

第7章 放射線及びラジオアイソトープの利用の展開

7-1 放射線利用に関する基本的考え方と全体概要

先端的な科学技術や医療、工業、農業等の幅広い分野にわたる放射線及び放射性同位元素（RI¹: ラジオアイソトープ）の利用（放射線利用）は、社会基盤を支える重要な技術です。

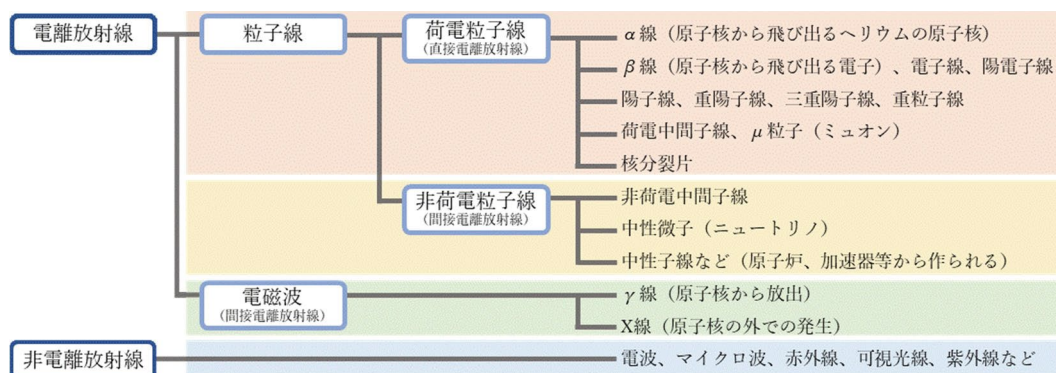
放射線には、アルファ線（ α 線）、ベータ線（ β 線）、ガンマ線（ γ 線）、エックス線（X線）、中性子線、重粒子線²等の様々な種類があり、それぞれ異なる性質を持ちます。また、放射線を発生する物質や装置には、RI、原子炉、加速器等があり、医療機関、研究機関、教育機関、民間企業等において目的や手段に応じて適切に使っています。

放射線利用を通じて、更なる国民の福祉や生活の質の向上、社会基盤の維持向上、環境や食糧問題等の地球規模の課題解決に資することが期待されます。

7-1-1 放射線の種類

放射線は、電離放射線と非電離放射線の二つに分類されます。電離放射線は、原子や分子から電子を引き離しイオン化（電離）する能力を持ちます。電離放射線には、 α 線や β 線、陽子線など電荷を持った粒子線、中性子線のような電荷を持たない粒子線、X線や γ 線などの電磁波が含まれます。一般的には電離放射線を放射線と称しています（図7-1）。一方、電磁波でも電波や可視光線等のように電離能力を持たないものがあり、それらを非電離放射線と呼びます。紫外線は一部に電離作用がありますが、一般的には非電離放射線に分類されます。

放射線を放出又は発生させるものには、放射性同位元素（RI）、原子炉、加速器等があります。これらの放射線源から得られる放射線はそれぞれ異なる特徴があり、目的や手段に応じて使い分けて利用されています。



注：一般的には電離放射線を放射線と称している

図7-1 放射線の種類

(出典) 日本原子力研究開発機構, 放射線の分類とその成因, ATOMICA (2004年)を基に内閣府作成

1 Radioisotope

2 ヘリウム原子核より重い原子核を加速したもの。重イオン線とも言う

7-1-2 放射性同位元素 (RI)

原子番号が等しく質量数が異なる元素（原子核の陽子数が同じだが中性子数が異なる元素）を同位元素又は同位体とといいます。同位元素のうち、放射性壊変を起こして放射線を放出するものを放射性同位元素、放射性同位体又はラジオアイソトープ (RI) とといいます。なお、放射性壊変とは、不安定な原子核が、その特性に応じた期間で一定の割合で崩壊し、その際に放射線を放出することをいいます。放出される放射線の種類（ α 線、 β 線、 γ 線、中性子線等）は RI の種類で決まっています。RI はそれ自体が放射線源であり自然界にも存在しますが、原子炉や加速器等で製造されるのが一般的です。

原子炉での RI 製造は、中性子を RI 材料物質に照射して行います。我が国で RI の製造と供給が可能な原子炉は、2026 年 3 月末時点で、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力機構）の JRR-3³ と京都大学研究用原子炉（KUR⁴）の 2 基です。JRR-3 では、2025 年度実績で、小線源治療に使われる金 198（Au-198）グレイン⁵について国内需要の 5 割、イリジウム 192（Ir-192）線源⁶について国内需要の全数を製造出荷しました。また、モリブデン 99（Mo-99）及びルテチウム 177（Lu-177）の製造試験が実施されています。

加速器での RI 製造は、加速された荷電粒子（陽子、 α 粒子等）を RI 材料物質に照射して行います。照射により RI 材料物質中の原子核が変換され、新しい放射性同位元素が生成されます。国立研究開発法人理化学研究所の RI ビームファクトリーでは様々な RI が製造⁷されており、公益社団法人日本アイソトープ協会を通じて国内の大学や研究機関等に頒布されています。そのほか、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（QST⁸）や東北大学先端量子ビーム科学研究センター⁹、大阪大学核物理研究センター等が、加速器による RI 製造に取り組んでいます。

RI を使用する事業所は 2025 年度末時点で 7,322 か所あります(図 7-2)。民間では化学工業、パルプ・紙製造業、鉄鋼業、電気機器製造業等の幅広い業種において使用されています。

RI の供給形態には、容器に密封された密封 RI と、密封されていない非密封 RI の二つがあります。密封 RI は、RI がカプセル等に密封されており、汚染のおそれが極めて低く、非破壊検査や計測等の装置、医療機器や衛生材料の滅菌等に使用されています。非密封 RI は、液体や気体、化合物として生体内に取り込ませることができるため、医療分野における放射性医薬品のほか、生態科学や地球環境化学等の研究分野において動植物等生体内の元素の移動現象や地表の物質の移動現象を追跡できる感度の高いトレーサーなどに利用されています。

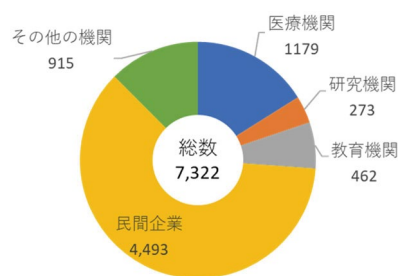


図 7-2 RI を使用する事業所 (2025 年度末時点)

(出典) 原子力規制委員会, 表 2 機関別使用事業所数の推移(2026 年)を基に内閣府作成

3 Japan Research Reactor No.3

4 Kyoto University Research Reactor

5 体内に一時的又は半永久的に挿入して治療を行う診療用放射線照射器具。舌がん等の頭頸部がんの治療に用いる

6 病巣部に一時的に挿入して治療を行う診療用放射線照射器具に使用。前立腺がんや舌がん等の治療に用いる

7 例えば銅 65 に陽子を照射すると陽子 1 個を取り込み中性子 1 個を放出し亜鉛 65 が生成される。亜鉛は生体に必須の微量元素であるため、生体内で動きや分布を調べるトレーサーとして生理学、医学、薬学などの研究に利用される

8 National Institutes for Quantum Science and Technology

9 2024 年 4 月に電子光物理学研究センターとサイクロトロン・ラジオアイソトープセンターが統合、改組

7-1-3 研究用原子炉

研究用原子炉は、中性子などの放射線による材料照射や構造解析などの学術研究、産業利用に幅広く活用されており、また、RIの製造にも利用されます。我が国で稼働している研究用原子炉は、2026年3月末時点で、原子力機構のJRR-3、原子炉安全性研究炉（NSRR¹⁰）、京都大学のKURなどがあります。また、「もんじゅ」サイトを活用し、中性子ビーム利用を主目的とした新たな試験研究炉の検討が進められています。

なお、我が国の研究用原子炉の動向については、第8章8-3-2「国内の研究炉等の整備」に記載しています。

7-1-4 加速器、X線発生装置等

加速器は、電子、陽子、重陽子、ヘリウムより重い原子核（重粒子）等の粒子を加速して直接ビームとして取り出したり、試料に照射したりする装置です（図7-3）。また、電子の軌道を磁石などで曲げるにより非常に強い電磁波（放射光）を発生させることもできます。放射光は、電子のエネルギーが高く、進む方向の変化が大きいほどX線などの短い波長の電磁波を含むようになります。X線や電子線を発生する加速器は、小型化や軽量化が進められており、X線検査（レントゲン）や非破壊検査等において利用対象が広がっています。

また、X線は、陰極と陽極の間に高電圧を加え、陰極から出た熱電子を高速で陽極に衝突させることにより発生します。医療分野等で用いられる多くのX線発生装置は、この原理を用いています。

「放射性同位元素等の規制に関する法律」（放射性同位元素等規制法¹¹）の許可を受けて使用されている放射線発生装置（加速器）は、2019年3月末時点で1,747台です（図7-4）。このうち1,310台は医療機関に設置され、がん治療等に利用されています。そのほか、放射性同位元素等規制法の規制対象とならない低エネルギー電子加速器等も民間企業等に多数導入され、コーティング、殺菌・滅菌や半導体製造等に幅広く利用されています。

