

原子力政策大綱に示している放射線利用に関する
取組の基本的考え方に関する評価について
(案)

2010年6月1日

原子力委員会

目 次

はじめに	・ ・ ・ ・ ・ 1
第 1 章 評価作業の経過	・ ・ ・ ・ ・ 2
第 2 章 我が国の放射線利用に関する概況	・ ・ ・ ・ ・ 4
第 3 章 主な関係行政機関等の取組等	・ ・ ・ ・ ・ 6
3. 1 関係行政機関等の取組状況	・ ・ ・ ・ ・ 6
(1)「基本的考え方」に関する取組状況	・ ・ ・ ・ ・ 6
①安全管理体制の整備に関する取組の現状	・ ・ ・ ・ ・ 6
②利用者・一般国民の理解促進のための活動	・ ・ ・ ・ ・ 8
③産学官連携の推進	・ ・ ・ ・ ・ 9
④放射線利用技術の高度化に向けた国の支援策	・ ・ ・ ・ ・ 11
⑤科学・技術活動に貢献する先端的な施設・設備の整備	・ ・ ・ ・ ・ 11
⑥地域産業による施設の有効活用の促進	・ ・ ・ ・ ・ 13
(2)「各分野における進め方」に関する取組状況	・ ・ ・ ・ ・ 14
①科学・技術・学術分野	・ ・ ・ ・ ・ 14
②工業分野	・ ・ ・ ・ ・ 16
③医療分野	・ ・ ・ ・ ・ 17
④その他の分野	・ ・ ・ ・ ・ 20
(3)「関連分野における基本的考え方」に関する取組状況	・ ・ ・ ・ ・ 22
①研究施設等廃棄物の処分に関する取組の状況	・ ・ ・ ・ ・ 22
②放射線利用に係る人材育成・確保の現状	・ ・ ・ ・ ・ 23
③放射線利用に係る国際協力	・ ・ ・ ・ ・ 23
3. 2 関係行政機関等の取組に対する評価	・ ・ ・ ・ ・ 25

第4章 放射線利用を進める上での課題等、解決に向けた方策等	・ ・ ・ ・ ・ 28
（1）放射線利用に係る施設・設備の整備と共用の促進	・ ・ ・ ・ ・ 28
（2）産学官連携の推進	・ ・ ・ ・ ・ 29
（3）放射線源の供給のあり方	・ ・ ・ ・ ・ 31
（4）安全の確保と合理的な規制	・ ・ ・ ・ ・ 32
（5）放射線利用に対する理解促進のあり方	・ ・ ・ ・ ・ 35
（6）人材育成・確保のあり方	・ ・ ・ ・ ・ 35
（7）放射線利用に係る国際協力	・ ・ ・ ・ ・ 36
（8）基礎的・基盤的な研究開発	・ ・ ・ ・ ・ 37
第5章 結論	・ ・ ・ ・ ・ 39

はじめに

原子力委員会は、原子力の研究、開発及び利用に関する行政の民主的な運営を図るために設置された組織であり、原子力の研究、開発及び利用に関する事項（安全の確保のための規制の実施に関する事項を除く。）について企画し、審議し、及び決定することを責務としている。これを踏まえ、原子力委員会は、平成１７年１０月に、今後数十年間にわたる国内外情勢の展望を踏まえ、原子力発電や放射線利用の推進等に関して、今後１０年程度の間に各省庁が推進すべき施策の基本的考え方や、原子力行政に関わりの深い地方公共団体、事業者、及び相互理解が必要な国民各層への期待を示す原子力政策大綱を策定した。

原子力政策大綱では、政策評価を政策に関するＰＤＣＡ活動（立案、実施、評価及び改善活動）の一環に位置付けて、原子力に関する施策を継続的に評価し、その改善に努め、国民に説明していくことが大切であるとしている。また、この観点から、原子力委員会が、関係行政機関等の原子力に関する施策の実施状況を適時適切に把握し、国民の御意見等を踏まえつつ、自ら定めた政策の妥当性を定期的に評価し、その結果を国民に説明していくこととしている。

原子力委員会は、この政策評価の一環として、平成２１年１０月に「原子力政策大綱に示される『放射線利用』および『人材の育成・確保』に関する政策の評価について」と題する原子力委員会決定を行い、原子力政策大綱に示される「放射線利用」および「人材の育成・確保」に関する政策について評価を行うことを決定した。

本報告書は、これを受けて、原子力委員会が、原子力政策大綱に示している放射線利用に関する取組の基本的考え方に関する評価を行なった結果をまとめたものである。本報告書は、５章から構成されており、第１章に評価作業の経過、第２章に我が国の放射線利用に関する概況、第３章に主な関係行政機関等の取組等、第４章に放射線利用を進める上での課題等、解決に向けた方策等を述べ、第５章に評価結果及び今後期待する行政関係機関等の取組の基本的考え方を結論としてまとめている。

原子力委員会は、関係行政機関等が、本報告書に示した考え方を尊重し、今後、放射線利用が、科学・技術・学術の進歩、産業の振興、社会の福祉、国民生活の水準の向上等に一層貢献するよう取組を進めることを期待する。

第1章 評価作業の経過

評価にあたっては、原子力政策大綱に示している基本的考え方を踏まえて関係行政機関等において行われている放射線利用に関する取組状況を把握・評価し、有識者及び国民の御意見を聴きつつ、原子力政策大綱の基本的考え方に関する評価を行うとともに、関係機関が今後取組を進めるに当たって留意すべき事項等について調査審議を行った。以下に具体的な作業を示す。

(1) 原子力委員会による評価の実施

関係行政機関等の取組の状況を把握するため、以下のとおりヒアリングを実施した。

原子力委員会定例会 第43回：平成21年11月24日（火）

文部科学省からのヒアリング

農林水産省からのヒアリング

原子力委員会定例会 第44回：平成21年12月 1日（火）

（独）放射線医学総合研究所からのヒアリング

原子力委員会定例会 第45回：平成21年12月 8日（火）

（財）放射線利用振興協会からのヒアリング

茨城県からのヒアリング

（社）日本医学放射線学会からのヒアリング

原子力委員会定例会 臨時会：平成21年12月10日（木）

（独）日本原子力研究開発機構からのヒアリング

（社）日本アイソトープ協会からのヒアリング

原子力委員会定例会 第 4回：平成22年 2月 2日（火）

F N C Aコーディネータからのヒアリング

原子力委員会定例会 第 8回：平成22年 2月23日（火）

（社）日本原子力産業協会からのヒアリング

原子力委員会定例会 第10回：平成22年 2月26日（金）
佐賀県からのヒアリング

原子力委員会定例会 第11回：平成22年 3月 2日（火）
厚生労働省からのヒアリング
（財）医用原子力技術研究振興財団からのヒアリング

（2）放射線利用に関する御意見聴取

以下のとおり、有識者から御意見をいただいた。

原子力委員会定例会 臨時会：平成21年12月25日（金）

石岡 典子	日本原子力研究開発機構
遠藤 啓吾	群馬大学
田川 精一	大阪大学
中島 宏	日本原子力研究開発機構
中西 友子	東京大学
林 眞琴	茨城県

原子力委員会定例会 臨時会：平成22年 3月 9日（火）

石岡 典子	日本原子力研究開発機構
田川 精一	大阪大学
田中 隆一	NPO法人 放射線教育フォーラム
中島 宏	日本原子力研究開発機構
中西 友子	東京大学
永山 悦子	毎日新聞社
林 眞琴	茨城県

（3）報告書の取りまとめ

関係行政機関等の取組状況とその評価、原子力政策大綱に示している基本的考え方に関する評価、関係機関が今後取組を進めるに当たって留意すべき事項等を含む報告書（案）を取りまとめ、これに対して、2010年4月23日（金）～5月7日（金）の間、国民の皆様から御意見を募集した。その結果、22名の方から38件の御意見をいただいた。それを踏まえて報告書（案）を修正し、この報告書を取りまとめた。

第2章 我が国の放射線利用に関する概況

放射線は科学・技術・学術、医療、工業、農業等の幅広い分野において利用されており、科学・技術・学術の進歩、国民の福祉、国民生活の水準向上等に大きな貢献をしている。

科学・技術・学術分野では、X線・ γ 線・電子線・イオンビーム・中性子線等の放射線を用いて、物質の構造解析、物質中の微量元素分析、動植物の体内の代謝・動態の解析等が行われるなど、物質科学・生命科学分野をはじめとする幅広い研究に放射線が利用されている。また、ニュートリノや中間子等の発生・計測により、物質の究極の構成要素等に関する研究が行われており、放射線は原子核物理・素粒子物理分野における研究にも欠かせないものとなっている。

医療分野では、放射線を利用した診断・治療が医療現場において広く行なわれている。胸部X線撮影をはじめとする単純X線撮影による診断に加えて、近年では、コンピュータ解析技術の発達により人体の断層画像や三次元画像を得るX線CT撮影が一年間に約200万件行なわれるなど、放射線診断の普及が進んでいる。また、放射性医薬品を体内に投与して代謝機能等を画像化するSPECTやPETといった核医学診断も年間約140万件行なわれている。さらに、高エネルギーX線や粒子線（陽子線・重粒子線・中性子線）、放射性医薬品を用いた放射線治療なども行なわれている。

工業分野では、種々の放射線の性質を利用した材料の製造やサービスの提供等が行なわれている。電子線を利用した微細加工（リソグラフィ）や中性子線等を利用した不純物導入（ドーピング）の技術は半導体製造に利用され、電子線・ γ 線を利用して物質に新たな機能を付加するグラフト重合技術は電池用隔膜の製造に利用されている。また、電子線照射によりゴムの弾力性を改善する技術は、ラジアルタイヤの製造に利用されている。医療器具等の滅菌サービスにも、 γ 線、電子線等の放射線が利用されている。

農業分野では、放射線を利用した「放射線育種」や「不妊虫放飼法による害虫の防除」等が行われている。放射線育種については、 γ 線やイオンビーム等の照射などによる突然変異を利用した耐病性のナシ、収量性や成分を改良したイネやダイズ、高付加価値の花弁などの新品種の開発が行なわれている。沖縄県等では、ウリミバエ等の害虫の再侵入・定着の防止や根絶を図るため、放射線により不妊化した成虫を放つ不妊虫放飼法による害虫の防除が行なわれている。また、放射線を照射することによりジャガイモの芽止めを行なう食品照射も行なわれている。

その他、環境・資源分野では、電子線を用いて排煙中の有害物質を分解する処理技術の開発や、放射線を利用した温泉水中のスカンジウムや海水中のウラン等の有用金属を捕集する材料の開発、燃料電池の高性能化に資する高分子電解質膜の開発など、

今後の環境・資源に関する問題を解決する新たな技術開発が進められている。

これらの放射線利用の取組の経済規模は、平成 19 年に行われた内閣府委託調査によれば、総額約 4 兆 1000 億円（平成 17 年度）であり、原子力のエネルギー利用の経済規模である 4 兆 7000 億円に匹敵する。放射線利用の経済規模の分野別内訳については、工業分野が約 2 兆 3000 億円、医療分野が約 1 兆 5000 億円、農業分野が約 2800 億円となっている。

このように、放射性同位元素（RI）や放射線発生装置を用いて多様な放射線利用を行う国内の事業所数（「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」に基づく使用許可・届出事業所数）は、平成 22 年 4 月 1 日現在、6297 事業所に達している。これを機関別に見ると、民間企業が 3422 か所、研究機関が 513 か所、医療機関が 944 か所、教育機関が 538 か所、その他機関が 880 か所となっている。

密封された放射性同位元素（密封線源）を放射線源として使用する事業所は 5,335 か所ある。密封線源の主な用途例としては、コバルト-60 が医療用具の滅菌等の照射装置に、イリジウム-192 が非破壊検査装置に、クリプトン-85 が厚さ計に利用されている。医療分野では、コバルト-60 がガンマナイフ等の遠隔照射治療に、ヨウ素-125、金-198 等が治療用密封小線源に利用されている。

