から、病巣部の位置、大きさ、臓器の変化状態等を精度よく知り、様々な病態や機能を診断することができます。核医学検査では、内部被ばく量を極力抑えるために、表7-1に示すような半減期の短いRIが選択されます。

核医学治療（RI内用療法、標的アイソトープ治療）とは、対象となる腫瘍組織に集まりやすい性質を持つ化合物に $\alpha$ 線や $\beta$ 線を放出するRIを組み合わせた医薬品を、経口や静脈注射により投与し、体内で放射線を直接照射して腫瘍を治療する方法です。核医学治療では、周囲の正常な細胞に影響を与えないようにするために、放出される粒子の飛ぶ距離が短いRIが選択されます。2021年6月には、ルテチウム177（Lu-177）を用いた治療用のRI医薬品が新たに薬事承認されました。表7-1に示す治療用のRIを用いた医薬品は保険適用<sup>13</sup>されており、その実績は増加傾向にあります（図7-10）。また、アクチニウム225（Ac-225）やアスタチン211（At-211）のような $\alpha$ 線放出RIを用いたがん治療の研究等も進められています。

一方で、全国的に放射線治療病室が不足しているなど体制面に課題があることから、「第3期がん対策推進基本計画」（2018年3月閣議決定）では、国が関係団体等と連携し、必要な施設数や人材等を考慮した上で、核医学治療を推進するための体制整備について総合的に検討を進めるとしています。

<sup>10</sup> Computed Tomography（コンピュータ断層撮影）

<sup>11</sup> Positron Emission Tomography（陽電子放出断層撮影）

<sup>12</sup> 放射線医学における物理的及び技術的課題の解決に先導的役割を担う者。一般財団法人医学物理士認定機構による認定資格。

<sup>13</sup> I-131、Y-90、Ra-223、Lu-177を用いた医薬品は、医療機関等で保険診療に用いられる医療用医薬品として、薬価基準に収載されている品目リスト（2022年2月1日時点）に掲載。なお、ストロンチウム89（Sr-89）を用いた医薬品「メタストロン注」については、2007年に薬価基準に収載されたものの、製造販売終了に伴い2020年4月1日以降は除外。

表 7-1 核医学検査や核医学治療に使用される主な RI

利用目的	RIの種類	半減期	主な製造装置	国産/輸入	
検査	PET	フッ素 18 (F-18)	約 1.8 時間	加速器	国産
	SPECT	テクネチウム 99m (Tc-99m)	約 6 時間	原子炉、加速器	輸入
		ヨウ素 123 (I-123)	約 13.2 時間	加速器	国産
治療	β線	ヨウ素 131 (I-131)	約 8 日	原子炉	輸入
		イットリウム 90 (Y-90)	約 2.7 日	原子炉	輸入
		ルテチウム 177 (Lu-177)	約 6.6 日	原子炉	輸入
	α線	ラジウム 223 (Ra-223)	約 11.4 日	原子炉	輸入

(出典) 第 18 回原子力委員会資料第 1 号 公益社団法人日本アイソトープ協会 北岡 麻美「医療用 RI の需要と供給をめぐる状況について」(2021 年)等に基づき作成

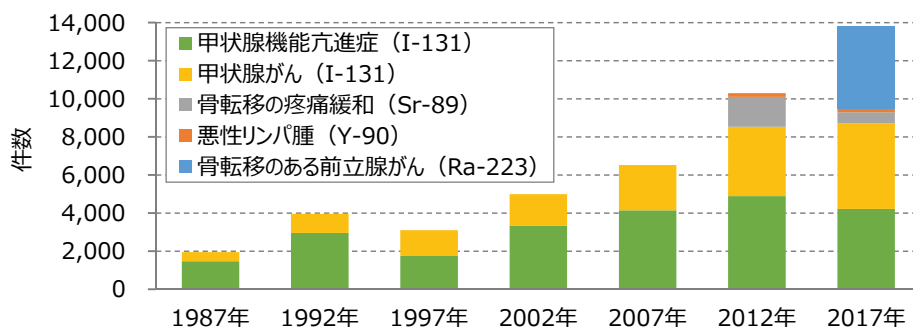


図 7-10 非密封 RI を用いた核医学治療件数 (年間) の推移

(出典) 第 12 回原子力委員会 公益社団法人日本アイソトープ協会「核医学診療の現状と課題」(2021 年)、公益社団法人日本アイソトープ協会「第 8 回全国核医学診療実態調査報告書」(2018 年)に基づき作成