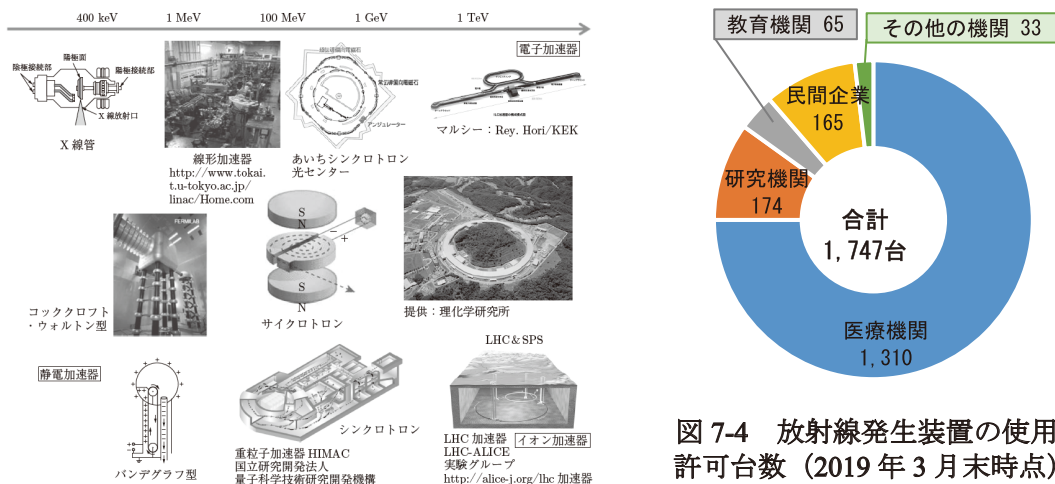


図 7-4 放射線発生装置の使用許可台数 (2019年3月末時点)

(出典) 日本アイソトープ協会, 放射線利用統計 2019(第3版)(2021年)を基に内閣府作成

図 7-3 加速器のエネルギーと種類

(出典) 上坂充, 放射線生物学, 丸善出版(2022年)

10 Nuclear Safety Research Reactor

11 2017年、特に危険性の高いRI(特定RI)の防護対策が法の目的に追加され、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」から改名

7-2 様々な分野における放射線利用

放射線は、その特性を生かして様々な分野で利用され、国民の福祉や生活水準向上、産業の競争力強化等に大きく貢献しています。特に、物質の構造解析や機能理解、新元素の探索、がん治療を始めとした放射線及びRIの利用は、今後、更に発展していくことが見込まれます。国や大学、研究機関、民間企業が連携し、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。

7-2-1 放射線の利用分野の概要

放射線は、医療、工業、農業を始め私たちの身近なところから最先端の研究開発まで社会の様々な分野で広く利用されています(図7-5)。


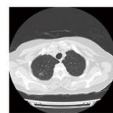


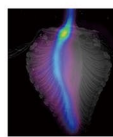
<p>【医療】</p> <p>（放射線による診断）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○レントゲン ○X線CT ○PET ○シンチグラフィ(SPECT)  <p>PET-CT装置</p> <p>（放射線による治療）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○X線治療 ○ガンナイフ ○粒子線治療 ○ホウ素中性子捕捉療法(BNCT) ○核医学治療(RI内用療法)  <p>CT画像</p>	<p>【工業】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○材料の改良・機能性材料の創製(自動車タイヤ、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) <p>半導体の製造</p> <p>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</p>  <p>ラジアルタイヤの製造</p> <p>電子線照射により、ゴムの粘性性の制御を容易にできることを利用</p>	<p>【農業】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○品種改良 ○食品照射 ○害虫防除  <p>耐病性ナシ品種の開発</p> <p>黒斑病への耐病性を有するナシ品種「ゴールド二十世紀」</p>  <p>ウリミバエの根絶</p> <p>放射線照射により不妊化したオスを大量に放ち、射化しない卵を産ませ書虫を根絶</p>
<p>【科学技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○X線・中性子等の量子ビームによる構造解析、材料開発等 ○RIイメージングによる追跡解析  <p>大強度陽子加速器施設 J-PARC</p>  <p>イチゴの RIイメージング</p>	<p>【核セキュリティ】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○核鑑識技術(核物質等の出所、履歴、輸送経路、目的等の分析・解析) ○隠匿された核物質等の検出 <p>【環境保全】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○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 	

図7-5 様々な分野における放射線利用の具体例

(出典) 河地有木,RI イメージングの研究について～植物 RI イメージング研究と未来の農業に資する栽培技術の創出に向けて～,第12回原子力委員会[資料第1号](2025年);大強度陽子加速器施設,基本コンセプト,大強度陽子加速器施設ウェブサイト(2023年);国立がん研究センター,国産初の次世代フォトンカウンティングCTを目指した臨床研究開始,国立がん研究センターウェブサイト(2023年);山形大学,医学部附属病院,山形大学ウェブサイト(2026年);産業技術総合研究所,先端半導体研究センターウェブサイト(2026年);農業・食品産業技術総合研究機構,作物研究部門,農業・食品産業技術総合研究機構ウェブサイト(2025年);国立環境研究所,ウリミバエ,侵入生物データベース(2026年)を基に内閣府作成

7-2-2 医療分野における利用

医療分野では、放射線はその性質に応じて様々な診断及び治療に利用されています。診断では、X線による撮影(レントゲン)やCT¹²検査が広く実施されています。これらは人体組織の成分や密度によってX線の透過度が変わることを利用し、骨など密度が高い場所を影として画像化します。レントゲン撮影はX線を一方から照射し2次元画像を映しますが、CT検査では、360度方向から照射して得られたデータをコンピュータ処理して連続した身体の断面の画像を作成することにより、身体の中の様子を立体的に把握することができます。このほか、近年では核医学検査(PET¹³検査、SPECT¹⁴検査等)が普及してきています。

12 Computed Tomography

13 Positron Emission Tomography (陽電子放出断層撮影)

14 Single Photon Emission Computed Tomography (単一光子放射型コンピュータ断層撮影)

核医学検査は、放射性医薬品を投与し、体内からの放射線を測定することにより、臓器や組織の形態、血流や代謝などの機能を画像化するもので、がんや認知症など様々な診断に用いられています。

放射線治療は、放射線の電離作用を利用して、がん細胞等に損傷を与える治療法です（図7-6）。放射線を体外から照射する外部照射と、体内から照射する内部照射に分類されます。

外部照射による放射線治療は長年行われてきた手法であり、X線や電子線に加え、近年では陽子線や重粒子線が用いられます。また、中性子線を利用するホウ素中性子捕捉療法（BNCT¹⁵）が実用化されています。

内部照射による治療には、密封小線源治療と核医学治療があります。密封小線源治療は、RIを含むカプセルを体内に挿入及び留置し、患部に集中的に高線量の放射線を照射するものであり、前立腺がんや子宮頸がん、舌がんの治療が挙げられます。核医学治療は、放射性医薬品の点滴や内服によりRIをがん細胞等に集積させ、それが発する放射線により治療します。核種や製剤の開発に伴い適応対象が拡大している治療分野です。

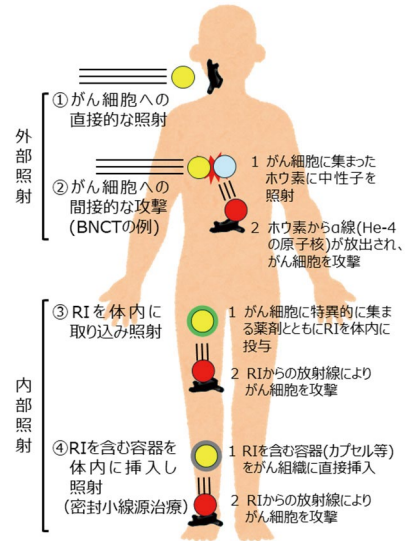


図 7-6 放射線治療の概要

(出典) 内閣府作成



図 7-7 重粒子線治療用加速器（シンクロトロン）

(出典) 山形大学, 研究内容, 重粒子線医学講座ウェブサイト(2026年)

7-2-2-1 粒子線治療（陽子線治療、重粒子線治療）

粒子線照射による腫瘍の治療として、加速した陽子（水素原子核）を利用する陽子線治療と、加速した重粒子（ヘリウムよりも重い原子核）を利用する重粒子線治療が行われています（図7-7）。照射された粒子線は、体内組織の特定の深さで停止する直前に周囲へ与えるエネルギーが大きくなる性質があり、エネルギーを与える深さを制御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。

重粒子線には生物学的効果（殺細胞効果）や直進性が高いという優れた特性があり、一般的に炭素原子核（炭素イオン）が利用されています。さらに、治療効果の向上を目指し、酸素など複数種の重粒子線（マルチイオン）を用いる研究が進められており、2023年には世界初のマルチイオン治療照射がQST病院で実施されました。国内で普及している治療装置は大型ですが、小型化してより多くの病院で治療が行えるよう「量子メス」と呼ばれる小型重粒子線治療装置の研究開発も進められています。