密封されていない放射性同位元素（非密封線源）を放射線源として使用する事業所数は 895 か所ある。非密封線源の主な用途例としては、主に教育機関、研究機関、民間機関において水素-3、炭素-14、リン-32、硫黄-35 等が研究等に利用され、医療機関においてヨウ素-131、ストロンチウム-89、イットリウム-90 が治療に、モリブデン-99/テクネチウム-99m、ヨウ素-123、タリウム-201、ガリウム-67、フッ素-18 等が核医学診断に利用されている。

また、放射線発生装置は平成 22 年 4 月 17 日現在 1,269 台に達しており、その 81.3% は医療機関に設置され、がん治療、診断用の放射性同位元素の製造等に利用されている。また、同装置は教育機関、研究機関、民間企業等にも設置され、様々な研究開発や事業活動等にも利用されている。

その他に、放射線障害防止法の規制対象とならない低エネルギー電子加速器、イオン注入装置等も民間企業等に多数設置され、放射線は幅広く利用されている。

第3章 主な関係行政機関等の取組等

原子力政策大綱では、第3章に放射線利用に関する「基本的考え方」¹及び「各分野における進め方」²を示している。また、第3章以外³にも人材の育成・確保等の関連する分野において放射線利用に関する施策の基本的考え方（以下「関連分野における基本的考え方」という。）を示している。

「基本的考え方」では、①安全管理体制の整備、②利用者・一般国民の理解促進、③産学官連携の推進、④放射線利用技術の高度化に向けた支援、⑤科学・技術活動等に貢献する先端的な施設・設備の整備、⑥先端技術施設の地域産業による有効活用の推進等に関する施策の基本的考え方を示している。

「各分野における進め方」では、①科学・技術・学術分野においては基礎研究の推進、世界最先端の施設・設備の共用・支援体制の整備等、②工業分野においては研究開発の推進、産学官連携による研究協力・技術移転等、③医療分野においては放射線治療の普及、放射線診断による患者の被ばく線量の最適化等、④その他の分野においては放射線育種、農作物に被害を与える害虫の防除、資源・環境に関する技術、食品照射等に関する施策の基本的考え方を示している。

「関連分野における基本的考え方」では、「廃棄物の処理・処分」の分野では、①研究所等廃棄物の処分に関する取組等、「人材の育成・確保」の分野では、②放射線医療分野の専門家等の放射線利用に係る人材の育成・確保等、「国際的取組の推進」の分野では、③放射線利用に係る国際協力等に関する施策の基本的考え方を示している。

原子力委員会は、政策評価作業の一環として、定例会・臨時会において、原子力政策大綱に示しているこれらの基本的考え方を踏まえ、関係行政機関等⁴が実施している主な取組の状況について聴取した。その結果を以下に示す。

3. 1 関係行政機関等の取組状況

（１）「基本的考え方」に関する取組状況

①安全管理体制の整備に関する取組の現状

我が国では、事業者が安全かつ適切に放射線利用を進めることができるよう、国

¹ 原子力政策大綱、「3-2-1 基本的考え方」。

² 原子力政策大綱、「3-2-2 各分野における進め方」。

³ 原子力政策大綱、「2-3 放射性廃棄物の処理・処分」、「2-4 人材の育成・確保」、「5-2 国際協力」。

⁴ 原子力政策大綱は、各省庁における施策の企画・推進のための指針を示すとともに、原子力行政に関わりの深い地方公共団体や事業者、さらには原子力政策を進める上で相互理解が必要な国民各層に対する期待を示すものである。これを踏まえ、ここでは、関係行政機関等を、各省庁、地方公共団体、事業者（教育機関、公的な研究開発機関を含む）と定義する。

は法令やそれらに基づく規制等を整備している。事業者は、これらの法令や規制等に基づき、安全管理体制を整備し、この下で適切に放射線利用を行っている。また、関係行政機関や研究開発機関は、安全確保に資する研究開発、国際協力、人材育成等の活動や、放射線による災害が生じた場合に対応するための体制の整備を行っている。

我が国では、放射性同位元素等による国民の放射線障害を防止するために、「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（以下「放射線障害防止法」という。）」に基づき、放射線発生装置の使用者及び放射性同位元素の使用・販売・廃棄等の事業を行う者には、文部科学省に対して事業内容や放射性同位元素数量について許可または届出の申請を行うことが義務付けられている。また、文部科学省は、必要に応じて、施設の検査、定期検査・確認、立入検査等を行うことを通じて、放射線障害の防止及び公共の安全確保につとめている。また、同法に基づき整備しなければならない安全管理体制としては、放射線取扱主任者の選任、放射線障害予防規程の届出、管理区域に立ち入る者及び取扱等業務に従事する者に対する教育及び訓練、放射線業務従事者に対する健康診断の実施、線量の測定結果の記録等がある。

研究開発機関では、国内外における放射線安全のための規制等の考え方の根拠となる科学的知見を提供するための研究開発など、放射線の安全管理に資する研究開発が着実に行われている。独立行政法人放射線医学総合研究所（以下単に「放射線医学総合研究所」という。）では、環境放射線の計測、環境中に放出された放射性核種の挙動の分析、低線量放射線リスクに関する研究（自然放射線被ばく研究、放射線障害発生メカニズムに関する研究）等を通じて、規制の考え方の根拠となる科学的知見の提供に資する研究を行っている。

我が国の研究開発機関は、こうした放射線の安全管理活動の品質の維持・向上に資する研究開発活動を通じて、原子力安全委員会、原子力安全・保安院、放射線審議会等の放射線安全・規制に関連する国内機関はもとより、国際放射線防護委員会（ICRP）、原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）、国際原子力機関（IAEA）、世界保健機関（WHO）等の国際機関に対しても、科学的知見や新たな安全管理手法に関する知見を提供するなど大きな貢献を行っている。

また、我が国では、法令等⁵に基づき、放射線取扱主任者、作業環境測定士をはじめとする放射線安全管理のための国家資格制度が整備されており、関係機関において、資格取得のための試験や資格講習などが行われるなど、放射線の安全管理を支える人材の育成・確保が行われている。

⁵ 放射線取扱主任者は「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（昭和三十二年六月十日法律第百六十七号）」、作業環境測定士は「作業環境測定法（昭和五十年五月一日法律第二十八号）」に基づく資格。

万が一、災害が生じてしまった場合に備え、防災活動に対する訓練・教育、災害時の技術支援、緊急被ばく医療に関する研究や体制の整備等も行われている。

独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という。）は、災害対策基本法に基づき、原子力に関する緊急事態が発生した場合には、国や地方自治体などの要請に応じ、指定公共施設として各種の技術支援を行う機関として指定されている。同機構では、この役割を担うために原子力緊急時支援・研修センターを設置し、地方自治体、警察、消防、自衛隊等の関係者など原子力防災に携わる者を対象に実践的な研修・訓練を実施している。

放射線医学総合研究所では、緊急被ばく医療に関して、線量評価、障害低減化（体内除染）、治療技術に関する研究を行っている。

また、同研究所は、緊急被ばく医療に関する三次被ばく医療機関⁶に指定されており、被ばく事故発生時には初期・二次被ばく医療機関を支援するための専門家派遣を実施するとともに、初期・二次被ばく医療機関では対応が困難な場合には、被ばくした患者の受入を行うなど、緊急被ばく医療体制における中核的役割を担っている。さらに専門医療機関と緊急被ばく医療機関の協力のためのネットワークを構築し、緊急被ばく医療体制の強化を図るとともに、緊急被ばく医療に関わる人材の育成研修、地方自治体の実施する原子力防災訓練等への専門家派遣なども行っている。

②利用者・一般国民の理解促進のための活動

○潜在的な放射線利用者への技術情報の提供や効用・安全性に関する理解促進活動

潜在的な放射線利用者への技術情報の提供や、放射線利用の効用や安全性に関する理解の促進を行うために、関係機関において、講演会、セミナー、関連施設の見学会の開催、広報誌の頒布等の活動が積極的に行われている。

例えば、（財）放射線利用振興協会では、放射線利用について専門家が易しく紹介する技術誌「放射線と産業」を年4回刊行するとともに、同協会のホームページに放射線利用に関するデータベースを整備し、放射線利用に関する最新の技術情報を一般公開している。また、茨城県では、J-PARCをはじめとする中性子利用施設の産業利用により地域産業の活性化を図るために、精力的な地元企業訪問活動やセミナーの開催等を通じて、産業界に対して中性子利用の効用・安全性等について説明するなど、中性子利用に関する理解促進活動を行っている。

⁶ 緊急被ばく医療体制は、原子力施設内の医療施設や避難所のほか、汚染の有無にかかわらず初期診療や救急診療を実践する「初期被ばく医療機関」、専門的な診療を実践する「二次被ばく医療機関」、高度専門的な診療を実践する「三次被ばく医療機関」からなる。原子力施設近隣の医療機関を初期被ばく医療機関、地域の基幹病院を二次被ばく医療機関として指定。その上に、三次被ばく医療機関として、西日本地域に広島大学、東日本地域に放射線医学総合研究所を指定している。

○一般国民の放射線利用に対する理解促進のための活動

一般国民を対象とした放射線利用に関する普及・啓発事業も、関係機関において積極的に行われている。

放射線総合医学研究所、原子力機構等の放射線利用施設を有する機関では、放射線利用に関する研究開発活動等を紹介するホームページの公開やパンフレットの頒布、施設見学会の開催等を通じて、一般国民及び関係者の放射線利用に対する理解促進のための活動を行っている。

例えば、放射線医学総合研究所では、リスクコミュニケーション活動の一環として、年に2～3回の頻度で、一般国民向けに専門家との対話方式のダイアログ・セミナーを開催し、一般国民の関心が高いテーマを設定して意見交換を行っている。また、宇宙線や自然放射性物質による被ばく線量等について、インターネットを利用して一般国民向けに情報提供を行っている。

また、(社)日本原子力産業協会では、放射線及びその利用の概要と食品照射に関する情報を一冊にした普及啓発リーフレットを作成・配布する等の普及啓発活動を実施している。

○放射線利用に関する教育活動

平成20年3月に中学校学習指導要領の改訂が行われ、「放射線の性質と利用」が取り扱われることとなった。

(財)放射線利用振興協会では、文部科学省からの委託を受け、小、中、高等学校の教員を対象とした原子力・放射線の教育に関する研修事業を行っており、NPO法人放射線教育フォーラム等の関係団体とも協力しつつ、教員を対象として、学習指導要領に基づいた、原子力の現状や放射線の取扱等に関する指導方法の研修を行うとともに、先行して実践されている授業例の紹介等を行うなどの取組を行っている。

また、放射線総合医学研究所、原子力機構では、研究開発施設の周辺にある学校を対象とした出張授業等を行うなど学校教育への支援を行っている。茨城県では、スーパーサイエンスハイスクールにおいて放射線利用施設を使った体験学習の実績もある。

③産学官連携の推進

○放射線利用に関する研究成果の技術移転、産学官連携の推進

(財)放射線利用振興協会では、文部科学省からの委託を受け、平成18年度より、原子力発電施設等が立地する地域の企業等に対して原子力機構が有する研究炉 JRR-3 を用いて実施する中性子利用実験の計画立案や利用支援を行う「中性子利用技術移転推進プログラム」事業を実施している。平成18年から平成20年の3年間で、126研

究グループ（173 課題）の支援を実施し、このうち 47 研究グループ（40%弱）が事業終了後も独自に研究炉を利用している。この結果、JRR-3 における全産業利用課題数は約 3 倍に増加するなど成果をあげている。

