

第5節 国民生活に貢献する放射線利用

放射線は、取り扱い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し、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、国民に放射線や放射線利用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。

旧科学技術庁においては、日本における放射線利用の広がりを調べるために、1999年度に、1997年時点での放射線利用の経済規模の調査を行った。その結果、放射線利用の年間経済規模は工業利用分野で7兆3千億円、農業利用分野で1千200億円、医学・医療分野で1兆2千億円であり、合わせて8兆6千億円になると推計された。また、同調査においては、原子力発電等のエネルギー利用の年間経済規模の推計も行い、7兆3千億円という結果が得られ、このことから放射線利用がエネルギー利用とならば原子力利用の主要な分野であると報告している。

1

国民生活への貢献

今後、少子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。

(1) 医療分野

放射線が医療に応用されるようになって100年以上が経過した昨今、放射線診療は、患者の身体的負担の少ない診療を実現する手段の1つとして確固たる地位を確立している。

放射線は人体等の物質を透過する性質を持つので、これを利用して古くから人体内部を観察し、病気の診断を行うために使われてきた。写真フィルムを用いた古典的な画像診断

はもちろん、人体を透過した放射線の計測データをコンピュータ処理して画像を作るX線CTなども広く普及している。また、放射性同位元素を含んだ薬剤を投与し、その薬剤の人体内の動態や分布を画像化する技術（シンチグラフィやSPECT、PETなど）も実用化されており、形態のみならず、人体の機能を画像化することも可能となっている。最近では、人体組織の機能や形態を高い空間分解能で画像化する、新しい技術による放射線診断技術の開発も進んでおり、ごく初期のがん病巣の発見、人体機能異常の解明、新しい治療薬の開発への貢献等につながることが期待されている。

放射線は、その細胞殺傷能力を利用してがん等の治療にも応用されている。がんは我が国における死亡原因の第1位を占め、その克服は国民の悲願でもある。放射性ラジウムをがん組織に埋め込んで治療する方法は古くから行われており、最近では放射性イリジウムによるより良質な治療も普及してきた。また、放射性コバルトから放出されるγ線や、放射線発生装置で作られるX線を体外から照射する方法も広く用いられ、外科手術に比べて患者の身体的負担が少ない治療法としてがん治療の一翼を担っている。最近では、陽子線や重粒子線などの粒子放射線によるがん治療の研究開発も進んでいる。特に重粒子線は体内での線量集中性及び生物効果においてがん治療に適した放射線であり、独立行政法人放射線医学総合研究所では1994年6月より重粒子線がん治療の臨床試験を開始し、頭頸部、肺、肝臓、前立腺、骨・軟部等の腫瘍を中心に現在までに1,500例を超える経験を蓄積してきた。その結果から、治療効果が十分期待できる疾患が明らかになりつつあり、本治療法については2002年4月に高度先進医療の承認申請¹²を行った。今後は、重粒子線がん治療の普及をめざすこととしている。

放射線の医療への応用にあたり、より少ない被ばく量での診断、より少ない副作用での治療をめざすための研究も広範に行われており、放射線の国民医療への貢献を推進している。

（２）農業分野

農業分野では、品種改良、害虫防除、食品照射などの分野において放射線が利用されている。

植物の品種改良では、γ線などを直接照射することによって130種を超える新品種が作り出されている。その中には、台風でも倒れにくいイネ、黒斑病に強いナシ（ゴールド20世紀）、冬でも枯れない高麗芝などがある。ゴールド20世紀は、農薬散布を大幅に減らせるため、健康面でも経済面でも大きな効果を生み出している。また、冬に枯れないが病害虫に弱い西洋芝に比べ、高麗芝は病害虫には強いが冬に枯れてしまうという欠点を持っていたが、γ線を利用することにより、その欠点は改良された。このように農薬使用量の少ない植物は、環境保全などに役立っている。

害虫防除では、不妊虫放飼法*によって沖縄県と奄美群島に生息するウリミバエを根絶する事業が1972年から行われてきたが、1993年までにこれらの地域からの根絶が達成された。その結果、ウリミバエが寄生する果菜類の移動規制が解除され、県外等への出荷ができるようになった。