## コラム

## ～Ac-225 に係る国際協力に向けた IAEA 総会サイドイベント～

2021 年 10 月に、原子力委員会の主催により、第 65 回 IAEA 総会サイドイベント「α線薬剤の開発とアイソトープの供給ーアクチニウム 225 と国際機関における役割の可能性ー」がハイブリッド形式で開催されました。各国・地域及び国際機関から計約 200 名が参加し、IAEA、メガファーマ、我が国 (量研及び原子力機構)、米国、カナダ、EU、南アフリカ共和国から、Ac-225 の製造・供給に関する取組状況等の共有が行われました。

サイドイベントの総評として、IAEA 物理化学部門のジョアオ・オッソ課長は、今回のサイドイベントに参加した我が国の機関と IAEA との協関係の構築への期待を表明するとともに、社会のために放射線技術を適用することへの支援を行うことが IAEA の使命であると述べました。これを契機に、Ac-225 を始めとする α線放出 RI を用いた医薬品の研究や医療応用について、国際連携が進展することが期待されます。



上坂原子力委員長による開会挨拶

(出典) 第 35 回原子力委員会資料第 1 号 内閣府「サイドイベント開催結果報告」(2021 年)

## ② 中性子線ビームを利用したホウ素中性子捕捉療法 (BNCT)

ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT<sup>14</sup>) は、中性子線を利用して腫瘍を治療する方法です (図 7-11)。BNCT ではまず、中性子と核反応 (捕獲) しやすいホウ素を含み悪性腫瘍に集まる性質を持つ医薬品を、点滴により投与します。その後、患部にエネルギーの低い中性子線を照射すると、中性子は医薬品の集積していない正常な細胞を透過しますが、医薬品の集積した悪性腫瘍の細胞では医薬品中のホウ素により中性子が捕獲されます。中性子を捕獲したホウ素はリチウム 7 (Li-7) と  $\alpha$  線を放出し、これらが悪性腫瘍の細胞を攻撃します。Li-7 と  $\alpha$  線が放出される際に飛ぶ距離はごく短く、一般的な細胞の直径を超えないため、悪性腫瘍の細胞のみを選択的に破壊することができます。

以前は中性子源を原子炉に依存していたため普及に制限がありましたが、病院内に設置できる加速器を用いた小型 BNCT システムの開発が進められ、医療機器として実用化されています (図 7-12)。臨床試験も数多く実施されており、2020 年 6 月には、一部の腫瘍<sup>15</sup>を対象として保険適用が開始されました。

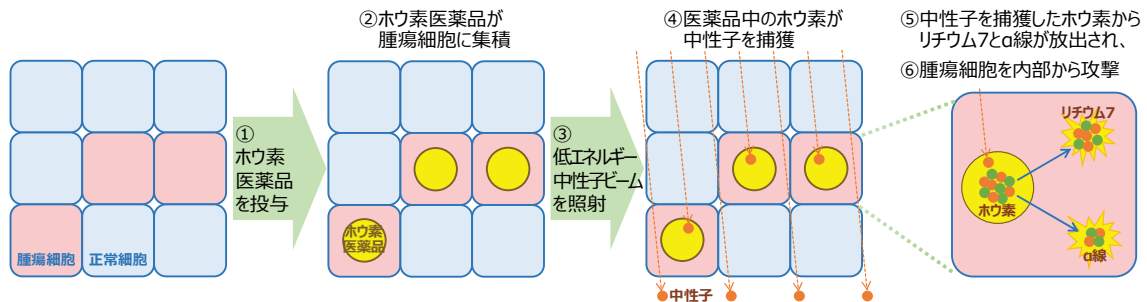


図 7-11 BNCT のイメージ

(出典)内閣府作成



図 7-12 BNCT 治療システム (南東北 BNCT 研究センターの例)