原子力機構では、産学連携推進部を設置し、民間企業との共同研究等や、研究開発成果等の技術移転活動を積極的に進めている。放射線利用に関する研究開発を主として行っている同機構高崎量子応用研究所では、民間企業との共同研究等を積極的に行うとともに、地方自治体と共同で開催するシンポジウム等地域の産学官連携によるイベントを通じて、研究成果の報告や技術移転の取組の紹介などを行っている。このような活動を通じて、外傷や火傷などの治癒を促進するハイドロゲル創傷被覆材、植物の成長を促進する新規植物活力剤の開発など、放射線を利用した研究開発成果の実用化・商品化を行っている。

（社）日本原子力産業協会は、産学官の関係機関が問題意識を共有し、協力・協調して放射線利用に係る普及・啓発活動を行うための「量子放射線利用普及連絡協議会」を設置、相互の情報交流、連携・協力を行っている。

○重粒子線がん治療装置等に関する技術移転、産学官連携等

放射線医学総合研究所で研究開発された重粒子線がん治療装置に係る技術を用いて、群馬大学や佐賀県鳥栖市に小型化かつ低コスト化した普及型の重粒子線がん治療施設の実証機の建設が進められるなど、円滑にその技術移転が進められている。

群馬大学は、放射線医学総合研究所で開発された技術を活用して、平成 18 年から普及型重粒子線がん治療装置の第 1 号機の建設を行い、平成 22 年 3 月に治療を開始した。この際に、放射線医学総合研究所は、施設建設に際して必要となる技術的な支援とともに、治療に必要となる放射線治療医、医学物理士等の人材養成等の支援を行った。

佐賀県では、我が国で初めて、民間を事業主体とする重粒子線がん治療施設「九州国際重粒子線がん治療センター」（SAGA HIMAT）の建設プロジェクトが進められている（平成 25 年春に開院予定）。佐賀県のイニシアティブの下、地域経済界が中心となって資金調達を行い、地元大学が医療関係人材を育成・確保し、放射線医学総合研究所が専門家派遣、人材育成等の支援を行うなど、産学官の緊密な連携により、プロジェクトが着実に進行している。

これらの取組は、研究開発機関で開発された技術が、円滑に民間等へ移転された良好な事例であり、この際に、研究開発機関で研究開発に携わってきた人材が、技術移転段階において中核的人材となり重要な役割を果たしている。

④放射線利用技術の高度化に向けた国の支援策

文部科学省では、我が国の原子力研究の裾野をひろげ、効果的かつ効率的に基礎的・基盤的研究の充実を図るため、平成20年度より、公募事業「原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ」を実施している。本事業では、政策ニーズを踏まえた戦略的な3プログラムを設定し⁷、プログラムごとに適切なテーマを設定して研究の公募を行っている。プログラムの1つである「戦略的原子力共同研究プログラム」では、放射線に関するテーマとして、平成20年には「放射線による影響・リスク評価技術の高度化」、「放射線利用による医療技術の高度化」、「量子ビームを利用した新素材や加工・計測技術の開発」及び「放射線利用による食品安全への貢献」、平成21年には「環境放射線・被ばく線量の評価に係る安全研究」及び「量子ビームを利用したライフサイエンスへの貢献」のテーマを設定して公募を行い、研究開発を進めている。また、その他のプログラムにおいても放射線利用に関する課題が提案され、採択されている。

⑤科学・技術活動に貢献する先端的な施設・設備の整備

我が国が国際競争力のある科学・技術活動を継続して進めるためには最先端の施設・設備の整備が不可欠であり、独立行政法人理化学研究所（以下単に「理化学研究所」という。）、原子力機構、放射線医学総合研究所をはじめとする各研究開発機関において、科学・技術活動に貢献する世界最先端の施設・設備が整備されている。現在、このような施設として、大型放射光施設（SPring-8）、大強度陽子加速器施設（J-PARC）、RI ビームファクトリー（RIBF）、重粒子線がん治療施設（HIMAC）などが稼働している。また、これまでにない高輝度・高分解能のX線レーザーを発振するX線自由電子レーザー（XFEL）については、平成23年度中の供用開始を目指して施設の建設が進められている。

<大型放射光施設（SPring-8）>

世界最高性能の放射光を発生・利用することができる施設で、兵庫県播磨科学公園都市に設置され、平成9年10月に供用を開始した。主に物質の解析や材料の加工に用いられ、材料科学、地球科学、生命科学、環境科学、医学利用等の幅広い分野で利用されている。平成21年6月時点で、延べ利用者人数が10万人に達し、施設の産業利用も20%を推移するとともに、施設を利用した研究に関する論文が著名な学術誌に多く掲載されるなど一定の成果があがっている。

⁷ 「戦略的原子力共同研究プログラム」、「研究炉・ホットラボ等活用研究プログラム」、「若手原子力研究プログラム」

<X線自由電子レーザー（XFEL）>

高輝度、高空間分解能、高時間分解能のX線レーザーを発振する施設で、SPring-8に隣接する場所に、平成23年度中から供用開始を目指して整備が進められている。化学反応の超高速動態・変化の観察や、結晶化が難しい膜タンパク質の構造解析など、従来の放射光施設では観察できなかった現象、物質の計測・分析を可能とする。今後、ライフサイエンスやナノテクノロジーなど最先端の科学・技術分野、産業分野等での活用が期待される。

<大強度陽子加速器施設（J-PARC）>

世界最高レベルのビーム強度を有する陽子加速器施設であり、陽子ビームから得られる多彩な二次粒子（中性子、ミュオン、中間子、ニュートリノ等）を用いて、物質科学、生命科学、原子核・素粒子物理等の基礎科学分野での研究から産業応用までの幅広い利用が行われている。施設は、リニアック、3GeVシンクロトロン及び50GeVシンクロトロンを備えた加速器施設と、物質・生命科学実験施設（MLF）、原子核・素粒子実験施設、ニュートリノ実験施設等のビーム利用施設で構成されており、茨城県東海村の原子力機構原子力科学研究所に設置されている。MLFでは、3GeVシンクロトロンの陽子ビームから得られる中性子・ミュオンを用いて、物質、生命科学分野における研究や産業利用が行われている。原子核・素粒子実験施設、ニュートリノ実験施設では、50GeVシンクロトロンの陽子ビームから得られる二次粒子を利用した研究を行っている。平成21年度までにすべての施設が稼働開始しており、今後は陽子ビーム出力の向上を図る予定である。

<RIビームファクトリー（RIBF）>

水素からウランまでの全元素の同位元素を世界最大の強度でビームとして発生させるための施設であり、埼玉県和光市にある理化学研究所和光研究所に整備が進められている。RIビームを発生する「RIビーム発生系施設」と、RIビームの各種精密測定及び利用実験を行う「基幹実験設備」から構成される。「RIビーム発生系施設」は、平成18年度までに整備が完了し、ウランイオンの加速によるRIビーム生成に成功した。「基幹実験設備」は、平成19年度より順次、施設の整備を行っている。RIBFでは、新たなRIビームの解析・利用により、基礎科学（核図表の拡大、新たな原子核モデル構築、元素起源の解明等）から応用利用（炭素-9による新たな重粒子線がん治療、分子イメージング、イオンビーム育種、RI製造等）までの幅広い分野における成果が期待されている。

<重粒子線がん治療装置（HIMAC）>

優れた線量集中性や強い生物効果を有する重粒子線（炭素イオン線）による放射線がん治療の臨床研究を行うための装置で、放射線医学総合研究所に設置されている。平成 6 年より臨床試験を開始し、固形がんに対する重粒子線治療は平成 15 年より高度先進医療、平成 18 年に先進医療としての承認を受け、治療を行っている（平成 21 年度末までに 5000 人を超える治療実績がある）。

なお、この装置は治療が行われていない夜間は研究開発に供されており、これを用いて生物、物理、治療装置等に関する幅広い研究が行われている。

⑥地域産業による施設の有効活用の促進

茨城県は、サイエンスフロンティア 21 構想の下、J-PARC を核にした先端産業地域の形成に向け、県独自のビームライン⁸を整備するとともに、中性子の産業利用を推進するための産学官による連絡協議会や産学協同研究施設を設置するなど、産学官の連携を通じた取組を積極的に行っている。同県では随時の課題募集、秘密保持の規定等の整備、産業利用に適した申請システム等の取組を通じて産業利用の促進を図っており、県独自のビームラインを使用した研究課題については、平成 20 年度から平成 21 年度までの期間に約 100 件の課題を採択している。また、県立の産学協同研究施設「いばらき量子ビーム研究センター」を J-PARC の近くに設置し、産学官連携の拠点として活用している。

佐賀県では、国の支援を得つつ、地方自治体として初めて産業利用を主な目的とする放射光施設を設置し、平成 18 年より施設の供用を行っている。県有ビームライン 6 本と、大学、企業などの他機関のビームライン 3 本が設置され、県有ビームラインは、企業、大学、県の公設試等により利用されている。同施設では地域産業に資する利用として、放射光を利用した陶器の絵具・釉薬開発、緑茶の産地識別等の地域の特色を生かした研究が行われている。

（２）「各分野における進め方」に関する取組状況

①科学・技術・学術分野

○放射線を利用した基礎研究

原子力機構等の研究開発機関、大学等において、放射線を利用した最先端の基礎研究が積極的に進められている。

原子力機構及び大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構（以下単に「高エネルギー加速器研究機構」という。）は、茨城県東海村に設置した大強度陽子加速

⁸ 茨城県は、J-PARC に茨城県材料構造解析装置（iMATERIA）、茨城県生命物質構造解析装置（iBIX）のビームラインを設置

器施設（J-PARC）に、原子核・素粒子実験施設、ニュートリノ実験施設、物質生命科学実験施設などを設置し、世界最先端の研究を行っている。平成 22 年 2 月には、J-PARC のニュートリノ実験施設において人工的に発生させたニュートリノを、約 295km 離れた岐阜県飛騨市神岡町の検出器スーパーカミオカンデにおいて検出することに成功するなど研究成果を生み出している。

その他、原子力機構は、J-PARC、JRR-3 等から得られる中性子線や SPring-8 の放射光の利用により、高温超伝導、負の熱膨張の要因となる局所ナノ構造などの物質構造の解明に関する研究、宇宙進化機構の解明に資する強誘電性氷の研究、高強度レーザーを使った光速飛翔鏡やレーザープラズマによる新たな量子ビーム源開発に関する研究など広く基礎科学分野の発展に資する研究を行っている。また、原子力機構では、ポジトロン放出核種を用いたイメージング技術により動植物内における化学物質の動態を定量的に解析するなど、幅広く放射性同位元素を活用した基礎研究を行っている。

原子力機構、産業技術総合研究所等は、高エネルギー電子とレーザーを衝突させて発生する「レーザー・コンプトン散乱 γ 線」を用い、厚い遮蔽物に覆われた物体中の構成元素の同位体の位置、形状等を測定するための研究開発を行っている。この技術は、使用済燃料中のプルトニウムの直接測定、空港等における輸送物中に秘匿された核物質の検知等、原子力の平和利用を担保するための技術としての将来的な応用の可能性を持つ技術であり、我が国は、2010 年に開催された核セキュリティサミットにおいて、この分野における技術開発協力を我が国の協力活動の一つとして表明している。

理化学研究所では、RI ビームファクトリー（RIBF）を用いて、これまでに発見されていない放射性同位元素を発見し、その性質を調べる研究を行っており、核図表への新たな知見の反映、新たな原子核モデルの構築、元素起源の解明、新たな RI 利用技術の発展等に資する研究開発を行っている。この研究の中で、平成 16 年に超重元素 113 番元素の生成に世界で初めて成功し、国際純正・応用化学連合（IUPAC）に新元素命名権を申請した。これは、新元素として登録されるとアジア初の新元素発見となる。

大学等においては、リン-32、硫黄-35、カルシウム-45 などの汎用の放射性同位元素がトレーサ実験やイメージング等に利用されるなど、放射性同位元素が多様な分野の基礎研究に幅広く活用されている。