12 承認申請：本治療法については、高度先進医療として認められることとなった。（2003年11月）

食品への放射線照射については、食品や農畜産物に 線や電子線などの電離放射線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。特に収穫後の腐敗、害虫などによる食品の損耗にとって食品照射は重要な役割を果たし得ることから、1993年 I A E A 総会において「開発途上国における食品照射の実用化促進」決議案が採択され、世界では2003年4月現在、52ヶ国で農作物の損耗防止や食品衛生等のため食品照射が法的に許可されている。また、香辛料の放射線殺菌や鶏肉、魚介類など食中毒菌の放射線滅菌が欧米諸国で実用化されている。一方、オゾン層破壊原因物質の臭化メチル代替技術としても食品照射技術の活用が期待されている。

我が国では、1974年から北海道士幌町でジャガイモの発芽防止のための照射が行われている。

また、1996年に全国的な食中毒の発生を引き起こした病原性大腸菌O-157に対して、放射線で効率的に殺菌できることが、日本原子力研究所において確認されている。

なお、全日本スパイス協会は、2000年12月に、旧厚生省に対し、香辛料の放射線殺菌・殺虫処理の許可申請を行っている。

不妊虫放飼法：

人工的に飼育した害虫の雄のさなぎに適量の放射線を照射すると、それから羽化した成虫は正常な雌成虫と交尾することはできるが、受精させることはできなくなる。このような雄の成虫を自然界の害虫集団に継続的に大量に放飼すると、雌が受精能力のある雄と交尾する機会が少なくなり、受精卵を生む割合が減っていくので、ついに害虫集団は絶滅する。これを不妊虫放飼法という。応用対象としては、ウリミバエのほか、I A E A がタンザニアで計画しているツエツエバエがある。

図2-5-1 ウリミバエの不妊化



(出典：日本原子力研究所のホームページ)

図2-5-2 ジャガイモへの照射



(出典：日本原子力研究所のホームページ)

表2-5-1 食品照射許可国と品目

国名	照射食品名													
	豆類	鶏肉	魚(含む冷凍)	にんにく	肉類	玉ねぎ	パイアヤ	じゃがいも	米	えび(含む冷凍)	スパイス	いちご	乾燥野菜	小麦
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

出典：JAIFデータ集 (<http://www.jaif.or.jp/>) (2003年4月現在)

(3) 工業分野

放射線の透過性を利用して、製紙業界などにおける厚さ、密度、水分含有量の精密な測定や鉄鋼、航空機業界などにおける非破壊検査に広く利用されている。2002年3月現在、厚さ計が454事業所で2,709台、レベル計が177事業所で1,231台、非破壊検査装置が129事業所で1,019台である。

一方、放射線との相互作用を利用して、材料に放射線を照射し、強度、耐熱性、耐磨耗性の向上などを図る材料の改質が行われている。

また、放射線による医療用具の滅菌は、化学殺菌のように残留有害物がないことなどから、注射針、注射筒、縫合糸など100種以上のものに実施されている。

(4) 環境保全分野

排煙、排水の処理など環境保全のためにも放射線が利用されている。酸性雨の原因になる排煙中の窒素酸化物や硫黄酸化物などは、電子線で排煙を照射することで除去できる。そのとき排煙にアンモニアを加えておくと、硝安や硫安などの肥料に変えることができる。日本原子力研究所が、1993年度までの3年間、中部電力(株)新名古屋火力発電所構内で実施した石炭燃焼排煙処理のパイロット試験で、従来法に比べて設備コストや運転コスト及び敷地面積の少なさにおいて優れていることがわかっている。この排煙処理技術は国内を始め、東欧や中国などにおいて応用が進められている。また、電子線がゴミ燃焼排煙中ダイオキシンの分解に有効であることも明らかにされ、実用化への検討が進められている。

(5) 基礎研究分野

ライフサイエンス分野では、DNA塩基配列の決定、蛋白質などの構造解明や合成、物質代謝、免疫応答など高度な分析が必要な研究において放射性同位元素(RI)が利用されている。その他、植物に対する施肥効果、家畜の代謝の研究などにも利用されている。また、サケやマスの回遊状況を調べたり、植物の微量元素の吸収を調べるのには、放射化分析が利用されている。今後は、植物体内への複数元素の移行や分布の同時計測にマルチトレーサー*を利用することが期待されている。