陽子線治療及び重粒子線治療の保険適用範囲は拡大されてきましたが、先進医療として実施されているものもあります。粒子線治療を実施している医療機関は、2026年3月末時点で26施設あります（図7-8）。

15 Boron Neutron Capture Therapy

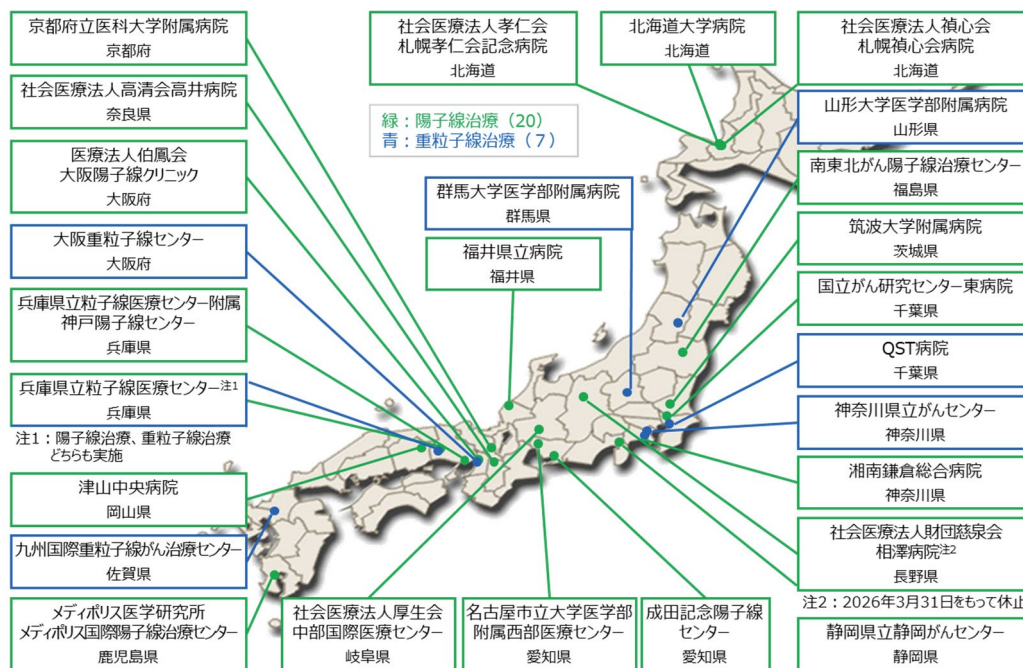


図 7-8 粒子線治療を実施している医療機関（2026年3月末時点）

（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，厚生労働省ウェブサイト（2026年）を基に内閣府作成

7-2-2-2 ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）

BNCTは中性子線と、生体を構成するほかの元素に比べて中性子を捕獲しやすいホウ素10（B-10）を利用した治療法です。悪性腫瘍に集積する性質を持ったB-10を含む医薬品を投与した後、患部に低エネルギーの中性子線を照射します。中性子は正常な細胞を透過しますが、悪性腫瘍の細胞では集積したB-10に捕獲され、核反応を起こしてリチウム7（Li-7）とα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α線が飛ぶ距離（飛程）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。

現在、BNCTの実施は限られますが、大阪医科薬科大学関西BNCT共同医療センター及び南東北BNCT研究センターでは一部の腫瘍¹⁶に対するBNCTの保険診療が2020年から開始されました。また、その他の腫瘍に対する有効性や安全性を調べるため、国立がん研究センター中央病院、江戸川病院及び筑波大学陽子線医学医用研究センターでは治験が開始されています¹⁷（図7-9）。



図 7-9 BNCT治療の施設（南東北BNCT研究センターの例）

（出典）南東北BNCT研究センター，治療の仕組み，南東北BNCT研究センターウェブサイト（2026年）

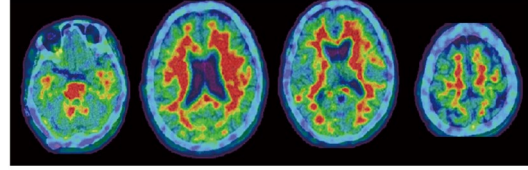
16 切除不能な局所進行又は局所再発の頭頸部癌

17 <https://www.antm.or.jp/information/bnct/>

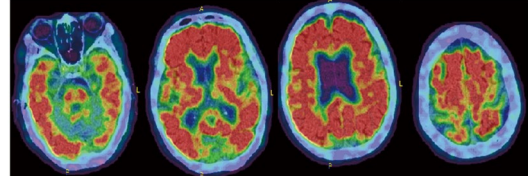
7-2-2-3 核医学検査

核医学検査 (RI 検査) は、対象とする臓器や組織に集積しやすい性質を持つ化合物等と RI を組み合わせた放射性医薬品を投与し、放出される放射線を体外から検出し画像化する検査方法です。放射線の分布や集積量等の情報から、病巣部の位置、大きさ、臓器の状態等を把握し、様々な病態や機能を診断することができます。PET 検査は、陽電子放出核種を投与し病変の活動性 (代謝) を評価することができます。がんや認知症等の診断に用いられています。他方、SPECT 検査では、ガンマ線放出核種を投与し血流分布など臓器機能を評価できます。例えば、認知症の原因の一つとされるアミロイドβの蓄積の可視化に用いられています (図 7-10)。なお、核医学検査では極力内部被ばく線量を抑えるために半減期の短い RI が選択されます (表 7-1)。

正常高齢者



アルツハイマー病



アルツハイマー病の特徴であるアミロイドβの貯まっているところが赤く染まる

注: 症例は臨床症例の一部を紹介したもので、全ての症例が同様な結果を示すわけではない

図 7-10 アルツハイマー症の画像的特徴 (アミロイド PET 検査)

(出典) 清水聡一郎, 認知症診療医が抱く今後の脳核医学検査への期待と不安, 第 25 回原子力委員会[資料第 1 号] (2024 年)

7-2-2-4 核医学治療

核医学治療 (RI 内用療法、標的アイソトープ治療) は、対象となる腫瘍組織に集積しやすい性質を持つ化合物等と RI を組み合わせた放射性医薬品を投与し、体内で腫瘍に放射線を直接照射することで治療する方法です (図 7-11)。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、放射線の飛程が短く物理的半減期が短いα線やβ線を放出する RI が選択されます (表 7-1)。

現在、多くの放射性医薬品が開発され、一部は既に国内で保険診療に用いることが可能となっています¹⁸。また、アクチニウム 225 (Ac-225) やアスタチン 211 (At-211) のようなα線放出核種を用いたがん治療の研究も進められています。特に At-211 に関しては、我が国において基盤技術から医薬品までの幅広い技術領域で研究が行われており、研究論文の約半数が我が国からの報告であるなど、研究開発に優位性が見られます。

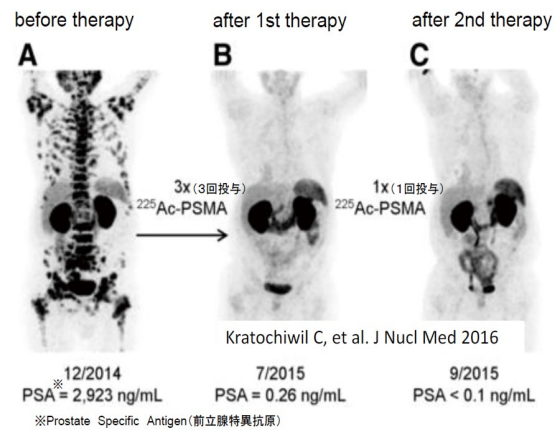


図 7-11 α線放出 RI による治療例 (Ac-225)

(出典) 内閣府, 医療用等ラジオアイソトープ (RI) 製造・利用促進の検討について (案), 第 1 回医療用等ラジオアイソトープ製造・利用専門部会[資料 3] (2021 年)

18 ヨウ素 131 (I-131)、イットリウム 90 (Y-90)、ラジウム 223 (Ra-223)、ルテチウム 177 (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 (2024 年 12 月 6 日適用) 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 代表的な医療用 RI と主な適用