○共用・支援体制の整備等

（法律による先端研究施設の共用の促進）

SPring-8、J-PARC 等の大型先端研究施設については、多様な研究者の活用に供することにより、その価値を最大限に発揮することが望ましい。この観点から、「特定

先端大型研究施設の共用の促進に関する法律（以下「共用促進法」という）」に基づき、施設の設置者は、施設の建設・維持管理を行い、これを研究者等の共用に供するとともに必要な支援を行うこととしている。

SPring-8 では、理化学研究所が施設の維持・管理を行い、研究者等の共用に供するとともに、共用促進法に定められる「登録施設利用促進機関」に登録されている（財）高輝度光科学研究センターが利用者選定業務および利用支援業務を行っている。平成 22 年 5 月末現在、53 本のビームラインが整備されており、理化学研究所が整備した共用ビームライン、大学、研究開発機関及び企業自らが整備した専用のビームラインから構成されている。

J-PARC 中性子線施設においては、現在、原子力機構が施設の共用の業務を行っており、平成 23 年度中に共用促進法に基づく供用の開始に向け、共用ビームラインの整備等を進めているところである。

（国の事業による研究施設の共用の促進）

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・設備を幅広い分野において活用し、科学・技術活動全般の高度化を図ることを目的として、文部科学省は、利用ニーズがあり、更なる共用が見込める等の要件を満たす施設を所有する事業者を対象に補助金を交付する「先端研究施設共用促進事業」⁹を実施している。補助を受けた事業者は、外部の利用者に提供できる適切な利用時間を確保し、利用課題の募集・選定を行い、選定された利用者に対して、施設の利用を提供するとともに必要な技術的支援等を行うこととしている。

（研究開発機関による研究施設の共用の促進）

研究開発機関は、それぞれ独自に機関以外の者に施設の利用を供するための取組を進めている。

原子力機構では、上述した J-PARC や TIARA、JRR-3 のほか、原子力科学研究所の JRR-4、タンデム加速器、放射線標準施設、大洗研究開発センターの材料試験炉、高崎量子応用研究所の電子加速器、コバルト-60 照射施設、関西光科学研究所の光量子科学研究施設、放射光科学研究施設等について、施設供用の促進を行っている。

放射線医学総合研究所においては、重粒子線がん治療装置（HIMAC）を、治療に用いない夜間に生物・物理分野の研究、治療機器の研究開発等に供するとともに、放射性

⁹ 当該補助事業の対象となっている放射線利用施設は、京都大学のタンデムおよびシングルエンド加速器、筑波大学のタンデム加速器、大阪大学激光 XII 号レーザーシステム、高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の放射光科学研究施設（フォトンファクトリー）、原子力機構高崎量子応用研究所のイオン照射研究施設（TIARA）、原子力機構原子力科学研究所の JRR-3 等

同位元素の製造に用いている 3 台のサイクロトロン、PIXE 分析装置、ラドン・トロンばく露実験施設等の利用を外部利用者に供している。

②工業分野

○放射線を利用した研究開発

関係研究機関等において、放射光や中性子線による加工・測定技術、新規材料の開発・評価等が行われている。

原子力機構では、熱・放射線 2 段グラフト重合技術により燃料電池用の高耐久性電解質膜の開発を行うとともに、中性子ラジオグラフィによる燃料電池の機能解析、放射光による触媒機能の解明等の研究開発が行われている。また、中性子回折による残留応力解析技術が、産業界ニーズに対応するために開発され、研究炉 JRR-3 において提供されている。

（財）放射線利用振興協会は、原子力機構の研究炉において、パワーデバイス用のシリコン半導体へのリンのドーピング技術の開発を行っている。ドーピングは従来化学的な方法により行われていたが、中性子線照射ではより均一で性能の良い半導体を製造できることから、有効な方法として注目されている（世界において中性子線照射により製造されている半導体は 2004 年推計で年間 160 トン。我が国では JRR-3 を利用して 5 トン製造している。JMTR において再起動後に現状の 3 倍の量の生産をするための検討も行われている）。

○技術移転、産学官連携、民間による先端施設利用

円滑な技術移転、産学官連携の推進、民間による先端施設の利用等の連携・協働活動については、別項で紹介したように、原子力機構や茨城県等における取組事例がある。

○放射線・放射能標準技術

各種放射線の標準照射場、放射性同位元素の放射能標準を整備・維持することは、放射線や放射性物質の正確な測定や、放射線作業従事者の線量管理、放射線診断・治療の際の線量の管理、工業製品への正確な照射など、各分野において安全かつ適切に放射線利用を行う上で、極めて重要な取組である。

産業技術総合研究所では、X 線、 γ 線、 β 線、中性子線などの標準照射場を整備し、一次標準を維持するとともに、二次標準器の校正サービスを提供している。一次標準に関する取組としては、放射能絶対測定装置群を用いて 60 以上の核種の放射能標準の維持・供給を行ったり、放射線・放射能標準の供給と高度化に関する研究開発を行っている。また、近年重要度を増している診断・治療技術の高度化に寄与するた

め、I-125 シード線源やマンモグラフィ用の軟 X 線標準等の開発と整備を進めている。

原子力機構では、放射線標準施設を設置し、放射線測定器の校正及び特性試験を行うとともに、測定器や線量評価に関する研究開発を行っている。

③医療分野

○放射線、放射性同位元素を利用した研究開発

（放射線を利用した診断・治療技術の高度化）

放射線医学総合研究所では、1994 年に炭素線を用いた重粒子線がん治療の臨床研究を開始し、平成 21 年度末までに 5000 人を超える治療を行い、治療技術の研究開発を進めてきた。この結果、適応疾患の拡大、治療期間・回数の短縮化、呼吸同期照射などによる患部以外の被ばくの低減等が図られるなど治療技術の高度化が進められた。

また、同研究所の技術をもとに開発されたよりコンパクトでコストパフォーマンスに優れる重粒子線がん治療装置の普及機が、群馬大学に建設され、平成 22 年 3 月に治療を開始した。また、平成 25 年春の開院を目指して、計画が進められている佐賀県鳥栖市の「九州国際重粒子線がん治療センター」に同様の普及機が導入されることとなっており、この装置にはより高度なスキャンニングビーム技術が将来的に採用される予定である。

我が国では、1960 年代より、原子炉から得られる中性子を利用したホウ素中性子捕捉療法（BNCT）の臨床研究が行われ、2009 年 1 月までに 500 件を超える臨床治療が行われている。京都大学原子炉実験所の KUR、日本原子力研究開発機構の JRR-4 等の研究炉が照射場として利用されてきている。また、治療技術の高度化のため、BNCT 用のホウ素薬剤や加速器を用いた中性子源等に関する研究開発が行われている。

原子力機構では、医療用加速器の小型化に資するレーザー駆動の陽子線加速器の開発や、イオンマイクロビームを用いたマイクロ PIXE 分析による肺組織内のアスベストの検出法の開発を行っている。また、量子ビームを創薬に活かす研究として、中性子と放射光を相補的に使った生体高分子の構造解析による新規治療薬の研究など効果の高い薬剤の創出に資する研究を行っている。

（放射性同位元素を利用した診断・治療技術の高度化）

放射線医学総合研究所では、ポジトロン断層撮像法（PET）中心としたがんの診断、高比放射能のプローブ製造、イメージング計測技術、分子イメージング技術の開発等を行っている。また、亜鉛/銅-62 ジェネレータ、短寿命核種以外の中半減期核種である臭素-76 及びヨウ素-124、金属核種である銅-61・64 及び亜鉛-63 を用いた新規診断薬の研究開発を行っている。

原子力機構では、銅-64 など新規の診断・治療用放射性同位元素を用いたがん治療薬の開発、放射性同位元素の摂取による内部被ばく線量評価のデータベースの構築、量子ビームを使った創薬の研究等を行っている。

米国核医学会の MIRD (Medical Internal Radiation Dose) 委員会が開発した線量評価法 (MIRD 法) に基づく被ばく評価用核種データベースは、核医学診断等における被ばく線量推定の世界標準データベースとして世界中で利用されているが、平成 20 年の改訂版の作成にあたり、原子力機構は、DNA レベルでの線量計算にも対応できる詳細データの提供等により、これに貢献している。

○放射線治療の情報の共有（医療、教育の場）

（財）医用原子力技術研究振興財団では、原子力の技術を用いて行われる粒子線等によるがんを初めとする各種疾病の診断・治療に関して、国民や関係者への理解促進活動等を行っている。全国を対象とした講演会の実施や広報誌の発行を行っているほか、医学部大学生等が主催する、放射線医学への興味・関心を高めるための「放射線医療施設の見学ツアー」への支援・協力を行っている。

○関係団体と現場の医療関係者等との連携等による患者の被ばくの適正化・指針の策定等

（患者の被ばくの適正化・指針の策定）

我が国では、診断参考レベル（診断に最適な線量）は規制に取り入れられていないが、関連学会や技師会等が個別にガイドラインを作成している。なお、世界では、患者の線量の目安となる診断参考レベルを規制に取り入れている国もある。

WHO の Global Initiative は、昨年からは医療放射線防護の実践に向けて取組をはじめており、これに対応するため、我が国では、放射線医学総合研究所が中心となって、オールジャパンとして対応可能なハブ的母体としてのネットワークを立ち上げている。また、日本核医学会、放射線医学総合研究所、その他の研究機関が連携して、医学研究の被験者の放射線防護の考え方を取りまとめる研究活動も継続されている。

厚生労働省では、平成 19 年度より、厚生労働科学研究費補助金研究事業において、医療機関において患者の被ばく線量を簡便かつ安価に計測する手法の検討、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等を行い、診断参考レベルの導入に向けた調査研究を実施している。

（放射線治療の精度向上）

（財）医用原子力技術研究振興財団では、放射線治療機器の精度向上に資するため、全国の医療機関の放射線治療機器の線量計の校正、放射線治療機器の出力線量測定

を実施している。線量計の校正事業では、全国の放射線治療施設（721 施設）の 98.5% に相当する 710 施設の線量計校正を実施している。世界の先進国のほとんどが治療用出力線量の外部監査を実施している中で、かつて我が国は未実施の国であったが、2007 年 11 月より実施国として国際的に認められている。

○医療用アイソトープの安定供給

我が国は、核医学診断で利用件数が最も多い放射性医薬品（テクネチウム製剤）の原料である放射性同位元素モリブデン-99 の 100%を輸入に依存している。（世界のモリブデン-99 市場において、我が国の需要は世界需要の約 1 割を占める）。モリブデン-99 の 9 割以上は、世界にある数基の原子炉により製造されているが、一部の原子炉の故障等により、世界的なモリブデン-99 の供給不足が生じている。また、いずれの炉も老朽化しており、さらに深刻な事態が起き得ることが想定される（カナダの NRU が本年 7 月末、オランダの HFR が本年 8 月頃に再起動予定であること、南アフリカやオーストラリア等の炉では増産を予定していることなどを踏まえると、今後、短期的にはモリブデンの供給危機が緩和する方向にあると予測される）。

このような状況の中、これまで世界のモリブデン-99 の約 4 割（平成 20 年 7 月時点）を供給してきたカナダの要請を受け、経済協力開発機構原子力機関（OECD/NEA）は平成 21 年 1 月に、各国の原子炉運転者、放射性医薬品の製造・販売業者、行政関係者等が供給問題についての議論を行うためのワークショップを開催した。また、同年の 6 月、12 月に専門家会議を開催した。この会議には、文部科学省及び（社）日本アイソトープ協会が我が国の代表として参加している。この会議では、モリブデン-99 の製造を行っている原子炉が同時に停止することのないように国際的に連絡を取りつつ、より一層の連携を行っていくことの重要性や、供給構造の脆弱性の解消に向けた検討の必要性、国の保健機関等のより強い関与の必要性などが指摘された。

