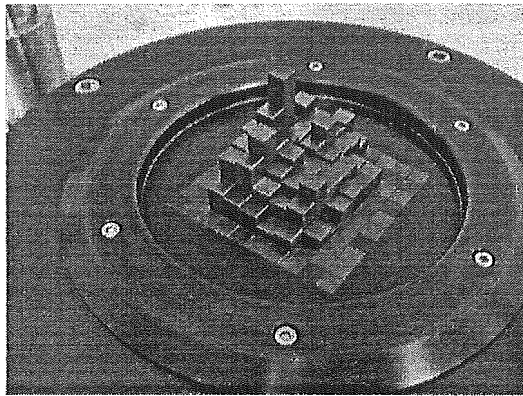
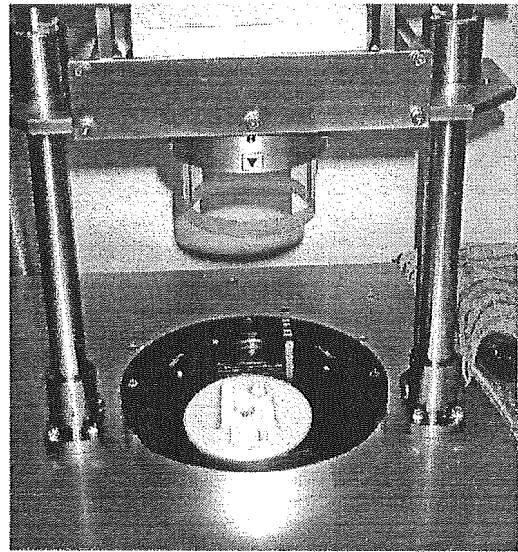


図1 簡易 Compensator 作成装置

計画装置にて作成された intensity profile は PC を介し量子化されて本装置に転送される。そのデータに基づき中央の Rod が必要な高さに持ち上がる。本体左側に装備された平板ヒーターにて熱可塑性プラスチックを加熱し中央上部の枠内にとりつける。加圧と真空吸引にて Rod にプラスチックを押し付け Mold を形成する。



a.

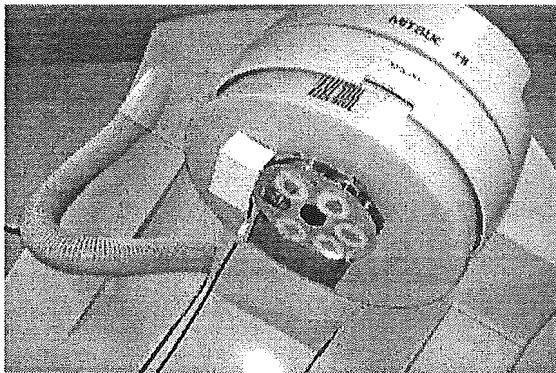


b.

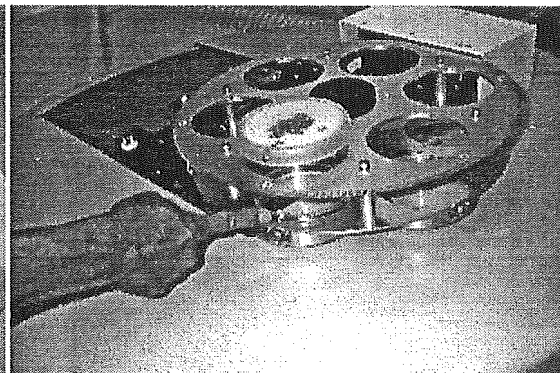
図2 Rod と熱可塑性プラスチック

a.にコンピュータ制御された Rod の Matrix を示す。

b.に加圧と真空吸引にて形成された Mold を示す。



a.



b.