利用目的	核種	国内承認	半減期	製造装置	主な適用
PET 検査	F-18	○	110 分	サイクロトロン	悪性腫瘍、心疾患、認知症など
	N-13	○	10.0 分	サイクロトロン	心筋血流量
	Ga-68	○	67.7 分	サイクロトロン ⁶⁸ Ge/ ⁶⁸ Ga ジェネレータ	前立腺がん
	Cu-64	—	12.7 時間	原子炉 サイクロトロン	脳腫瘍、前立腺がんなど
シンチグ ラフィ・ SPECT 検査	Tc-99m	○	6.0 時間	原子炉(⁹⁹ Mo/ ^{99m} Tc) 電子ライナック γ線源	骨転移、心筋血流、脳血流、腎 臓や肝臓の機能検査など
	I-123	○	13.2 時間	サイクロトロン	脳血流、パーキンソン病、心疾患 など
	Tl-201	○	72.9 時間	サイクロトロン	心筋血流など
β 線治療	Lu-177	○	6.6 日	原子炉	ソマトスタチン受容体陽性の神 経内分泌腫瘍、転移性去勢抵抗 性前立腺がんなど
	I-131	○	8.0 日	原子炉	甲状腺がん、甲状腺機能亢進 症、褐色細胞腫、神経芽細胞腫 など
	Y-90	○注	64.1 時間	原子炉	リンパ腫注など
	Cu-64	—	12.7 時間	原子炉 サイクロトロン	脳腫瘍など
α 線治療	Ra-223	○	11.4 日	ウラン壊変生成物	前立腺がんの骨転移
	At-211	—	7.2 時間	サイクロトロン	甲状腺がん、前立腺がんなど
	Ac-225	—	9.9 日	ウラン壊変生成物 サイクロトロン 電子ライナック γ線源	前立腺がん、急性骨髄性白血 病、肝細胞がんなど
小線源 治療	I-125	○	59.4 日	原子炉	前立腺がんなど
	Ir-192	○	73.2 日	原子炉	子宮頸がん、舌がん、前立腺が んなど

注：Y-90 を用いた放射性医薬品は 2026 年 3 月末時点で供給停止中
(出典) 内閣府作成

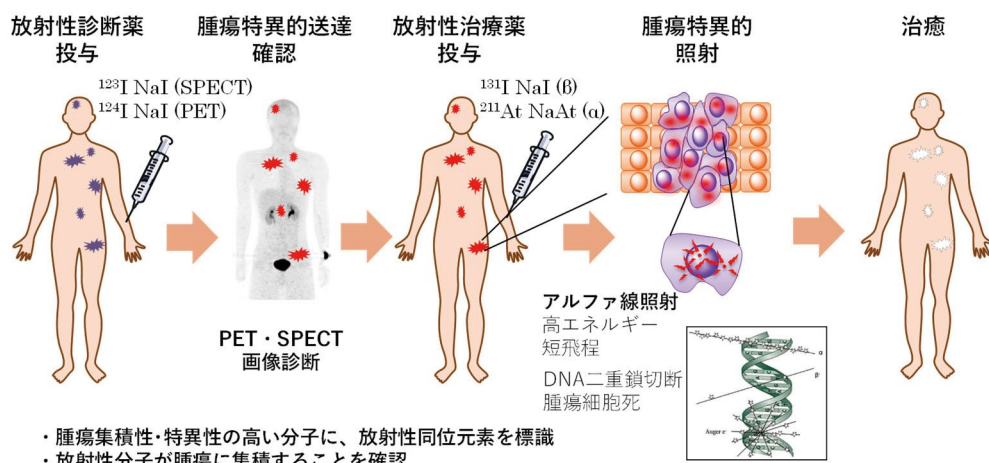
コラム セラノスティクス

近年、放射性同位元素（RI）を用いた放射性医薬品によって治療（Therapeutics）と診断（Diagnostics）を一貫して行う「セラノスティクス」（Theranostics）という医療技術が注目され始めています。

例えば、PET^{注1}検査では、標的とするがん細胞に高い親和性を有し、選択的に集積する化合物に診断用のRIを結合させた医薬品を投与することで、がんの有無や位置、広がり画像として可視化します。その後、治療においては、検査に用いた医薬品と同一の化合物に治療用のRIを結合させた医薬品を投与し、診断時と同様にがん細胞へ集積させることにより、RIから放出される放射線によってがん細胞を直接攻撃します。セラノスティクスとは、このように同一の化合物を用いた医薬品によって、診断と治療を一体的に行う医療技術です。検査により病気の状態を高精度に診断できるだけでなく、用いた化合物の病変への集積性等を事前に把握できるため、正常組織への生理的集積の低減を含め、難治がんや進行がん等の治療において、患者ごとに適切な医療を提供できるものとして期待されています。

現在、国内外の多くの製薬会社が様々ながん種を対象として放射性医薬品の開発に取り組んでいます。例えば、前立腺がんを対象に、PSMA（prostate specific membrane antigen、前立腺特異的膜抗原^{注2}）を標的とするPET診断薬候補である⁶⁴Cu-PSMA-I&Tについて、国内承認の取得を目指した臨床試験が2025年10月に開始されています。また、この診断薬と同じ化合物に治療用核種であるLu-177を結合させた¹⁷⁷Lu-PSMA-I&Tについても、国内承認の取得を目指した臨床試験が2026年2月に開始されています。また、PSMA陽性の遠隔転移^{注3}を有する去勢抵抗性前立腺がん^{注4}を対象として、陽性病変を検出する診断用核種（Ga-68）と、治療用核種（Lu-177）をそれぞれ結合させた薬剤が、2025年9月に製造販売承認を取得しました。

このように、同一の化合物、又は構造が類似した化合物に、診断用核種（Cu-64、Ga-68等）を結合させた薬剤と、治療用核種（Lu-177等）を結合させた薬剤を用いることにより、診断から治療までを一貫して実施するセラノスティクスが可能となります。さらに、新たな薬剤が上市することを見据え、製造能力の拡充等を目的に国内工場新設に取り組む動きもあります。



核医学セラノスティクスの原理

(出典) 畑澤順, 核医学セラノスティクスの原理, 第61回 RI・放射線利用推進セミナー 大阪大学 (2026年)

注1: 放射性医薬品を体内に投与し、その挙動を分析して画像化することで腫瘍の大きさや場所、転移状況や治療効果の判定などを行う核医学検査

注2: 前立腺組織に存在する膜たんぱく質。正常な前立腺組織等にも存在するが、特に前立腺がん細胞では高い頻度で発現することが知られているため、診断や治療における有効な標的として利用される

注3: がん細胞が前立腺からリンパ液や血液の流れなどに乗って別の臓器に移動し、移動先の臓器で大きくなる（新たながんができる）こと

注4: 男性ホルモンを抑える治療を行っているにもかかわらず進行してしまった前立腺がん

7-2-2-5 医療用 RI の製造と供給

核医学診断及び核医学治療とそれらの研究開発の進展に伴い、放射性医薬品に必要な医療用 RI のサプライチェーン確保が重要になっています（図 7-12）。医療用 RI は、比較的製造しやすい PET 検査用を除くと、国際的に見ても限られた国の研究炉等による製造となっており、原子炉の老朽化やトラブルにより供給が不安定になりやすく、また、半減期が短い RI を用いた放射性医薬品は輸入に適しません。このため、サプライチェーン確保に向けた取組が世界各国で進められています。また、放射性医薬品の普及を目指す上では、医療用 RI の製造だけでなく、臨床で使用する医療機関の整備や、放射性医薬品等の廃棄物の処理・処分の規定に係る仕組みの検討も重要となってきます。

我が国では、原子力委員会の「医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプラン」（2022 年決定）において、今後 10 年間に実現すべき四つの目標として「Mo-99/Tc-99m の一部国産化による安定的な核医学診断体制の構築」「国産 RI による核医学治療の患者への提供」「核医学治療の医療現場での普及」「核医学分野を中心としたラジオアイソトープ関連分野を我が国の『強み』へ」を掲げ、それに向けた具体的なアクションプランを提示しています。おおむね 1 年ごとに関係省庁等から報告を受けて実施しているフォローアップでは、2024 年度の進捗として、Mo-99 に関しては JRR-3 における分離抽出試験や製薬企業における品質確認結果、At-211 に関しては競争的研究費による研究推進や研究支援体制の整備、Ac-225 に関しては加速器による製造の継続や原料となる Ra-226 の確保に関する取組等が報告されています。

なお、第 4 期「がん対策推進基本計画」（2023 年閣議決定）では、粒子線治療や核医学治療等の放射線療法に係る安全な提供体制の在り方について検討するとしています。2024 年には、原子力機構と国立がん研究センターの間で、RI で標識された薬剤の研究開発及びサプライチェーンの構築の推進に係る協力協定が締結されました。また、協力協定に基づき、同年には医療用 Ac-225 の要求仕様に関する検討のための共同研究契約が締結され、2025 年 3 月から原子力機構が Ac-225 を供給し、国立がん研究センターが品質の検討を行っています。

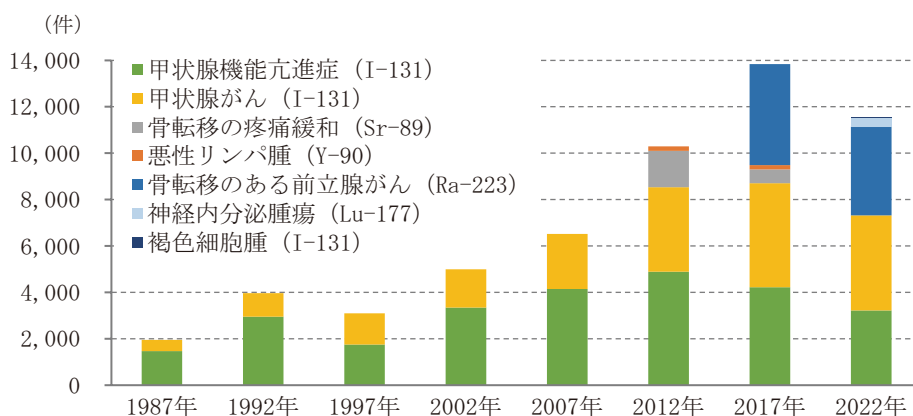


図 7-12 非密封 RI を用いた核医学治療件数（年間）の推移

（出典）日本アイソトープ協会，第 9 回全国核医学診療実態調査報告書，RADIOISOTOPES, vol.72, No.1 (2023 年) を基に内閣府作成

7-2-3 工業分野における利用

工業分野では放射線照射が、高分子材料の強度、耐熱性、耐摩耗性等の機能を向上させるための改質に利用されています。例えば、自動車用ラジアルタイヤの製造では、加硫工程の前のゴムに電子線を照射して部分的に架橋し強度を増すなど、高品質なタイヤ製造に貢献しています。半導体加工では、X線や電子線、中性子線等を照射することにより、電気的特性の制御や硬化などの材料の特性向上が行われています。