平成21年12月に行われたアジア原子力協力フォーラム（FNCA）大臣級会合においても、この課題が討議され、決議において、「既存の研究炉及び計画中的の新設研究炉の効率的活用によるアイソトープ（モリブデン-99を含む）の製造・供給に関するネットワークを含めた連携協力の可能性を検討する。」との旨、言及されている。また、平成22年3月に行われた同コーディネータ会合では、研究炉ワークショップ（平成22年7月中国で開催予定）において、これらの問題について具体的に協議し、アジア・オセアニア地域のアイソトープ供給のためのロードマップ作りを今後行っていくことが合意された。

放射性医薬品を供給する製薬企業では、医療機関等の理解を得ながら、厚生労働省等の関係省庁や、（社）日本アイソトープ協会と連携・協力し、代替検査方法の有無を勘案して、当該放射性医薬品を用いた検査以外の代替検査法が見当たらない検査

については供給を確保する努力を行っている。また、医療現場では、代替検査法があるものについては代替検査を実施するなどの対応を行っている。また、製薬企業では、調達ルートが多様化による安定的調達を図るとともに、国内では、病院に供給するジェネレータの数を制限し、製薬企業で集中的にモリブデン-99 からテクネチウム製剤を製造・頒布することにより効率的にモリブデン-99 を使用する等の対応を行っている。これらの対応により、当該放射性医薬品を用いた検査の約 80%が確保されるなど、医療現場への影響の軽減が図られている。。なお、近隣アジア諸国との供給ネットワークの構築を行うべく、放射性同位元素の供給に携わる日中韓の関係者間での検討・議論も行われている。

原子力機構では、平成 23 年度より再起動予定の材料試験炉（JMTR）を使って、現在主流の高濃縮ウランの核分裂反応による製造方法に代替する方法として、天然もしくは濃縮モリブデン-98 の放射化法によりモリブデン-99 を製造するための研究開発を進めている。この方法は、現在主流の高濃縮ウランの核分裂反応による製造方法に代替する方法であり、核不拡散上の懸念のある高濃縮ウランを使用しないこと、生じる放射性廃棄物の量が少なく、低コストで製造できること等のメリットがある。一方で、比放射能（モリブデンの同位体全体に占める放射性同位元素モリブデン-99 の割合・濃度）が低いことなど、既存の放射性医薬品と同等のものが製造可能かどうかといった技術的課題などがある。現在、この課題を克服するため、アジア原子力協力フォーラム（FNCA）のテクネチウム-99m ジェネレータプロジェクトで開発された PZC（Poly Zirconium Compound）吸着材を用いて、テクネチウムを効率的に抽出し、製剤を集中的に製造して病院に頒布することが検討されている。現在、原子力機構が、インドネシアと共同で、実用化に向けて PZC の耐放射線性等の性能試験を行っている。

なお、JMTR 等の国内の研究炉でモリブデン-99 を製造する場合、新たに製造施設を整備する必要があり、費用確保に関する課題がある。

④その他の分野

＜農業＞

○放射線育種等

独立行政法人農業生物資源研究所の放射線育種場では、放射線育種技術の開発や品種改良、突然変異のメカニズムを明らかにする研究、外部機関等からの依頼照射等を実施している。2008 年現在、我が国で生み出された突然変異直接利用品種 242 種のうち、放射線育種場で品種改良を行ったものが 100 種を占めるなど大きな成果を出している。菊やバラなどの花卉類、耐病性のナシ、リンゴ等の果実類、腎臓病患者のためのタンパク質の含有量が低いコメなど、多数の品種改良を行い、国民生活

に大きな便益を与えている。近年は、韓国、マレーシア、ベトナム等のアジア諸国の γ 線を用いた放射線育種への期待が大きく、50年近い実績を有する我が国の技術協力への期待が高まっている。

原子力機構では、イオンビームを用いた育種技術による新種のキクなどの花卉やNOx高吸収化オオイタビ等の新品種開発が行われている。

その他に、原子力機構では、ポジトロンイメージング技術を利用した植物機能の定量的解析、カニの殻などの海産資源の放射線加工による農作物の活力剤の製造等の農業に関する研究開発が行われている。

○不妊虫放飼法による害虫の防除

沖縄県及び鹿児島県の奄美群島等には、サツマイモ等の農作物に重大な被害を与えるイモゾウムシ及びアリモドキゾウムシが生息している。現在は、これら害虫の未発生地域へのまん延防止のため、寄主となる植物の移動の禁止または制限の措置がとられている。

農林水産省では、これらの害虫の発生地における農業生産振興及び未発生地域へのまん延を防止のため、放射線を用いた不妊虫放飼法による害虫の防除が行われている。

また、既にこの方法によって平成5年に根絶が達成されたウリミバエについても、不妊虫放飼法による再侵入防止事業を継続している。

<資源・環境>

○放射線を利用した研究開発

放射線照射による有害物質の分解・除去技術の開発、有害物質除去あるいは資源捕集のための材料の開発、ハイブリットカーの電池の材料の開発など、関係研究機関において放射線を利用した環境・資源問題の解決に資する技術開発等の取組が行われている。

原子力機構において、ダイオキシン等の環境汚染物質を電子ビームにより分解・除去する浄化プロセスの開発、電子線を利用した高性能の燃料電池膜に関する技術の開発等が行われている。また、希少金属あるいは有害金属を選択的に吸着できる分子を基材に結合させるグラフト重合技術の開発も行われており、この技術は、汚染物質の除去による環境浄化、海水中からのウラン捕集などの有用資源回収など、資源・環境分野における多様な利用が期待されている。

なお、原子炉において中性子照射により製造されている電力損失の少ない高性能シリコン半導体部品は、ハイブリットカー等の性能向上に貢献している。

＜食品照射＞

国際食品規格委員会（コーデックス委員会）は 10kGy 以下の照射食品の一般規格（コーデックス規格）を 1983 年に採択した。同規格には、最高吸収線量は、正当な技術目的を達成するのに必要な場合を除き、10kGy を超えるべきではないこと、一部の場合を除いて食品類に再照射してはならないこと等が記載されている。

我が国では、平成 18 年 9 月に原子力委員会食品照射専門部会の報告書が取りまとめられ、同 10 月に原子力委員会にて同報告書の考え方を尊重すべきものとする決定を行った。同決定では、関係省庁において、「食品安全行政の観点からの食品照射に関する検討・評価」、「検知技術の実用化」、「食品照射に関する社会的受容性の向上」等の取組が進められることが必要であるとしている。

平成 18 年 12 月、厚生労働省薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会において、食品安全行政の観点から食品への放射線照射について検討することが了承され、これを受けて、科学的知見の収集及び消費者の意見等について外部機関に調査を委託して調査が実施された。平成 22 年 5 月 18 日薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食品規格部会では、この調査結果が報告され、今後の方針として、不足しているとされるアルキルシクロブタノン類に関する科学的知見の収集及び消費者の理解に関するさらなる取組を関係者に要請することとされたところである。

なお、食品安全委員会では、平成 21 年度より食品健康影響評価技術研究において、「アルキルシクロブタノン類を指標とした照射食品の安全性解析」を実施している。

また、食品の吸収線量が 0.10 グレイ以下及びジャガイモに発芽防止の目的で照射する場合を除き、食品の製造工程又は加工工程における照射は認められておらず、食品等の輸入時には、照射食品はその旨を届け出ることとされている。

厚生労働省では、平成 19 年 7 月より、熱ルミネセンス（TL）法による輸入香辛料に関する食品照射の検査を開始し、その後も、検知法の開発にあわせて、検査品目を拡大している。また、農林水産省は、委託事業として、事業者が自主管理等で利用できる簡易分析法の開発を行っている。

（３）「関連分野における基本的考え方」に関する取組状況

①研究施設等廃棄物の処分に関する取組の状況

研究施設等から発生する低レベル放射性廃棄物（研究施設等廃棄物）は、研究機関、大学、医療機関、民間事業者等の多様な事業所において発生している。その量は、平成 21 年 3 月現在において、200 リットルドラム缶換算で累積約 56 万本であり（うち、約 35 万本は原子力機構）、この処理・処分が課題となっている。

これまで原子力機構では、自らが発生した廃棄物については施設内で保管してきた。また、原子力機構以外で発生する研究施設等廃棄物のうち、RI 廃棄物について

は、（社）日本アイソトープ協会が集荷し、これを同協会が所有する貯蔵施設に貯蔵している。（将来的に処理施設において RI 廃棄物を、処分に適する性状に処理する予定）

このような背景を踏まえ、平成 20 年 6 月に「独立行政法人日本原子力研究開発機構法」が改正され、処分に関する技術的知見を有し、我が国において最も多くの研究施設等廃棄物を発生している原子力機構が処分業務を実施することとなった。原子力機構は、国が定める基本方針に即して埋設処分業務の実施計画を作成し、平成 21 年 11 月にこの計画の認可を受けており、今後は、この計画に沿って、埋設施設の概念設計、立地基準・手順の作成など合理的処分に向けた取組を、（社）日本アイソトープ協会等の関係機関と協力しつつ進めていくこととしている。

②放射線利用に係る人材育成・確保の現状

放射線利用に関わる人材の育成・確保に関する取組としては、資格制度の整備や研修等の事業などが行われている。

我が国では、法令等に基づき放射線取扱主任者をはじめとする国家資格制度が整備されており、（社）日本アイソトープ協会や原子力機構等の関係機関において、資格取得のための講習が行われている。放射線医学総合研究所では、医療分野や放射線防護分野の人材の育成が行われており、放射線を取扱う医師、看護師、医学物理士、放射線安全管理に携わる実務者等の養成が行われている。

また、平成 16 年度に、技術士制度に原子力・放射線部門が新設され、試験及び登録が行われており、平成 21 年度末の二次試験合格者数は 343 名となっている。

（財）医用原子力技術研究振興財団では、文部科学省の委託事業として、「粒子線がん治療に係る人材育成プログラム」を実施しており、粒子線がん治療に従事する放射線腫瘍医、診療放射線技師、医学物理士等の中核的人材を平成 19 年より 5 年間で 40 名程度育成することを目指し、既存の粒子線がん治療施設等と協働で事業を行っている。また、同財団では、医学物理士の海外研修支援事業を行っており、毎年 3 名の医学物理士を海外の先進的な放射線診療施設に派遣し、2 週間の研修を行っている。

③放射線利用に係る国際協力

○開発途上国との協力

原子力分野におけるアジア地域協力を効果的かつ効率的に推進するために、我が国が中心となって、1990 年に「アジア地域原子力協力国際会議」を創設し、1999 年からは「アジア原子力協力フォーラム」を創設して加盟各国間の協力を推進している。毎年、閣僚級会合を開催するとともに、特定テーマに関する協力を進めるための実

務者レベル会合を開催し、研究炉利用、ラジオアイソトープ・放射線の農業利用、医学利用、原子力広報、放射線安全・廃棄物管理、原子力安全文化、人材養成、工業利用の各分野におけるプロジェクトの実施を通して、協力を行っている。

途上国のニーズに合ったテーマを設定し、社会・経済効果のある成果を目指して協力を行っており、放射線利用分野に関しては、特に貧困の撲滅に資する農業・食糧分野及び医療分野を中心に協力を進めている。これまでに、カニの殻などの海産資源を放射線加工して製造する成長促進剤の開発、放射線育種による干ばつに強いソルガムやダイズ、耐虫性のラン、及び耐病性バナナの開発、子宮頸ガンの放射線治療プロトコルの作成、PET 診断技術の訓練及び診断のための画像・解説集（アトラス）の作成など、途上国のニーズに対応した分野において著しい成果が得られている。加えて、現在開発段階の放射化法によるモリブデン-99 製造における枢要技術として注目されている高性能吸着剤 PZC の開発など、互恵的な協力体制が築かれている。