(出典)総合南東北病院 広報誌 SOUTHERN CROSS Vol.87「究極のがん治療 ホウ素中性子補足療法(BNCT)」

<sup>14</sup> Boron Neutron Capture Therapy

<sup>15</sup> 切除不能な局所進行又は局所再発の頭頸部がん。

### ③ 粒子線治療（陽子線治療、重粒子線治療）

粒子線の照射による腫瘍の治療として、水素原子核を加速した陽子線を利用する陽子線治療と、ヘリウムよりも重い原子核（一般に治療に利用されているのは炭素原子核）を加速した重粒子線を利用する重粒子線治療が行われています。照射された粒子線は、体内組織にあまりエネルギーを与えず高速で駆け抜け、ある深さで急に速度を落とし、停止する直前に周囲へ与えるエネルギーがピークになる性質があります。そのため、ピークになる深さをコントロールすることにより、がん細胞を集中的に攻撃することができます。また、重粒子線には生物効果（殺細胞効果）や直進性が高いという優れた特性がありますが、治療装置が大型であるため、量研では「量子メス<sup>16</sup>」と呼ばれる小型治療装置の研究開発を進めています。2021年7月、量研は、量子メスに関する研究成果を紹介し将来構想について検討するシンポジウムを開催しました。

陽子線治療、重粒子線治療ともに、一部<sup>17</sup>は保険適用されており、それ以外は先進医療として実施されています。粒子線治療を実施している医療機関は、図 7-13 のとおりです。