製品を製造、検査する際に行う、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も、放射線が利用されています。例えば、今後増加していく高経年化した社会インフラにおけるメンテナンスの効率化のため、橋梁など社会インフラのコンクリート構造物の内部損傷や劣化状態の調査にX線を用いた非破壊検査が行われています。高速道路等の橋梁には高強度のプレストレストコンクリート（PC¹⁹）構造物が多く採用されていますが、構造強度にとって重要なPC鋼材（鋼線）の設置状態等を把握するためにX線透過検査が利用されています（図7-13）。そのほか、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、様々な産業において広く利用されています。

また、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ほとんど残すことなく滅菌することができます（表7-2）。このため、注射針等の医療機器、マスク等の衛生用品、化粧品の原料や容器、ペットボトル等の滅菌に広く利用されています。

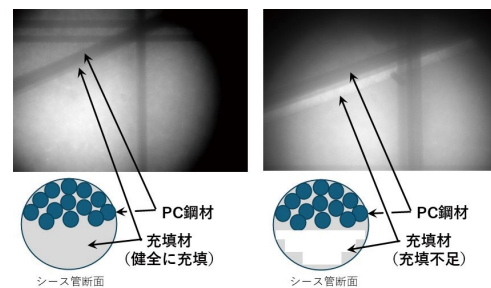


図7-13 X線透過法によるPC鋼材の透過画像

（出典）上坂充，高出力・高エネルギーX線利用の可能性と課題，東京大学社会連携講座「放射線応用技術のイノベーション」シンポジウム（2026年）

表7-2 滅菌方法の比較

項目	電子線滅菌	γ線滅菌	EOG ^注 滅菌
装置種類	電子加速器	放射線源の露出装置（コバルト60）	ガス滅菌釜
対象材料	耐放射線性	耐放射線性	耐熱性（60℃程度）
処理方法	連続式	連続式	バッチ式
処理時間	数秒～数分	数時間	数時間
処理単位	連続大量処理が可能	大量処理（電子線滅菌より少）	釜容量単位
後処理	不要	不要	エアレーション・残留ガスのため放置が必要
環境対策	なし	大量の放射性元素を使用 線源等の廃棄物処理が問題	発がん性や環境汚染などの規制あり

注：エチレンオキシドガス（Ethylene Oxide Gas）

（出典）住重アテックス，電子線滅菌の性質、原理、ほかの滅菌法との比較，住重アテックスウェブサイト（2026年）を基に内閣府作成

7-2-4 農業分野における利用

植物にγ線やイオンビームなどを照射して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7-14）。これまでに、大粒で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、

19 Pre-stressed Concrete、あらかじめ応力を与えることで、圧縮には強いが引張には弱いというコンクリートの弱点を克服したコンクリート

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、農薬の使用低減による環境負荷低減や農業関係者の負担軽減につながるるとともに、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。近年ではカドミウム²⁰の吸収性が低い新たなイネの品種も開発されています。

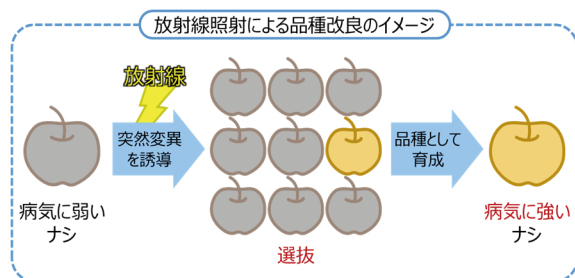


図 7-14 放射線照射による品種改良のイメージ
(出典) バイオステーション, さまざまな品種改良の方法, バイオステーションウェブサイト(2025年)を基に内閣府作成

食品照射では、食品や農畜産物にγ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。海外では、香辛料や生鮮物等に利用されていますが、我が国では行われていません。

害虫駆除にも放射線が利用されています。γ線照射によって不妊化した害虫を野外に放ち、交尾しても子孫が生まれない確率を上げることで、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。殺虫剤で駆除しきれない場合にも駆除が可能となるという優れた特徴を持ちます。この手法により、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外来種のウリミバエの根絶、また、沖縄県の一部地域においてサツマイモの害虫である外来種のアリモドキゾウムシの根絶が報告されています。

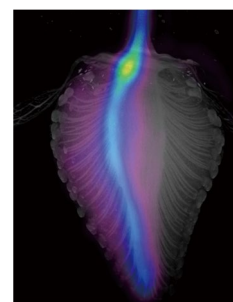


図 7-15 イチゴ果実内部に運ばれる糖

(出典) 河地有木, RI イメージングの研究について～植物 RI イメージング研究と未来の農業に資する栽培技術の創出に向けて～, 第 12 回原子力委員会[資料第 1 号](2025 年)

また、RI イメージングにより植物内部の炭素等の動態を可視化し、植物の栄養獲得のメカニズムの解明等に資する研究が進められています。例えば、炭素 11 (C-11) により標識した二酸化炭素 ($^{11}\text{CO}_2$) を光合成により吸収させることで、植物の中の栄養の動態を見ることができます (図 7-15)。

7-2-5 人文・社会科学分野における利用

放射線の利用は、自然科学分野だけでなく考古学等の人文・社会科学分野においても活用されています。文化財を年代測定する技術として、炭素の放射性同位元素である炭素 14 (C-14) の検出があります。二酸化炭素を取り込んで生きる植物は、その組織内に炭素が存在します。この炭素の割合は生きている植物組織内においても一定ですが、木材等に加工されるなど植物としての生態機能が止まった後は、C-14 はβ崩壊により窒素 14 (N-14) になることで減少していきます。他の炭素の同位体との比率を測定することにより、C-14 の半減期 (約 5,730 年) から、年代を推定することができます。

20 食品等を通じて摂取したカドミウムは、その一部が体内に吸収されるが、体外への排出速度が遅いため、徐々に腎臓に蓄積する。長期間にわたる蓄積により、腎臓のカドミウム濃度が一定の濃度に達した場合、腎臓の機能障害を生じる可能性がある

X線CTによる調査は、文化財の修復などを目的に行われます。文化財には、内部構造を備えたものもあります。こうした内部構造は、X線CTで立体的に可視化することにより発見、解明されることもあります(図7-16)。ただし、X線を照射することは文化財の劣化につながることもあるため、真に調査が必要なものか判断された上で調査が実施されます。

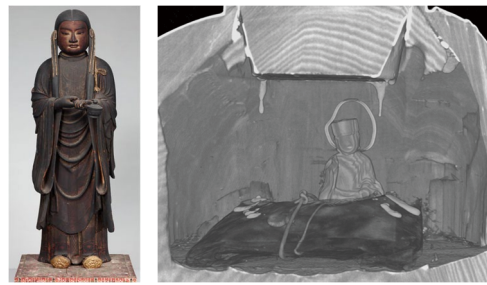


図7-16 聖徳太子立像の像内納入品(X線撮像)

(出典) 山口隆介, X線CTスキャン装置を用いた仏像調査, 文化庁広報誌 ぶんかる(2021年)

7-2-6 科学技術分野における利用

科学技術分野では、物質科学、宇宙科学、地球科学、環境科学、生命科学、考古学等、幅広い学問分野において、構造解析、材料開発、追跡解析、年代測定などに放射線が利用されています。また、新しい研究領域や融合領域の開拓、先導的・革新的成果の創出が期待されています。高エネルギー物理、原子核物理、中性子科学等における新たな発見のためにも、放射線(特に量子ビーム)が利用されています。

量子ビームは、電子、中性子、陽子、重粒子、電磁波(電離放射線)、ミュオン、陽電子等を細くて強いビームに整えたものの総称です。それぞれの線源と物質との相互作用の特徴を生かして、物質の構造や反応のメカニズムの解析等が行われています。また、不安定核ビームは、不安定核そのものが原子核物理の研究対象であり、その反応は原子力工学にも応用されています。我が国の主な量子ビーム施設は図7-17のとおりです。