国際原子力機関（IAEA）では、アジア地域の開発途上国を対象とした、原子力科学・技術に関する研究開発等を、締約国間の相互協力及び IAEA の協力により行うことを目的として、「原子力科学技術に関する研究、開発及び訓練のための地域協力協定」（RCA）が締結され、国際協力が進められている。現在、アジア諸国、オーストラリア及びニュージーランドなど 17 カ国が締約国となっており、農業、健康、工業、環境、エネルギー・研究炉・廃棄物管理、放射線防護、一般の 7 分野で合計 30 のプロジェクトが行われている。我が国では、放射線医学総合研究所、群馬大学医学部、原子力機構等がこのプロジェクトに参加している。

○先進国との協力

放射線医学総合研究所は、米国、ロシア、韓国、欧州など、12 カ国 1 地域 22 大学・研究所及び IAEA と 25 件の協定、覚書を結んでおり、医学、粒子線がん治療、放射線防護、緊急被ばく医療等の研究協力を行っている。原子力機構は、米国、中国、韓国、欧州等と、放射光、加速器、中性子源・利用、RI 応用等の分野での研究協力を行っている。

○国際機関の活動への参加・協力

原子力機構、放射線医学総合研究所等の研究開発機関は、国際原子力機関（IAEA）、経済協力開発機構原子力機関（OECD/NEA）、世界保健機構（WHO）、国際放射線防護委員会（ICRP）、原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）等への情報提供、専門家派遣等を通じて、国際機関の活動への参加・協力を行っている。また、放射線医学総合研究所は、国際原子力機関（IAEA）の協働センターとして、低線量放射線影響研究、重粒子線治療研究及び分子イメージング研究を推進している。

3. 2 関係行政機関等の取組に対する評価

関係行政機関等においては、原子力政策大綱に示す基本的考え方を踏まえて取組が着実に進められており、以下に示すように、これらの取組が、科学・技術・学術の進歩、産業の振興、社会の福祉、国民生活の水準の向上等に貢献していると評価できる。

(1) 「基本的考え方」に関する取組状況

(基本的考え方(分野横断事項))

事業者・研究開発機関等が安全かつ適切に放射線利用を進めることができるよう、国は放射線障害防止法をはじめとする法令等を整備し、事業者は、これらに基づき安全管理体制を整備し、適切に放射線利用を進めている。また、一部の研究開発機関では、放射線安全にかかる研究開発を進め、放射線安全・規制関連の機関に対して規制の考え方の根拠となる科学的知見の提供等を行うなど放射線安全に貢献している。

利用者・一般国民の理解促進のための活動については、関係事業者等は、放射線利用技術の理解・普及促進のためのシンポジウムの開催等積極的に活動を行っている。また、平成 20 年の学習指導要領の改訂に伴い、中学校教育の中で「放射線の性質と利用」を新たに扱うこととなり、国民の放射線利用に対する科学的知見に基づく正しい理解にも貢献することが期待される。

産学官連携活動に関しては、放射線医学総合研究所の重粒子がん治療技術等の普及等をはじめとして、産学官連携活動を通じて研究開発成果が積極的に技術移転され、社会に大きな便益を与えている。

放射線利用技術の高度化のために、研究開発機関において研究が進められているほか、国の支援事業として、基礎的・基盤的研究の充実を図るための公募事業等も着実に進められている。

科学・技術活動等に貢献する先端的な施設・設備である Spring-8 や J-PARC 等が整備され、一般利用に供する取組も精力的に進められている。

また、地方自治体では、地域産業によるこれらの先端的な施設の有効活用を促進するための技術情報等の提供や利用の支援等の取組が行われている。

(2) 「各分野における進め方」に関する取組状況

(科学・技術・学術分野)

J-PARC や Spring-8、XFEL など世界最先端の科学・技術・学術や産業の発展に貢献する最先端の施設・設備の整備・共用が進められている。また、最先端の施設・設備を利用した世界最先端の研究開発が着実に進められており、ナノテク・材料、ライフサイエンス、環境・エネルギー、情報通信等の幅広い分野の発展に貢献して

いる。

（工業分野）

放射線を活用した燃料電池用の新素材の開発や新たな解析技術の開発など多くのイノベーションが創出され、これらが円滑に技術移転されることにより、国民生活に大きな便益を与えるとともに、我が国の経済成長に貢献している。

（医療分野）

重粒子線治療技術など放射線を利用した診断・治療技術の高度化・普及に向けた取組が行われ、高いQOLの維持を可能とする放射線を利用した医療技術が広く活用され、多くの国民の福祉に貢献している。

（その他の分野）

＜農業＞

放射線育種技術により、耐病性の果樹など高付加価値の多くの品種が生み出されており、生産の効率化や食の安全の確保等に貢献している。また、不妊虫放飼法による特殊病害虫根絶事業が着実に行われている。

＜資源・環境＞

中性子線照射によるハイブリッドカーの高性能化に資する電力損失の少ない高性能シリコン半導体素子の製造のように低炭素社会に貢献する技術や、電子線照射による排ガス浄化技術、有用金属捕集材の開発等、今後の資源・環境問題の解決に貢献し得る技術開発が行われている。

＜食品照射＞

原子力委員会食品照射専門部会の報告書に対する原子力委員会の決定を受けて、厚生労働省において食品安全行政の観点から食品照射についての調査審議が行われている。また、食品安全委員会においても、食品に含まれる脂質への放射線照射によって生成するアルキルシクロブタノン類を指標とした照射食品の安全性解析に関する研究が実施されている。

（3）「関連分野における基本的考え方」に関する取組状況

（研究施設等廃棄物の状況）

研究施設等廃棄物の処理・処分が課題となっていることを踏まえ、平成 20 年 6 月に「独立行政法人日本原子力研究開発機構法」が改正され、原子力機構が処分業務を実施することとなった。原子力機構では、国が定める基本方針に即して作成した実施計画に沿って処分業務に係る取組を進めている。

（放射線利用に係る人材育成の現状）

放射線取扱主任者をはじめとする放射線利用に係る人材の国家資格制度の整備や、関係機関における研修が行なわれている。また、放射線医学総合研究所において、放射線を取扱う医師、看護師、医学物理士等の養成が行われている。

（放射線利用に係る国際協力について）

原子力分野におけるアジア地域協力を進めるため、我が国が中心となって創設した「アジア原子力協力フォーラム」の協力枠組みにおいて、農業・食糧分野及び医療分野における放射線利用に係る発展途上国への協力が進められている。国際原子力機関（IAEA）においても、「原子力科学技術に関する研究、開発及び訓練のための地域協力協定」が締結され、アジア地域の開発途上国を対象とした協力が進められている。

このように関係行政機関等において取組が着実に行われている一方で、財政状況が厳しい中で施設・設備の維持が困難になっていること、一部のアイソトープの供給が不足していること等、一部の分野において課題等が指摘されており、関係行政機関等が、これらを解決するために適切な対応を行うことが必要である。これらについては次章以降で述べる。

第4章 放射線利用を進める上での課題等、解決に向けた方策等

原子力委員会では、定例会・臨時会において、関係行政機関等より主な取組状況について聴取し、または有識者のご意見をお伺いした。この中で、一部の分野において課題やさらなる取組の必要性等が指摘され、課題を解決するための方策や今後放射線利用を一層進めるために必要となる取組等について調査審議を行なった。ここでは、これらの課題等と解決に向けた方策等について紹介する。

（１）放射線利用に係る施設・設備の整備と共用の促進

①施設・設備の整備・維持・改廃

国の財政状況が厳しくなる中、大学や研究開発機関等では運営費交付金等の削減により、施設の維持/管理/運営が困難な状況にあることが関係者より指摘されている。さらに、施設・設備の中には整備されてから相当の年月が経過し、老朽化が進んでいるものが多いが、改修または代わりの新たな施設を建設することが困難であることも関係者より指摘されている。

大学や研究開発機関等が運営する多額の予算を必要とする大型の先端的・基盤的な研究開発施設については、限られた資源の中で効果的・効率的に研究開発を進める観点から、可能な場合には複数の機関において共同で運用または利活用すること等の検討が重要であると考ええる。

また、大学や研究開発機関等における小・中規模の施設・設備については、放射線利用研究の裾野の拡大や利便性の観点から、ユーザが広く身近に利用できるように整備することが重要である。一方で、運営のための資源節約を進める観点では、可能な場合には複数の機関が共同で運営または利活用していくこと等、施設・設備の状況に応じた運営のあり方を検討することも重要である。これらの複数の機関での共同運営等による、施設・整備を身近に利用できる便益の低下と、資源節約が可能になることとのトレードオフの関係を考慮しつつ、施設・設備を効果的かつ効率的に運用することが重要である。

関係行政機関、研究開発機関、大学等の関係者は、緊密に連携して、これらの施設・設備の共同での運営・利活用等をはじめとして、効果的かつ効率的な施設・設備の維持/管理/運営のあり方についての検討を進めていくことが重要である。また、この際に、多様な考え方や知見を持つ人材が交流することにより、新たなイノベーションが創出されることが期待される。

また、この検討を進める際には、これらの施設・設備の産業利用がグローバルに戦うための先端的製品の創出に資すること、サイエンスインフラの整備は、広く人材育成や国際貢献にも資することに留意すべきである。

②ユーザにとって使いやすい施設・設備の整備、利用制度・支援体制の構築及び利用促進のための活動

我が国では、共用促進法や、文部科学省の「先端研究施設共用促進事業」等の施設・設備の共用促進を目的とする取組により、研究開発機関等が有する施設・設備の共用のための体制の整備や支援等が行なわれている。

研究開発機関では、施設・設備を産業界等のユーザが利用し易い環境とするための独自の取組として、利用者に対する支援スタッフの充実、随時・緊急の利用課題受付枠の設定、秘密保持システムの構築、メールインサービスなどの取組も行われている。また、産業界と利用施設のインターフェース機能を担い、実験計画の立案や実験実施の支援などを行う機関の取組も紹介された。

先端的な研究開発施設・設備の利用は、一般の産業界にとって馴染みが少なく、利用を行うにあたっての敷居が高い場合も少なくないため、利用のサポートをする取組が重要である。

放射線利用施設・設備の産業利用の拡大を図るため、各関係機関において、常に利用者の視点に立ち、ユーザの利便性の高い環境を構築するための取組が引き続き行われること及びそのために国が必要な支援を行うことを期待する。

また、利用経験のないユーザによる施設・設備の利用を促すトライアルユース制度を導入して、潜在的ユーザを掘り起こした結果、施設の利用実績が増加した例も報告されている。今後も関係機関において、このような潜在的ユーザの掘り起こしのためのトライアルユース等の取組を継続・強化するとともに、このような取組に対して国が必要な支援を行っていくことが重要である。

③先端研究施設に関する国民理解の促進

国の財政が厳しくなる中、多額の国費を投入して大型の先端研究開発施設を整備・維持していくに当たって、国民の理解を得ることの必要性・重要性がさらに高まってきている。このため、施設の運営・利用に携わる関係者は、施設の意義、役割、必要性、施設利用によって得られる成果等について、可能な限り、国民に説明することに努めるなど、国民の理解を得るための取組の一層の充実を図ることが重要である。

（２）産学官連携の推進

①先端研究開発施設における産学官連携

共用促進法及び「先端研究施設共用促進事業」による施設の共用の促進、トライアルユース制度などの国の支援の下、産業界が大学や研究開発機関等と連携し、先端施

設を利用して研究開発を進めている事例や、技術移転が行なわれている事例が報告された。産学官連携を国全体として支援する観点から、先端研究施設の共用等を通じた産学官連携の取組を今後も着実にこなうことを期待する。

また、地方自治体の取組として、研究面や情報面での産学官の交流・連携を図るため、先端研究施設の周辺に、大学、研究開発機関、地域産業界が同居する交流施設を設置している事例も報告された。地方自治体において、先端研究施設や交流施設を産学官の交流・連携の場として、研究協力や技術移転を推進していくことは地域産業振興に資するものであり、今後も地方自治体においてこのような取組を展開していくことを期待する。