一方、試料に含まれるRIの崩壊状況を測定することにより、その年代を知ることができるため、考古学の分野でも利用されている。また、植物体内の光合成産物やアミノ酸の移行を動的に観察するために陽電子放出核種を利用したPET技術の応用が進んでいる。

マルチトレーサー：

物質の中にRIを混合し、その放射線を測定器で追跡して、その物質の動向を調べることをトレーサー法と言い、これに用いられるRIをトレーサー(追跡子)という。加速器を利用すると、同時に複数のRIを生成し、溶液の中に取り出すことができる。これをマルチトレーサーという。マルチトレーサーを用いれば、多数の元素の挙動を同じ条件の下で同時に追跡することができる。

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。

原子力関連施設の事故や医療被ばくなど、放射線利用の増加に伴う放射線被ばくの影響について、国民が大きな不安と関心を持つところとなった。今後、低線量域での放射線の影響を解明すると同時に、原子力エネルギー利用や放射線の医学利用のみならず、宇宙空間を含めたすべての放射線環境からの放射線被ばくに伴う健康リスクの大きさを把握し、それを左右する要因を明らかにすることで、より適切な放射線防護基準を策定し、安全な放射線利用を進めるとともに、国民に対し、放射線被ばくによる人体影響及びリスクに対する正確な理解を促す必要がある。

原子力関連施設の事故等の災害に対しては、万が一の事態に備え、諸外国を含め、治療等の対応技術に関する情報交換、研究協力及び人的交流等を行い、外部の高度専門医療機関も交えた上で緊急時の被ばく医療のため、より効果的なネットワークを形成し、緊急時の医療体制・支援体制を確立しなければならない。

放射線医学総合研究所は緊急被ばく医療体制の中核機関として、政府から与えられた役割を適切に果たすため、原子力安全委員会における緊急被ばく医療体制に関する検討結果等を踏まえ、緊急時の医療体制・支援体制の確立をめざすとともに、放射線の生体影響に関する広範な研究や高線量被ばくの生体影響の検証を通じ、その放射線障害発生のメカニズムについて研究し、急性放射線障害に対する新しい治療法の実験レベルでの確立や、効果的な体内除染剤の投与法や放射線障害低減化剤等の開発の基礎となる物質の同定等の研究開発を行っている。

3

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。

(1) 放射性同位元素及び放射線発生装置の利用状況

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（放射線障害防止法）に基づく放射性同位元素（R I）または放射線発生装置の使用事業所は、2002年3月末現在、4,789事業所に達している。これを機関別に見ると、民間企業1,925、研究機関677、医療機関797、教育機関492、そのほかの機関898である。

また、密封放射性同位元素の使用事業所数は3,993である。コバルト60はレベル計に、ニッケル63はガスクロマトグラフ装置に、クリプトン85は厚さ計に、ストロンチウム90はたばこ量目制御装置に、セシウム137はレベル計、密度計等に、イリジウム192は非破壊検査装置に、アメリカシウム241は厚さ計、密度計などに主に使用されている。医療機関においては、コバルト60、ラジウム226などが密封小線源として利用されているほか、コバルト60及びセシウム137が遠隔照射治療装置の線源として利用されている。

放射線障害防止法に定める放射線発生装置は、2002年3月末現在、1,168台に達している。放射線発生装置の70.2%は医療機関に設置され、がん治療などに利用されている。また、28.7%が教育機関、研究機関、民間企業などに設置され、様々な研究開発に利用されている。

なお、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などに多数設置され、幅広く利用されている。

(2) 関係機関における取組

文部科学省においては、地方の研究開発機関等の放射線利用に関わる人材育成の観点から、電源開発促進対策特別会計の委託事業を通じて、放射線利用技術に関するセミナーの開催、専門家の派遣、技術研修を実施している。

日本原子力研究所高崎研究所においては、大型照射施設や各種の加速器により、宇宙、核融合炉等の先端材料、機能材料の開発、バイオ技術、環境保全技術の開発など、放射線利用に関する研究開発を進めている。

社団法人日本アイソトープ協会においては、研究用、産業用、医療用の各種放射性同位元素の安定供給に努めるとともに、廃棄物の集荷・処理事業などを行い、放射性同位元素に関する供給から廃棄物処理までの一貫した体制を通して、放射性同位元素の利用者の負担の軽減を図り、放射性同位元素の利用の促進に寄与している。