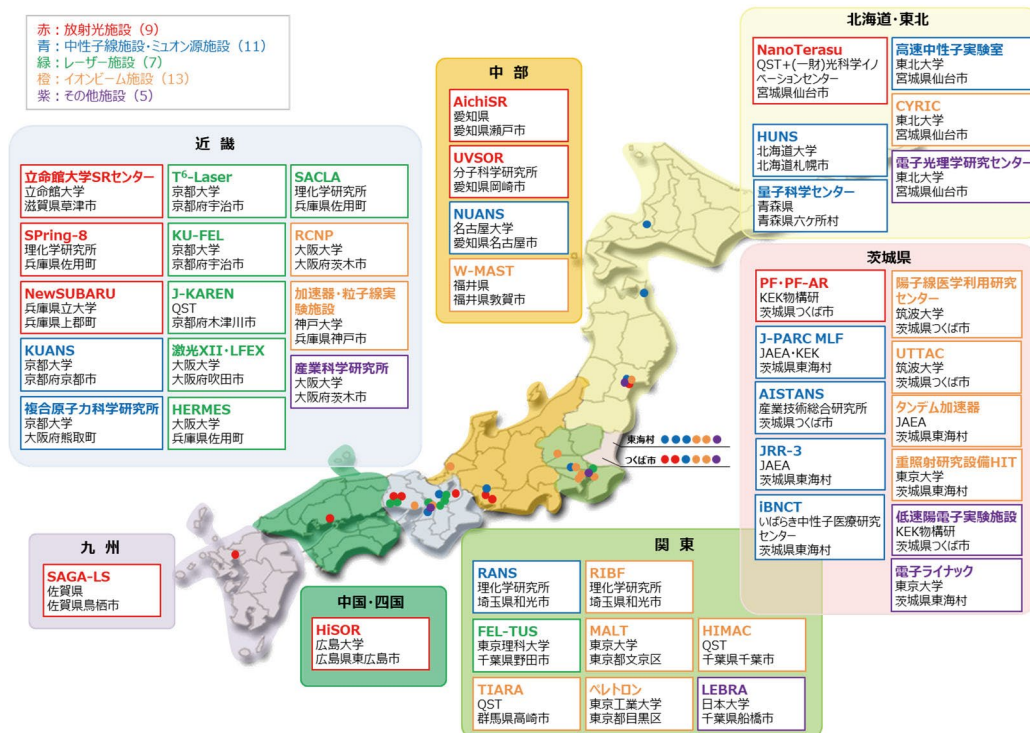


図7-17 主な量子ビーム施設

(出典) 文部科学省

「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)においては、特に先端的な大型の研究施設について、国内外の産学の多くの研究者のために幅広く開放することとしており、量子ビーム施設では大強度陽子加速器施設 J-PARC²¹、大型放射光施設 SPring-8²²、X線自由電子レーザー施設 SACLA²³、3GeV 高輝度放射光施設 NanoTerasu が特定先端大型研究施設として共用に供されています。

7-2-6-1 中性子ビーム等の利用

物質に対する優れた透過力と物質中に存在する水素等の軽元素やマイクロな磁石を見分ける能力を併せ持つ中性子は、基礎的な学術研究から製品に近い産業利用に及ぶ幅広い分野の研究において利用されています。原子炉の中性子を利用可能な代表的施設に原子力機構の JRR-3 があります。JRR-3 では学術研究のみならず医療用 RI 製造や、エンジン燃費向上を目的としたオイル挙動分析、超高強度鋼板の開発など産業界における研究開発も幅広く行われています。

J-PARC では、世界最高レベルの大強度陽子ビームを用いて生成される中性子、ミュオン、ニュートリノ、K 中間子などの多彩な二次粒子ビームを国内外の利用者に提供しています。これらにより、物質・生命科学、素粒子・原子核物理学など広範な研究分野の基礎科学から産業応用まで多様な研究開発を推進しています。J-PARC では3台の加速器で生成した陽子ビームを、物質・生命科学実験施設 (MLF²⁴)、ニュートリノ実験施設、ハドロン実験施設に供給しています。

MLF では大強度パルス中性子源²⁵を使った中性子ビームの利用実験が可能です(図7-18)。これにより、物質内部の水素やリチウムといった軽元素等を高感度、高速、高分解能で測定可能であり、例えば、燃料電池を作動させたまま、劣化するまでの電池内部の変化をリアルタイムで継続的に観測できます。また、水と氷の識別ができるため、氷結するような低温下における車載用燃料電池の排水問題の解決に向けた研究が行われています。

MLF には中性子だけでなく、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中間の荷電粒子であり電磁的な相互作用をします。このミュオンの特性を利用した研究手法²⁶は、物質検知やイメージングに応用されています。例えば、文化財や小惑星(リュウグウ)から持ち帰った貴重なサンプル等の分析に利用されています。また、中性子やミュオンのビームにより、電解質中のイオンの動きを非破壊で把握するなど、リチウムイオン電池の研究開発に活用している事例もあります。このような電池の大容量化や劣化、安全性に関する研究開発は、電気



図7-18 J-PARC 物質・生命科学実験施設 (MLF)

(出典) 大強度陽子加速器施設, 物質・生命科学の研究, 大強度陽子加速器施設ウェブサイト(2026年)

21 Japan Proton Accelerator Research Complex

22 Super Photon ring-8 GeV

23 SPring-8 Angstrom Compact free electron LAser

24 Materials and Life Science Experimental Facility

25 100万分の1秒等の短い時間(パルス)に極めて大量の中性子を繰り返し発生させる装置

26 ミュオンスピン回転・緩和・共鳴法 (μ SR)

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すことが期待されています。

原子力分野では、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID²⁷）により、宇宙線ミュオンを用いて東京電力福島第一原子力発電所の燃料デブリの位置を原子炉外から透視する技術開発が進められました。また、燃料デブリ中に存在する核燃料物質の検知に関する技術開発などが民間事業者にて進められている事例があります。

7-2-6-2 放射光の利用

放射光とは、光速に近いスピードで直進する電子等の荷電粒子が磁石などによって進行方向を変えられた際に発生する電磁波です。放射光はX線から赤外線までの広い波長領域を含みます。放射光を用いることで、物質の種類や構造、性質を詳しく知ることができます。

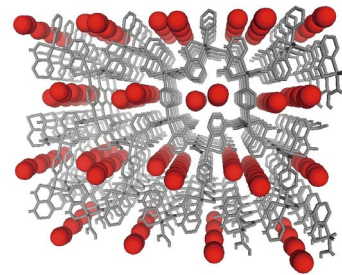
SPring-8とSACLAは硬X線²⁸領域に、NanoTerasuは軟X線²⁹領域に強みがあります。硬X線では物質を構成する原子や分子の構造や物体内部の様子が解析でき、軟X線では物質の機能に影響を与える電子状態の可視化が可能となります。SPring-8は当時の加速器技術や計測技術の粋を結集して整備され、1997年から共用開始しました（図7-19）。また、SPring-8で確立された技術を更に発展させ、原子や分子の瞬間的な動きや変化を捉えるためにSACLAが建設され、2012年から共用に供されています。その後、SPring-8とSACLAでの研究開発の成果を集結させ、第4世代放射光施設³⁰であるNanoTerasuが整備され、2024年から運用開始しました。さらに、NanoTerasuの整備を通じて得られた技術は、SPring-8の第4世代化にも貢献しています。



図7-19 SPring-8 外観

（出典）理化学研究所，SPring-8，理化学研究所ウェブサイト（2026年）

SPring-8は、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。2025年にノーベル化学賞が授与された金属有機構造体（MOF³¹）の研究にも活用されており、SPring-8によってMOFにガスの取込みが可能であることが世界で初めて実証されました（図7-20）。なお、世界で放射光施設の第4世代への高度化が進められている状況を踏まえ、第3世代のSPring-8を現状の100倍以上の輝度を實現する第4世代施設「SPring-8-II」へとアップグレードして国際競争力を維持発展させるための整備が2024年度より着手され、2029年度の共用開始を目指して進められています。SPring-8-IIでは、その高い輝度によって従来よりも高精細なデータが短時間で取得可能になり、次世代半



注：金属有機構造体（MOF）（灰色）にガス（酸素分子）（赤い球）が規則正しく並んでいる様子

図7-20 ノーベル化学賞受賞に貢献したSPring-8における研究成果

（出典）高輝度光科学研究センター，SPring-8学術成果集（2014年）

27 International Research Institute for Nuclear Decommissioning

28 比較的高いエネルギー領域のX線

29 比較的低いエネルギー領域のX線

30 最先端の加速器技術を採用することにより、SPring-8など従来の第3世代放射光施設よりも高品質なX線を利用することができる放射光施設

31 Metal-Organic Frameworks

導体や燃料電池の検査や研究開発、道路のアスファルト等の劣化解析など、多様な分野の研究開発への貢献が期待されています（図 7-21）。



図 7-21 SPring-8-II で可能となる研究開発の例「次世代半導体の開発と量産」

(出典) 文部科学省, SPring-8 の高度化 (SPring-8-II) 説明資料, 大規模研究開発評価ワーキンググループ(令和 6 年度)[資料 5-2] (2024 年)

SACLA は、超高輝度かつ超短パルスである X 線自由電子レーザー³²を提供する施設です。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 の研究成果の一つとして、光合成による水分解反応を触媒とするタンパク質複合体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、エネルギーや環境、食糧問題解決への貢献が期待されています。