②放射線医療分野における産学官連携

佐賀県では、県内の肝臓がん死亡率や九州域内のがん死亡率が全国平均よりも高いことを背景に、民間初となる重粒子線がん治療施設（九州国際重粒子線がん治療センター）の建設が、平成 25 年春の開設を目指して進められている。県のイニシアティブの下、地域経済界を中心となって開設資金を調達し、地域の大学が人材育成等の協力を行うとともに、重粒子線がん治療の研究開発を進めてきた放射線医学総合研究所が人材面での協力を行なうなど、産学官連携が良好に進められている先進的な事例といえる。

このように、地方公共団体のイニシアティブの下、地域社会のニーズを真に踏まえて、産学官が緊密に連携し、産学官のリソースを結集して、これらを有効に活用しつつ、放射線利用に関する先端施設等の整備・活用等を通じて、効果的かつ効率的にプロジェクトを進めることは、地域の持続可能な成長に大きく貢献すると考えられる。今後、各地域において、放射線利用施設を核にするなどして、このような地域の持続可能な成長に大きく貢献し、地域の特色を生かした産学官連携プロジェクトが展開されることを期待する。この際に、国や関係行政機関等による技術移転や人材育成等の適切な支援が必要に応じて行われることも期待する。

③研究開発の円滑な実用化のための関係機関、関係省庁等の連携

文部科学省等の省庁が推進する基礎的な研究開発や同省庁が所管する独立行政法人における研究開発の成果の実用化を、他の省庁あるいは他の独立行政法人が担当する場合に、関係省庁間での連携の不足により円滑な技術移転が難しくなることがあるという事例が指摘されている。このような研究開発段階から実用化段階への過渡期において、円滑に研究開発成果が技術移転されるためには、関係省庁・関係機関の相互の連携が行われることが重要である。特に、医療分野においては、臨床応用を目指して放射線医薬品、放射線治療に関する研究開発が進められており、研究開発段階から

臨床段階への円滑な移行のために関係者の連携が重要である。

④研究成果等の技術情報の積極的な提供

研究開発機関の研究成果は、広く工業等の分野での利用に供されることが望ましい。そのため、研究開発機関等は、これまで研究成果を広く公開するとともに、適宜、産業界への技術移転等の取組を行ってきた。今後も、研究開発機関は、成果情報のデータベース等を整備・公開し、必要に応じて更新することにより、常に新しい研究成果情報を提供して研究成果の普及・展開を図るとともに、ユーザの掘り起こし等を行っていくことが重要である。

（３）放射線源の供給のあり方

我が国は、核医学診断で利用件数が最も多い放射性医薬品（テクネチウム製剤）の原料である放射性同位元素モリブデン-99の100%を輸入に依存している。この放射性同位元素の9割以上は、世界にある数基の原子炉により製造されているが、一部の原子炉の故障等により、世界的なモリブデン-99の供給不足の危機が生じている。また、いずれの炉も老朽化していることから、今後、さらに深刻な事態が起き得ることが想定される。

また、海外の炉の故障以外の事象により供給危機が生じるおそれもある。2010年4月にアイスランドの火山噴火があり、火山灰が拡散したため、欧州各国において飛行禁止措置がとられた。我が国ではこの時点でモリブデン-99の多くを、オランダやドイツ経由で南アフリカから輸入していたため、予定していた当該放射性医薬品を用いた核医学診断の延期が生じる等の影響が生じた。

現在の世界的な供給不足を踏まえて、一部の国では、生産の増強、既設炉による新規製造の開始、生産炉の新規建設などの取組が実施・検討されている。これらの動きを踏まえつつ、多様な供給先を確保する取組が行われることも重要である。

一方で、モリブデン-99の半減期は66時間程度、テクネチウム-99mの半減期は6時間程度と短く、世界の生産地から我が国に輸送する際に放射能が減衰することを踏まえれば、国内需要の一部を自国で生産することの可能性についても検討の余地がある。

モリブデン-99の生産方法には、世界各国で既に商用ベースで導入されている核分裂法¹⁰と、我が国において導入の検討を行っている研究開発段階の放射化法¹¹がある。いずれかの方法により、我が国においてモリブデン-99の生産を行う場合、事業化の観点では以下のような課題がある。

¹⁰ 高濃縮ウランまたは低濃縮ウランを原子炉で照射し、核分裂物質からモリブデン-99を取り出す方法

¹¹ 天然のモリブデンまたは濃縮したモリブデン-98を原子炉で照射し、モリブデン-99を製造する方法

核分裂法の場合、海外から輸入するモリブデン-99と同様の品質のものを製造できるため、モリブデン-99からテクネチウム-99mを抽出するプロセスにおいて放射性医薬品会社は既存のインフラを使用できるという利点がある。他方で、我が国では、ウランを調達し、原子炉での照射を行い、核分裂法によりモリブデン-99を供給した経験を有する事業者はいない。また、原料である濃縮ウランの確保と、製造に伴い発生する廃棄物の処理等に関する問題が発生する。

放射化法については、現在研究開発段階であること、得られるモリブデン-99の比放射能が核分裂法と比べて低いこと、新たな製造工程の追加等のインフラ整備が必要となること、新たな製造方法であるため薬事承認が必要となること等の課題がある。

以上のような課題に加え、核分裂法、放射化法のいずれの場合でも、研究炉内の照射設備、照射後のモリブデンの精製のための新たな施設の整備とそのための経費が必要となる。

このような状況を考えると、当面は、供給不足が生じた際に関係機関が連携協力して調整・対応を行なうべきであると考えるが、中長期的には、原料調達手段の多様化等の既存の供給ネットワークの強化、近隣アジア諸国との供給ネットワークの構築、国産の可能性の検討などについて検討することが重要である。

現在、国のモリブデン-99の供給に関する国際的な会議への参加、研究開発機関における放射化法に関する研究開発、国内における放射性医薬品の供給調整等の対応等が行われているが、国が一体となって中長期的な対応を検討する場はない。

今般の政策評価において、この課題については、民間企業の収益に関連することであり国の関与としては限定的とならざるを得ないのではないかという指摘とともに、国民の健康福祉という観点で緊急の対応を要する重要かつ喫緊の課題であり、関係行政機関が連携し、国としての一体的な対応を検討すべきとの意見が多くあった。

このような意見を踏まえ、モリブデン-99の安定供給を喫緊の課題と捉え、関係行政機関が、産業界、医療関係者、研究開発機関等とともに、モリブデン-99の安定供給のための対応を早急に検討することが必要であると考える。

（４）安全の確保と合理的な規制

海外と比較して放射線利用が進んでいないと見受けられ、その原因の一つとして、規制が問題となっている可能性がある事例が事業者、有識者等から指摘された。

規制当局は、海外の状況等を踏まえ、規制のさらなる合理化が必要であると認められる場合には、安全確保を大前提として、最新の科学的知見にもとづき、関係機関と緊密に連携して十分な議論を行いつつ適切な対応を行うことが期待される。

指摘のあった事例の中には、規制当局として、規制の見直しを行い、既に合理化を

図っている例も見られた。これらの取組が今後も継続的に行われることを期待する。

また、事業者等においても、規制のさらなる合理化が必要であると考えられる場合には、規制当局に対して具体的に規制のどの部分を改善すべきかを、具体的な根拠となるデータとともに示すことが期待される。

<指摘された事例>

<放射性医薬品の審査>

海外で使用されている診断や治療に用いられている放射性医薬品が我が国では使用されていないことが多く、審査に必要な臨床試験に関連する規制が負担であるとの指摘があった。臨床試験については、薬事法、医療法及び放射線障害防止法に基づき実施され、治験薬の輸送も薬事法と放射線障害防止法に基づいて行われるため、複雑な規制のために実施できる施設が少ないとの指摘があった。

薬事審査については、厚生労働省において、新医薬品の承認審査の迅速化や放射性医薬品の審査の合理化のための取組が行われているなど改善が図られているところである。現在、放射性医薬品は、科学的に正当な理由が示される場合には、製造販売承認申請資料のうち、薬理作用等に関する一部の資料の添付を省略できるなどの措置が取られている。また、診断用放射性医薬品の特性を考慮した標準的な評価方法を示すための臨床評価ガイドラインを現在作成中である。

<放射性廃棄物の処理・処分について>

RI 廃棄物は、一部の特殊な例を除き、その半減期を考慮した規制となっていないこと、一般の産業利用による廃棄物や医療利用による廃棄物など異なる事業から発生した廃棄物の処分には、法規制の区分に応じた施設が要求されることとなっていること等が課題として指摘されている。

これに関しては、文部科学省において、RI 廃棄物の中には、物理的には一定期間の保管により、自然界の放射性物質と同程度の数量・濃度となり得るものや、人の健康への影響が無視できるものもあることから、その処理・処分のあり方を合理的なものとするべく、平成 22 年 5 月にクリアランス制度の導入等を盛り込んだ放射線障害防止法の法改正がなされた。

<放射性同位元素の運搬に関して>

「放射性同位元素等の運搬の届出等に関する内閣府令」（最終改正：平成一七年五月三〇日内閣府令第七〇号）により、B 型輸送物を陸上輸送する場合には、輸送業者は都道府県公安委員会に対して、当該輸送を一つの公安委員会の管轄する区域においてのみ行う場合には運搬開始の日の一週間前までに、その他の場合には運搬開始

の日の二週間前までに輸送の届出をしなければならないとしている。

放射性医薬品のテクネチウム製剤の原料であるモリブデン-99 は、半減期が短いため、製造直後に空路での輸送を行っている。しかし、世界的なモリブデン-99 の供給不足の中、需給状況は刻々と変化しており、生産地から空輸する輸送物の詳細が判明するのは空輸を行う直前とならざるを得ない。一方で、この府令により、都道府県をまたがる輸送では2週間、1つの都道府県内の輸送では1週間前に届出を行うことを要求されており、関係者より円滑な輸送に係る懸念が指摘されている。

これに関しては、各都道府県警察において、上記期限までに届出が行われていれば、その後に輸送物の変更等の事情が生じて、速やかにその旨の届出を受けることにより対応するといった柔軟な運用が図られている。

＜放射性同位元素内用療法を行う病室に関する規制＞

甲状腺がんの治療に適用されているヨウ素-131 の内用療法では、多くの場合3.7GBq以上を患者に経口投与し、500MBq以下になるまでRI治療病室に收容することとなっている。この治療病室は、医療法施行規則に基づく放射線管理が要求される。具体的には、治療に伴い患者の呼気や尿等に放出されるヨウ素-131を同規則で定める濃度限度以内に抑制することが義務付けられており、このための専用の排気・排水設備等を整備しなければならない。近年の財政状況が厳しい中で、大学病院等においてこれらの費用負担の大きい施設・設備を維持・管理することは困難となっており、国内のRI治療病室は減少傾向にある。そのため、国内で治療できない人が海外に渡航する等の事例が報告されている。これに関しては、関係者より運用の改善や同規則の規制緩和、適切な予算措置等を求める指摘があった。

平成22年度診療報酬改定に際し、放射線治療病室管理加算や放射性同位元素内用療法管理料が引き上げられており、RI治療病室の維持管理の負担が軽減されつつある。

また、500MBq以上のヨウ素-131を投与する治療として、甲状腺がんに対する全甲状腺切除後に、1110MBqのヨウ素-131を投与することで、再発リスクを低減する治療が欧米で行われている。我が国では放射線治療病室が不足しているため普及が進んでいないが、現在、厚生労働省と日本核医学会において、1110MBqのヨウ素-131を外来で投薬を行った後、患者や患者の家族に十分な説明と指導を行うことにより外来治療できるよう制度を整えつつあり、今後、この件について、通知により指針を示す予定である。

（５）放射線利用に対する理解促進のあり方

放射線利用技術には、技術的優位性、固有の特長を有している一方で、その利用が進みにくい側面もある。この原因として、放射線に関する効用と安全性についての国民の理解促進のための活動に時間を要すること等を理由に、事業者等が放射線の利用をためらう傾向にあること等が指摘されている。