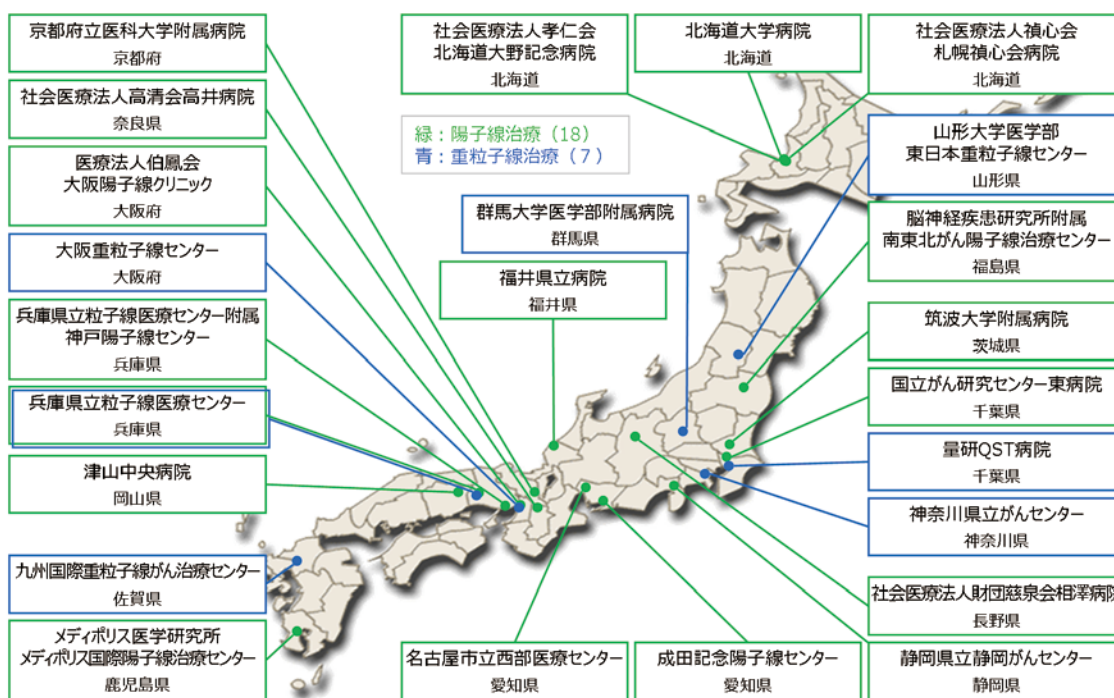


図 7-13 我が国において粒子線治療を実施している医療機関（2022年3月末時点）

（出典）厚生労働省「先進医療を実施している医療機関の一覧」等に基づき作成

<sup>16</sup> <https://www.qst.go.jp/site/qst-kakushin/39695.html>

<sup>17</sup> 2021年4月1日時点における保険適用の範囲は以下のとおり。

重粒子線治療：手術による根治的な治療法が困難である限局性の骨軟部腫瘍、頭頸部悪性腫瘍（口腔・咽喉頭の扁平上皮がんを除く。）又は限局性及び局所進行性前立腺がん（転移を有するものを除く。）に対して根治的な治療法として行った場合。

陽子線治療：小児腫瘍（限局性の固形悪性腫瘍に限る。）、手術による根治的な治療法が困難である限局性の骨軟部腫瘍、頭頸部悪性腫瘍（口腔・咽喉頭の扁平上皮がんを除く。）又は限局性及び局所進行性前立腺がん（転移を有するものを除く。）に対して根治的な治療法として行った場合。





## ① 中性子線ビームの利用

大強度パルス中性子源<sup>18</sup>を使ったビーム利用実験が可能な代表的な施設に、大強度陽子加速器施設 J-PARC<sup>19</sup>の物質・生命科学実験施設 (MLF<sup>20</sup>) があります。

MLF には、中性子線を利用する装置だけでなく、ミュオンを取り出して利用する装置もあります。ミュオンは電子と同じ仲間の素粒子で、電磁的な相互作用をします。ミュオンの特性を利用した研究手法<sup>21</sup>は、物質の磁気的な性質や物質中に存在する微量の水素原子の存在状態の探索等の物質研究において非常に有効なツールとなっています (図 7-15)。

MLF を利用した研究の一例として、中性子やミュオンの特長を生かしたりチウムイオン電池の研究開発があります。電池の大容量化、劣化、安全性に関する研究開発は、電気自動車や再生可能エネルギーの普及のために重要な役割を果たします。