NanoTerasu は、我が国初の第 4 世代放射光施設であり、高輝度な軟 X 線での計測に強みがあり、物質の機能に影響を与える電子状態の可視化が可能です（図 7-22）。官民地域パートナーシップ³³で整備、運用されており、学術研究だけでなく産業利用も含めた広範な分野での利用が期待されています。地域パートナーが整備したコアリジョンビームライン³⁴では、既に企業ユーザーの活用がなされ、タイヤやリチウム硫黄電池の原材料について高解像度で観察することに成功するなど多くの成果が得られています。また、2025 年 3 月からは共用法に基づく共用が開始され、2026 年 3 月末までに 80 課題が実施されました。同施設の運用開始により、触媒化学や生命科学、磁性・スピントロニクス、高分子科学などの分野において、機能の可視化による新材料等の創出や、研究開発の加速につながるなど、我が国の国際競争力強化への貢献が期待されています。

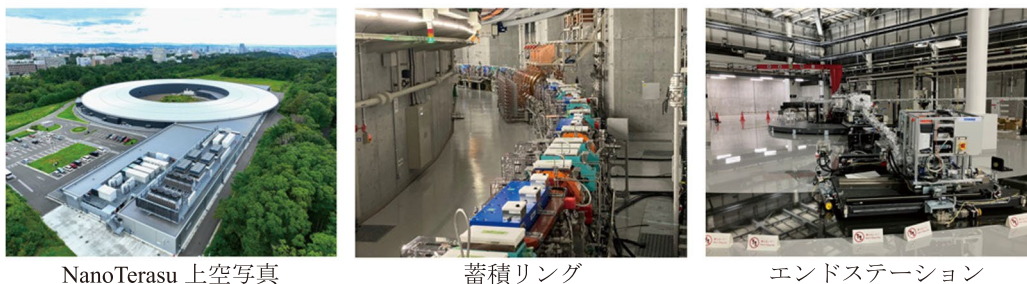


図 7-22 3GeV 高輝度放射光施設 NanoTerasu

(出典) 3GeV 高輝度放射光施設, 共通広報素材ギャラリー, NanoTerasu 共通広報素材利用サイト (2026 年)

- 32 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して得られる X 線レーザー
- 33 国だけでなく地域や産業界の活力を取り込むため、国と地域パートナーが対等な立場で協力関係を構築し、事業を遂行する体制。国側の主体は QST が担い、地域パートナーは、一般財団法人光科学イノベーションセンターを代表とする、宮城県、仙台市、東北大学及び一般社団法人東北経済連合会の 5 者からなる
- 34 加入金を拠出したコアリジョンメンバーが優先的に利用できるビームライン

7-2-6-3 RI ビームの利用

量子ビームのうち、不安定な放射性同位体をビーム状に整えたものがRIビームです。RIビームを利用することで、新たな原子核モデルの構築や元素の起源の解明といった根源的な研究に加え、新しいRI技術による新産業の創出に貢献することが可能となります。

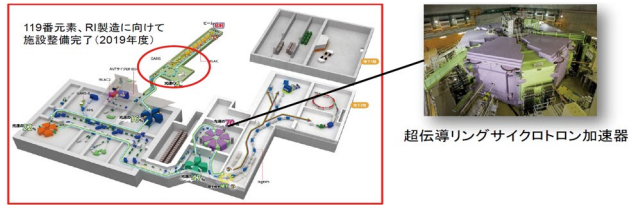


図 7-23 RI ビームファクトリー

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

理化学研究所仁科加速器科学研究センターの RI ビームファクトリーは、安定核ビームと標的原子核の衝突により生じた二次粒子線を分離・収束させて RI ビームを発生させる加速器施設です。同施設では、水素からウランまでの全元素を、世界最大強度の RI ビームとして利用できます。

RI ビームファクトリー (図 7-23) を利用した代表的な研究成果として、新元素「ニホニウム」の発見が挙げられます。このほか、宇宙における元素の起源や生成過程に関する学術的、基礎的研究から、植物の遺伝子解析による品種改良技術への応用、RI 製造技術の高度化に関する研究開発まで、幅広い分野での活用が進められています。

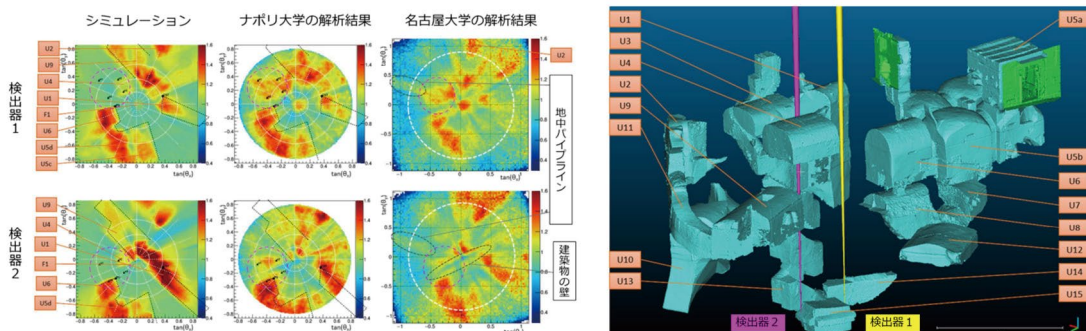
コラム 宇宙線ミュオンによる非破壊分析

宇宙線ミュオンとは、約 1km の岩盤でも透過するほどの非常に高い透過力を持つ素粒子です。地球の大気上層部で生成され、常に地表へ振り注いでいます。また、天然のミュオンは幅広いエネルギー分布を持つことが特徴です。

物質の種類や厚さによって透過可能なミュオンのエネルギーは異なるため、対象物を透過してきたミュオンを三次元飛跡検出器で観測し、その飛来方向の分布を計測することにより、対象物内部の密度分布を非破壊で可視化することができます。この手法により、X 線では測定が困難な厚みを有する大型構造物についても、その内部構造等を推定することができます。

例えば、名古屋大学の研究グループは、イタリアのナポリ大学と共同で、ミュオンを用いたイメージングにより、ナポリ市街地に存在する複雑な地下遺構の可視化に取り組みました。その結果、ギリシャ時代の埋葬室を新たに発見しています。このほか、福島第一原子力発電所 2 号機における溶融炉心の可視化や、エジプトのクフ王ピラミッド内部に存在する未知の空間の発見などにおいても、ミュオンを用いたイメージングが活用されました。

さらに、道路陥没事故を引き起こす地下空洞の探査など、新しい防災技術への応用も期待されています。



地下遺構のミュオンイメージング図 (左) と 3D モデル (右)

(出典) 名古屋大学, 宇宙線イメージングによりイタリア・ナポリの市街地の地下にギリシャ時代の埋葬室を発見! ~ 陥没事故を未然に防ぐ地下空洞探査への応用も期待~, 未来材料・システム研究所ウェブサイト(2023 年)

7-3 放射線利用環境の整備

放射線及びRIを安全かつ適切に利用するために、様々な規則が定められています。これらの規則は、国際的に合意された放射線防護体系の考え方を取り入れており、科学的知見に基づき策定される国際基準等に照らし必要な更新が行われます。また、放射線防護や線量評価等を実施する際に根拠となるデータを得るための調査・研究や、原子力災害に備えた医療体制の整備も進められています。

7-3-1 放射線利用に関する規則

我が国の放射線利用に関する規則は、国際的に合意された放射線防護体系の考え方を尊重し取り入れています(図7-24)。我が国では国際放射線防護委員会(ICRP³⁵)の勧告を踏まえ、放射線業務従事者は実効線量が定められた5年間で100mSv、いかなる1年も50mSvを超えないこと(女性は妊娠の可能性を考慮して3か月で5mSvを超えないこと)などの限度が定められています³⁶。一般公衆については、ICRPの勧告では「1年当たり1mSv」と実効線量の限度を定めています。我が国では、一般公衆について実効線量の限度は定められていませんが、事業所境界の線量限度や廃棄排水の基準³⁷は1mSv/年を基に設定しています(表7-3)。このほか、放射線利用に関する法規制は図7-25のようになっています。

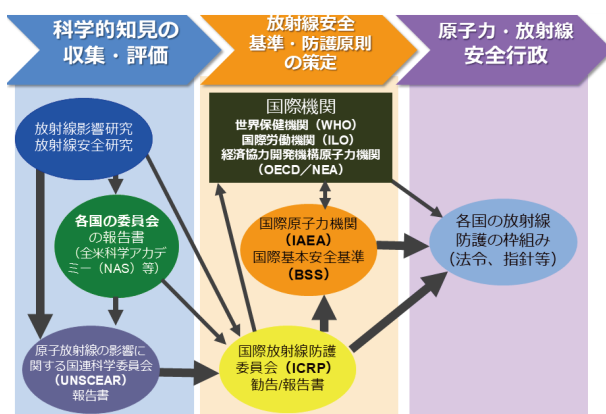


図7-24 放射線防護に関わる国際的な枠組み

(出典) 環境省, 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料(令和6年度版)(2025年)