例えば、食品照射のように、放射線利用技術が活用できる分野において、活用が十分進められていない事例もあり、社会への技術情報の提供や理解活動の一層の必要性が指摘されている。また、中性子ビームの産業利用についても利用者の増加などの一定の成果が得られてきているものの、潜在的な利用者である産業界の理解が不十分であり、効用や安全性に関する理解の不足を解消するための活動の一層の充実の必要性が指摘されている。

このような課題に対して、関係行政機関等は、適切な安全管理の下で、放射線利用が身近なところで行われており、その便益が日常生活を豊かにするために多大な貢献をしているという効用や安全確保の考え方等について説明しつつ、さらに理解促進のための取組を行うことが重要である。

また、中学校学習指導要領の改訂により、「放射線の性質と利用」に関する内容についても取り扱うことになり、学校教育を通して、国民の放射線利用への理解を促進していくことが期待される。これらの教育が効果的かつ着実に実施されるよう、教員の研修、副教材の作成、出前授業等を含めて、原子力関係者のさらなる協力・支援、地方公共団体等の関与を期待する。その際には、放射線利用により社会に便益が与えられていることのみならず、放射線に関する科学的知見も理解されるよう配慮することが期待される。

（６）人材育成・確保のあり方

○専門人材の育成・確保

放射線医学総合研究所、原子力機構等の研究開発機関において、法人の予算及び人員の減少に伴う専門人材の不足、一部の分野では、研究開発や施設運営に関わる人材の高齢化による後継人材の不足が課題となっている。この他、特に、放射線医療分野の人材、先端的な施設の産業利用を支援する人材等の不足が指摘されている。

（放射線医療人材）

我が国には700台を超える放射線治療装置があるが、治療計画作成や線量評価などの業務に従事する医学物理士認定者は約460名（2009年11月）で、多くの施設では医学物理士の資格を有する診療放射線技師が兼任するなど、専任で放射線治療の品質管理業務に従事する医学物理士が少ないことが指摘されている。これを解決する方法

として、広く理工系人材を医学物理士として活用していくことなどが提案され、一部の機関で実施されている。しかし、課題として、医学物理士が国家資格化されておらず（現在は学会認定）、経済的な事情により病院側での雇用が困難であることや医学物理士の品質管理業務に対する理解が不足していることが指摘されている。なお、医療機器の技術に関する知見のある医学物理士が、メーカーと医療現場の架け橋となり、医療機器の技術の高度化に資する役割を果たすことも期待される。

また、高度な専門性が要求される粒子線がん治療に従事する医学物理士については、育成できる機関が限られており、その育成・確保が容易ではない。関係機関が連携・協力して、粒子線がん治療施設の建設計画とあわせて、計画的に人材を育成・確保することが重要である。

（先端施設の利用支援人材）

先端施設の共用をさらに進めていくためには、利用者への利用支援の充実が必要であり、このための人材の育成、確保が課題として指摘されている。

このため、施設の共用を供する機関において、施設の共用を機関のミッションとして位置づけ、かつ、職員の利用支援業務を職務として確立することが重要である。また、高度な研究に資する利用支援を行う場合には、研究者が利用支援業務を行うこともあり得ることから、研究者の利用支援業務についても業務として適切に評価するなどの柔軟な仕組みを構築することも重要である。

（７）放射線利用に係る国際協力

○開発途上国協力

農業・食糧分野、医療分野及び工業分野における放射線利用は途上国の貧困削減、福祉、生活水準の向上に直接役立ち、これらに関する知見を有している我が国の貢献が特に期待されている。

放射線利用に関する国際協力は、内閣府及び文部科学省による「アジア原子力協力フォーラム」（FNCA）、IAEAによる「アジア原子力地域協定」（RCA）の枠組みの中で実施されている。両者については、協力の対象となる国や協力内容などで共通するところもあるため、関係者が密接に連携し、両枠組みの取組のうち連携・協力できるものについては一体的に運用するなど、効果的かつ効率的に取組を進めることを期待する。また、協力国の産業界と研究実施主体との出会いの場の提供等を通じて、研究成果等の技術移転が円滑かつ効果的になされることを期待する。

我が国では、様々な研究人材交流制度等において研究開発に携わる途上国の人材の育成を行っている。しかし、このような制度を通じて育成された途上国の人材の中には、帰国した後に、研究に必要な施設・設備・機器等（研究資材）の不足のため、

十分に研究が行えない者もいることが課題として指摘されている。また、研究資材があってもそれを維持していくことが困難な場合もあり得る。このような状況を改善するためには、例えば、途上国援助スキーム等の中で研究資材供与に携わる関係者と連携して一体的な支援を行うことが期待される。

○国際機関の活動への協力

国際原子力機関（IAEA）をはじめとする国際機関の活動への我が国の人的貢献の不足が課題として指摘されている。例えば、IAEA の技術協力局（Department of Technical Cooperation）では、途上国への技術支援を行っているが、この部署の職員及び当該技術支援のために派遣される専門家に占める日本人の数が極めて少ないことなどが指摘されている。

関係機関において、国際機関の活動への協力・貢献の重要性が認識され、国際機関の活動に貢献する人材の育成・確保が推進されることを期待する。

（８）基礎的・基盤的な研究開発

○産業を支える基礎、基盤的研究開発

放射線利用の経済規模は大きいですが、放射線はプロセスの一部に利用されていることが多く、かつ、多様な形態で利用が行われているため、特定の産業利用分野に限ると産業規模は比較的小さく、その分野における産業のみでは研究開発に十分な投資を行っていくことは必ずしも容易ではない。

このため、研究開発機関において、引き続き革新的な放射線利用技術等の研究開発が推進され、これらの成果の実用化を図っていくための取組が進められることを期待する。また、長期的な展望に基づき、国として推進すべき放射線利用に係る基礎的・基盤的な研究開発について検討を行うことも重要である。また、その際には、当該研究開発に対して、定常的に一定の支援がなされるべきか、また、競争的環境下で支援が行われるべきかも含め、国としての支援のあり方について検討することが重要である。

○共通基盤技術等の確保

平成 21 年に、米国エネルギー省及び商務省の指示により、米国で開発された放射線拳動解析コードが配布制限となった。我が国では放射線拳動解析は、米国製のコードに依存して行なっていたため、国内におけるこれらのコードを利用した研究開発、施設の設計・許認可等に影響が生じた。現在、コードの配布制限が解除されているが、今後、このような事態により、研究開発、施設の設計・許認可等の活動に影響が生じることのないようにするための何らかの措置が必要であると考えられる。このため、

関連する分野において広く利用される基盤的な技術で、知的財産上の制約が生じる
得る可能性のある技術については、その国産化等を含めて、使用できなくなるリス
クを排除するための検討を行い、適切な対応を行っていくことが必要である。

研究炉の中性子を用いたシリコン・ドーピング法により、パワーデバイス用のシリ
コン半導体の製造を行っており、我が国ではその生産量はおよそ年間100tにおよぶ。
しかし、国内の研究炉を使った生産量は数%に過ぎず、生産量の大半は海外の研究炉
での製造に依存している状況にある。アイソトープの供給についても同様の懸念が示
されている。これらを踏まえ、産業、医療等の分野において、我が国として安定的に
確保すべきものがあると考えられるものについては、これらを生産するために必要と
なるインフラの確保についての検討が関係者において行われることを期待する。

第5章 結論

第3章に示したように、原子力政策大綱に示す放射線利用に関する取組の基本的考え方を尊重して、関係行政機関等において取組が着実に進められており、これらの取組が、科学・技術・学術の進歩、産業の振興、社会の福祉、国民生活の水準の向上等に貢献していると評価できる。これを踏まえると原子力政策大綱に示された放射線利用に関する取組の基本的考え方は、引き続き尊重されるべきと考える。一方で、第4章に示したように、一部の分野において課題等が見られ、関係行政機関等においてこれらを解決するための適切な対応が必要である。

原子力委員会は、関係行政機関に対して、引き続き原子力政策大綱に示す基本的考え方を尊重して取組を進めることを求めるとともに、本報告書の第4章に示した課題と解決方策等を踏まえ、以下の点に留意して、今後、取組を一層充実することを求める。また、地方公共団体や事業者等においても、以下の点に留意して、放射線利用の一層の促進に向けた取組を進められることを期待する。

○放射線利用に係る施設・設備の整備と共同利活用の推進

関係行政機関、研究開発機関、大学等の関係者は、緊密に連携して、施設・設備の共同での運営・利活用等の効果的かつ効率的な施設・設備の維持/管理/運営のあり方についての検討を進めていくことが重要である。

産業界等の利用に供する施設・設備を所有する関係機関は、利用の拡大を図るため、トライアルユース制度等を活用したユーザの掘り起こし、ユーザの利便性の高い環境の構築等の取組を行うことが重要である。また、その際、国が必要に応じて適切な支援を行うことを期待する。

多額の国費を投入して大型の先端研究開発施設を整備・維持するに当たっては、施設の整備・維持に携わる関係者は、その意義、役割、必要性等について、可能な限り、国民に説明することに努めるなど、国民の理解を得るための取組の一層の充実を図ることが重要である。

○地域の特色を生かした産学官連携の推進

地域における多様なニーズを踏まえ、地域の持続可能な成長に資するプロジェクトを推進する上で、放射線利用は有効な手段となり得る。地方公共団体において、産学官が緊密に連携し、それぞれの資金面や人材面でのリソースを結集し、例えば、放射線利用施設を核にするなどして、地域の特色を生かしたプロジェクトを展開することを期待する。この際、必要に応じて国や研究開発機関による技術移転や人材育成等の支援が行われることも期待する。

○放射線源の供給のあり方

モリブデン-99 の安定供給のために、関係行政機関が、産業界、医療関係者、研究開発機関等の関係機関と緊密に連携・協力しつつ、国としての対応について早急に検討を進めていくことが必要である。

○安全の確保と合理的な規制について

規制当局は、海外の状況等を踏まえ、規制のさらなる合理化が必要であると認められる場合には、安全確保を大前提として、関係行政機関等と緊密に連携して十分な議論を行いつつ適切な対応を行うことが期待される。

○人材育成・確保

不足が指摘されている医学物理士の育成・確保を図るため、関係機関が連携・協力し、計画的に人材育成に取り組むことが期待される。また、研究開発機関において、先端研究施設の共用を進めていく上で必要となる利用支援業務を行なう人材の育成・確保を図るため、これらの人材の業務が適切に評価される仕組みの構築等の検討が期待される。

○国民の理解促進について

関係行政機関等は、放射線利用に関する国民の理解促進を図るため、放射線利用の効用や安全確保の考え方等についても丁寧に説明をすべきである。

中学校学習指導要領の改訂において「放射線の性質と利用」に関する内容が盛り込まれたことを踏まえ、学校教育の中での放射線に関するリテラシーが養われ、放射線利用に対する国民の理解が促進されることを期待する。教育現場においてこれらの教育が効果的かつ着実に実施されるよう、教員の研修や副教材の作成、出前授業等、原子力関係者のさらなる協力・支援、及び地方自治体の関与が期待される。

○国際協力

「アジア原子力協力フォーラム」、「アジア原子力地域協定」の枠組みの中で行なわれている放射線利用に関する国際協力について、関係者間の連携等を通じて、一体的かつ効率的な協力がなされることを期待する。また、協力国の産業界と研究実施主体との出会いの場の提供等を通じて、研究成果等の技術移転が効果的になされることを期待する。また、関係機関において、国際機関への協力・貢献の重要性が認識され、国際機関での活動に貢献する人材の育成・確保が推進されることを期待する。

○基礎・基盤的な研究開発のあり方について

今後、国として推進すべき放射線利用に係る基礎的・基盤的な研究開発及び推進方策、国として確保していくべき共通基盤的技術・インフラ及びそれらの整備のあり方について、関係行政機関等が連携して、検討を行うことが重要である。