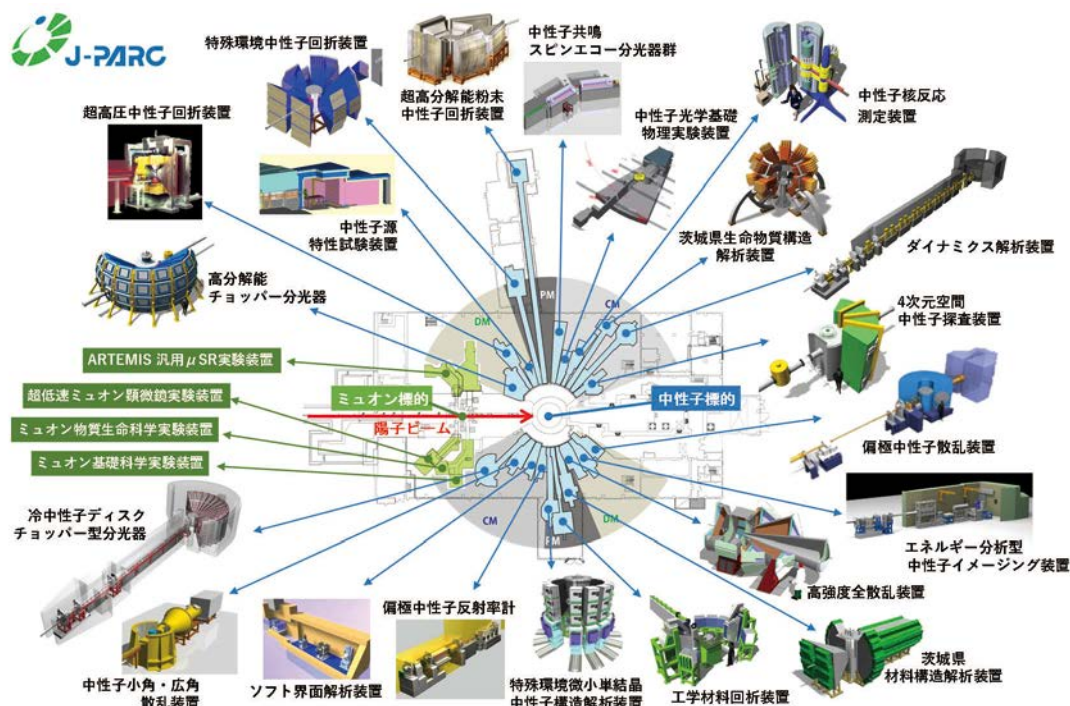


図 7-15 J-PARC 物質・生命科学実験施設 (MLF) の実験装置配置概要

(出典)J-PARC センター提供資料

また、中性子ビーム利用を主目的とした施設として、「もんじゅ」サイトを活用した新たな試験研究炉の検討が進められています<sup>22</sup>。

<sup>18</sup> 100 万分の 1 秒等の短い時間 (パルス) に極めて大きなエネルギーを持った (大強度) 中性子を繰り返して発生させる装置。

<sup>19</sup> Japan Proton Accelerator Research Complex

<sup>20</sup> Materials and Life Science Experimental Facility

<sup>21</sup> ミュオンズピン回転・緩和・共鳴法 ( $\mu$ SR)。

<sup>22</sup> 第 8 章 8-2(4)②「高速増殖原型炉もんじゅ」を参照。

## ② 放射光の利用

大型放射光源を使ったビーム利用実験が可能な代表的な施設に、大型放射光施設 SPring-8<sup>23</sup>があります。SPring-8 は、微細な物質の構造や状態の解析が可能な世界最高性能の放射光施設であり、生命科学、環境・エネルギーから新材料開発まで広範な分野において、先端的・革新的な研究開発に貢献しています。SPring-8 の研究成果として、比較的波長の長い X 線（軟 X 線）ナノビームを用いた磁石の結晶構造解析があります。資源が中国等に偏在する貴重な希土類元素を用いない高性能永久磁石の開発に向けて、成果を上げています。また、極めて短い時間間隔での分析が可能な X 線吸収微細構造（XAFS<sup>24</sup>）測定により、粘土鉱物へのセシウム取り込み過程を追跡する福島環境回復研究も行われています。燃料デブリの形成過程を詳細に解明するためにも放射光が用いられており、東電福島第一原発の安全な廃炉作業を支援しています。なお、理化学研究所では、現行の SPring-8 の 100 倍以上の輝度を実現する SPring-8-II の概念設計書を策定し、ウェブサイトにて公開しています。

また、X 線自由電子レーザー<sup>25</sup>（XFEL<sup>26</sup>）施設 SACLA<sup>27</sup>は、非常に高速のパルス光を利用できるため、X 線による試料損傷の影響の低減が期待できるとともに、物質を原子レベルの大きさで、かつ非常に速く変化する様子をコマ送りのように観察することが可能です。SACLA の研究成果として、光合成による水分解反応を触媒する光化学系 II 複合体（PSII<sup>28</sup>）の構造解明研究があります。この研究成果は人工光合成開発への糸口となるもので、エネルギー、環境、食糧問題解決への貢献が期待されています。

さらに、次世代放射光施設（軟 X 線向け高輝度 3GeV 級放射光源）の整備に向け、官民地域パートナーシップにより、2023 年度の運転開始を目指して建屋工事や機器の製作、線量評価が行われています（図 7-16）。同施設は、物質の構造解析に加え、機能に影響を与える電子状態等の詳細な解析が可能であるという特徴を持ちます。創薬、新たな高活性触媒、磁石やスピントロニクス素子等の研究開発への利用が期待されています。