財団法人放射線利用振興協会においては、放射線利用に関する普及啓発活動、日本原子

力研究所の施設を利用した種々の試験照射等を実施している。

表2-5-2 おもな非密封アイソトープの供給量の推移（2002年3月末現在）

（単位：MBq）

核種 \ 年度	1997	1998	1999	2000	2001
¹⁴ C	440,600	351,134	247,069	338,516	388,553
²² Na	426	333	556	348	442
³² P	1,116,621	1,043,032	906,671	785,449	689,457
³³ P	24,150	32,821	33,194	41,214	43,005
³⁵ S	387,841	353,450	353,196	309,022	302,653
⁴⁵ Ca	10,066	7,285	6,142	5,291	6,858
⁴⁶ Sc	96	56	19	21	-
⁵¹ Cr	139,530	144,960	138,715	125,774	112,596
⁵⁴ Mn	176	648	370	307	122
⁵⁵ Fe	740	977	633	222	1,077
⁵⁷ Co	761	971	1,138	1,018	430
⁵⁹ Fe	13,971	13,306	13,168	12,964	12,455
⁶⁰ Co	691	469	390	136	124
⁶³ Ni	370,189	629,078	593,000	185,563	725,776
⁶⁴ Cu	148	111	37	259	37
⁶⁵ Zn	352	267	308	493	208
⁶⁷ Ga	814	888	592	666	666
⁶⁸ Ge	1,595	2,017	2,146	1,591	1,850
⁷⁵ Se	337	343	542	376	189
⁸⁵ Kr	149,188	163,280	174,265	152,831	190,919
⁸⁵ Sr	544	677	569	474	191
⁸⁶ Rb	1,036	1,739	2,414	2,812	5,032
^{95m} Tc	74	86	40	-	-
⁹⁹ Mo	131,350	77,922	108,228	120,363	216,820
^{99m} Tc	30,192	17,423	52,403	24,901	27,779
⁹⁹ Tc	761	37	1,112	4	2
¹⁰³ Ru	185	259	154	111	189
¹⁰⁹ Cd	327	1,111	185	593	48
¹¹¹ In	2,479	2,146	1,961	2,335	3,700
¹¹³ Sn	171	102	74	93	23
¹²³ I	222	444	1,443	444	5,772
¹²⁵ I	674,624	640,692	613,342	577,111	314,476
¹³¹ I	39,977	41,530	72,287	60,395	71,893
¹³³ Xe	960	560	2,800	2,800	4,050
¹³⁷ Cs	870	549	1,545	1,693	915
¹⁴¹ Ce	148	204	130	130	148
¹⁴⁷ Pm	3,700	2,590	3,142	2,220	2,960
²⁰¹ Tl	703	1,628	1,480	1,221	999
²⁰³ Hg	222	78	37	37	-
²⁰⁴ Tl	185	-	185	-	370

注）100MBq以下の核種については省略した。

（出典：放射線利用統計 2002年）

表2-5-3 発生装置の使用許可台数（2002年3月末現在）

機 関 装置の種類	総 数	医療機関	教育機関	研究機関	民間企業	その他の 機 関
	（ 構成比 ）					
総数（構成比％）	1,168 （ 100 ）	820 （ 70.2 ）	62 （ 5.3 ）	139 （ 11.9 ）	134 （ 11.5 ）	13 （ 1.1 ）
サイクロトロン	71（ 6.1 ）	37	-	15	18	1
シンクロトロン	28（ 2.4 ）	2	3	18	5	-
シンクロサイクロ トロン	-（ 0.0 ）	-	-	-	-	-
直線加速装置	882（ 75.5 ）	751	15	43	64	9
ベータトロン	13（ 1.1 ）	5	-	1	7	-
ファン・デ・ グラーフ加速装置	42（ 3.6 ）	-	16	25	-	1
コッククロフト・ ワルトン加速装置	84（ 7.2 ）	-	25	26	31	2
変圧器型加速装置	14（ 1.2 ）	-	1	8	5	-
マイクロトロン	33（ 2.8 ）	25	2	2	4	-
プラズマ発生装置	1（ 0.1 ）	-	-	1	-	-

（出典：放射線利用統計 2002年）