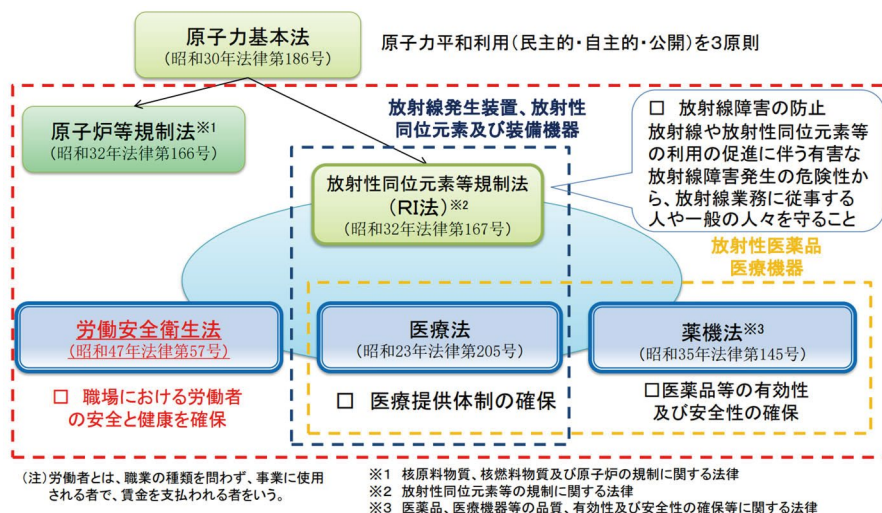


図7-25 放射線利用に係る放射線関係法令

(出典) 厚生労働省, 放射線による健康障害防止に係る法令について, 第1回エックス線装置に係る放射線障害防止対策に関する検討会[資料3](2024年)

35 International Commission on Radiological Protection

36 電離放射線障害防止規則

37 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律、放射性同位元素等の規制に関する法律等

表 7-3 放射線防護体系

	職業被ばく		公衆被ばく	
	国際放射線防護委員会 (ICRP) 注1	放射線障害の防止に関する法令 (日本) 注3	国際放射線防護委員会 (ICRP) 注1	放射線障害の防止に関する法令 (日本) 注4
実効線量の限度	定められた5年間の平均 20mSv/年、 かつ50mSv/年	100mSv/5年、 かつ50mSv/年	1mSv/年注5	(1mSv/年)
等価線量の限度	眼の水晶体	定められた5年間の平均 20mSv/年、 かつ50mSv/年注2	15mSv/年	(15mSv/年)
	皮膚	500mSv/年	50mSv/年	(50mSv/年)
	手先、足先	500mSv/年	—	—
女性の線量限度	妊娠女性	<妊娠の申告後の期間> 胚/胎児に対し 1mSv	<妊娠と診断されてから出産まで> 腹部表面 2mSv 内部被ばく 1mSv	—
	上記以外	両性を区別しない	<妊娠する可能性がないと診断されたもの及び妊娠と診断されたものを除く> 5mSv/3か月	—

注1：ICRP Publication 103 The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (2007)

注2：ICRP Publication 118 ICRP Statement on Tissue Reactions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in Radiation Protection Context (2012)

注3：国内法令の職業被ばく線量限度については「労働安全衛生法」等に基づく「電離放射線障害防止規則」を基に記載

注4：公衆被ばくに対する線量限度を直接規定する法令はないが、例えば「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」においては原子力施設等の周辺監視区域外の線量限度が定められている

注5：特別な事情の下では、単年においてより高い値の実効線量が許容され得るが5年間の平均が1mSv/年を超えないこと

(出典) 内閣府作成

医療機関において使用される放射性医薬品のうち一部の未承認放射性医薬品等³⁸は、「医療法」と放射性同位元素等規制法による二重規制を受ける状況となっていました。この二重規制を解消するため放射性同位元素等規制法施行令が改正（2024年施行）され、一部の未承認放射性医薬品等は放射性同位元素等規制法の規制対象から除外されました。

放射線利用を進める上では、それに伴い発生する放射性廃棄物を適切に取り扱うことも重要です。原子力委員会が取りまとめた「原子力利用に関する基本的考え方」(2023年改定)では、核医学・放射線診療分野におけるラジオアイソトープ等の利用拡大に備えて、早期に医療用放射性廃棄物の処理・処分の規定を整備することを重点的取組の1つとしています。研究開発施設等から発生するRI廃棄物の処理・処分については、放射性同位元素等規制法における廃棄に係る特例により、同法と「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(原子炉等規制法)との間で処理・処分の合理化が図られました³⁹。

また、「医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプラン」に基づき、医療機関から発生する放射性廃棄物について、処理処分の合理化を図るための検討が進められているほか、既存PET製剤用の4核種⁴⁰以外に、今後使用の可能性のある新規PET製剤について、通常の廃棄物として廃棄可能とする条件や方法についての検討が進められています。

38 特定臨床研究、再生医療等、先進医療、患者申出療養に用いるもの

39 第6章 6-2-1-1「放射性廃棄物の処分の概要」を参照

40 炭素11 (C-11)、窒素13 (N-13)、酸素15 (O-15)、フッ素18 (F-18) の4核種。これら核種の廃棄物は封をしてから7日間管理区域内に保管した後、非放射性廃棄物として廃棄できる

7-3-2 放射線防護に関する研究と原子力災害医療体制の整備

原子力規制委員会は、従来の緊急被ばく医療体制を十分に活用しつつ、救急医療及び災害医療体制が原子力災害時にも有効に機能するよう「原子力災害拠点病院等の役割及び指定要件」（2025年一部改正）を定めています。この指定要件に基づいて、国又は原子力災害対策重点区域⁴¹内の道府県により、原子力災害拠点病院等が指定又は登録されています（図7-26）。また、2022年度から「放射線防護のための線量及び健康リスク評価の精度向上に関する研究」を実施し、放射性物質を体の中に取り込んだときの被ばく線量を適正に評価するための「内部被ばく線量評価コード」の開発と、放射線被ばくによる健康リスクを適正に評価するための「放射線健康リスク評価コード」の開発を行っています。

QSTは、原子力災害時に高度専門的な被ばく医療を行う高度被ばく医療支援センターにおいて中心的、先導的な役割を担う「基幹高度被ばく医療支援センター」の指定を2019年に受け、内部被ばくの個人線量評価、高度被ばく医療支援センター及び原子力災害医療・総合支援センターの医療従事者や専門技術者等を対象とした高度専門的な教育研修、原子力災害医療に関する研修情報等の一元管理等を行っています。

原子力機構は、外部被ばくや内部被ばくの線量評価に関する研究や関連する基礎データの整備等を進めており、より正確な線量評価が可能となる線量評価システムや日本人のポリゴン⁴²型詳細人体モデルの開発等を行っています。核医学検査や核医学治療に伴う患者の被ばく線量評価のための米国SNMMI⁴³の線量計算用放射性核種データ集の改訂に貢献する等の成果も上げています。また、近年では建物を考慮した放射性物質の拡散に係る線量評価も実現し、そのシステム⁴⁴を無償で公開しています。

また、原子力事業者は、2026年3月に、原子力災害時に原子力施設構内での緊急作業中に被災した労働者に対する初期医療対応について、更なる体制の強化を図るため、学校法人産業医科大学と「原子力災害オンサイト医療における産業保健支援対策に関する基本協定書」を締結しました。同協定は、原子力災害時に施設内において緊急作業に従事する労働者が、心とからだの健康を保ちながら、迅速かつ的確に業務を遂行するための事前の準備や、災害発生後に原子力施設では十分な支援対策を実施することができない場合に、産業医科大学が中心となり支援チームによる産業保健支援対策を実施することを目的としています。

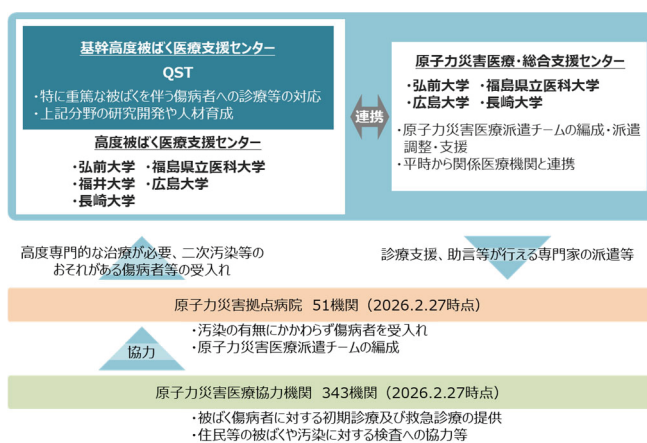


図7-26 原子力災害医療の実施体制

（出典）内閣府作成

41 「原子力災害対策特別措置法」に基づき原子力規制委員会が定める原子力災害対策指針に基づき、重点的に原子力災害に特有な対策を講じる区域

42 ポリゴンと呼ばれる多角形の面を組み合わせることで物体の形状を近似的に再現する手法をポリゴン技術という

43 Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging（米国核医学会（仮称））

44 局所域高分解能大気拡散・線量評価システム LHADDAS: Local-scale High-resolution Atmospheric Dispersion and Dose Assessment System