図 7-16 次世代放射光施設の完成イメージ

（出典）一般財団法人光科学イノベーションセンター提供資料

<sup>23</sup> Super Photon ring-8 GeV

<sup>24</sup> X-ray Absorption Fine Structure

<sup>25</sup> X 線でのレーザーを作る方式の一つ。従来の物質中での発光現象を使う方式ではなく、電子を高エネルギー加速器の中で制御して運動させ、それから出る光を利用する方式で、原子からはぎ取られた自由な電子を用いて X 線レーザーを作ることが X 線自由電子レーザーと呼ばれる由来。

<sup>26</sup> X-ray Free Electron Laser

<sup>27</sup> SPring-8 Angstrom Compact free electron LASer

<sup>28</sup> Photosystem II



### ③ RI ビームの利用

RI ビームを使ったビーム利用実験が可能な代表的な施設に、理化学研究所の RI ビームファクトリーがあります。RI ビームファクトリーは、水素からウランまでの全元素の RI を、世界最大の強度でビームとして発生させる加速器施設です (図 7-17)。宇宙における元素の起源や生成、素粒子の振る舞いの解明等の学術的、基礎的な研究から、植物の遺伝子解析による品種改良技術への適用、RI 製造技術の高度化研究等の応用・開発研究まで、幅広い領域での活用が進められています。

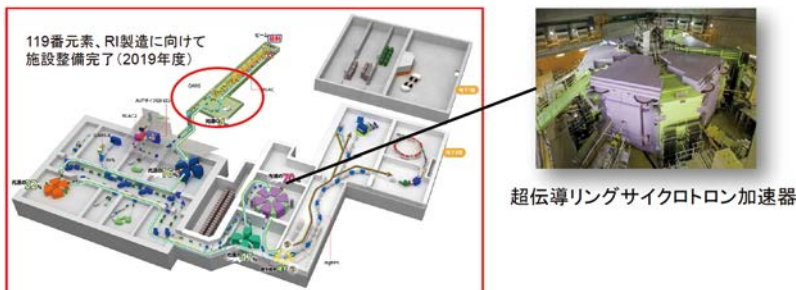


図 7-17 RI ビームファクトリー

(出典) 第 24 回原子力委員会資料第 2 号 理化学研究所仁科加速器科学研究センター 櫻井博儀「理化学研究所での RI 製造の取り組み」(2021 年)

RI ビームファクトリーを利用した大きな研究成果として、新元素「ニホニウム」の発見があります。これは、RI ビームファクトリーで合成に成功した原子番号 113 の元素であり、理化学研究所を中心とする研究グループが新元素の命名権を獲得したものです。

#### コラム

#### ～放射光施設を活用した小惑星リュウグウ試料の分析～

2021 年 6 月から、SPring-8 において、小惑星探査機「はやぶさ 2」が採取した小惑星リュウグウ試料の粒子分析が進められています。水や有機物を含むと考えられるリュウグウ試料を分析するために、新たに開発された放射光 X 線を用いた複数の CT 法を組み合わせた「統合 CT 環境」によって、リュウグウ試料の 3 次元形状、内部構造、鉱物分布等の非破壊解析が実施されました。また、ナノメートルオーダーの空間分解能を持つ CT 分析法を利用し、リュウグウ試料中の有機物分布の高解像度 3 次元可視化も進められます。得られた 3 次元内部構造データを基に、リュウグウ試料の持つ鉱物学的情報、有機物の科学的情報を効率的に取り出す計画です。

これらの分析データを統合することにより、岩石・鉱物と水や有機物が共存する小惑星リュウグウ上での有機物の化学進化や既知の始原的隕石との関連性、地球の水の起源など、宇宙科学における諸問題をひもとくことが期待されています。



リュウグウを代表する粒子の回収 ©JAXA

#### リュウグウ試料

(出典) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構「小惑星探査機『はやぶさ 2』記者説明会」(2022 年)