図3 複数の Compensator を自動的に切り替えるための Mount システム

a.に直線加速器の head 部分に装着したところを示す。

b.に Compensator を装填するところを示す。Compensator の向きを一定に保つため、指で示す場所にハブがついている。

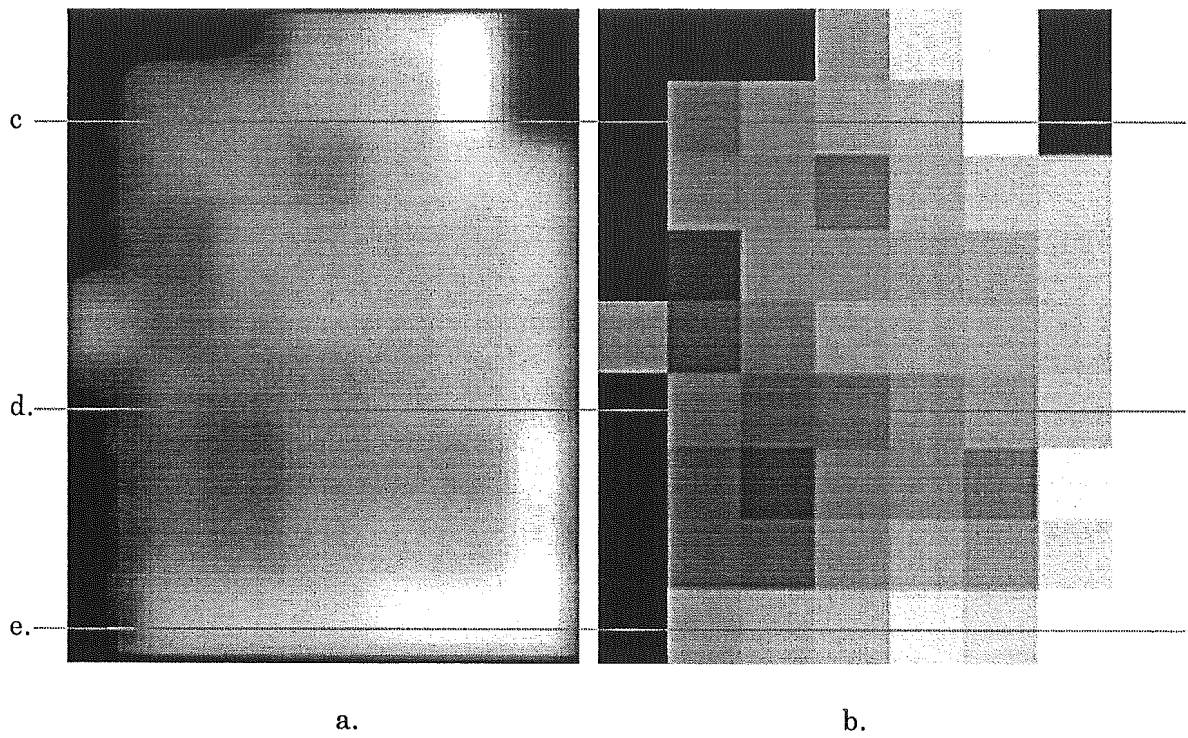


図4 Filmによる本システムの精度評価

a.に標準曝射により校正した線量強度の分布を示す。
 b.に理想とする Intensity Profile の Matrix を示す。
 c.d.e.の3つのライン上の相対強度分布を図5に示す。

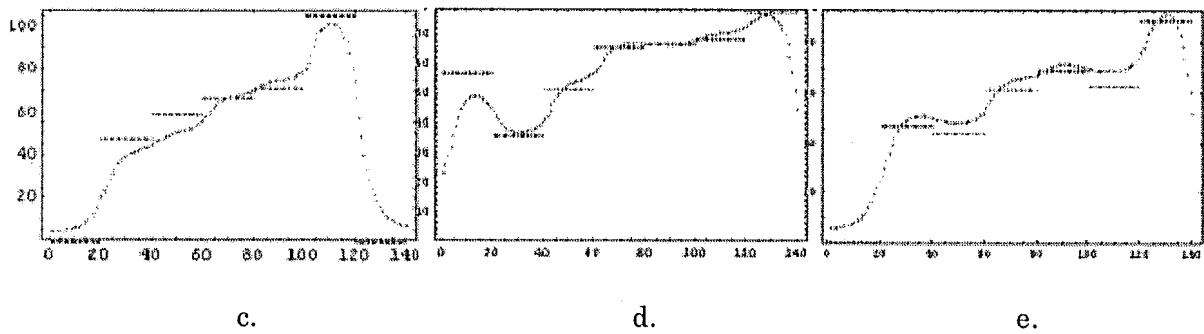


図5 図4の3つラインにおける相対強度分布評価

c.d.e.ともに赤色が実測値、黒色が Matrix の離散的理想値を示す。

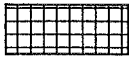
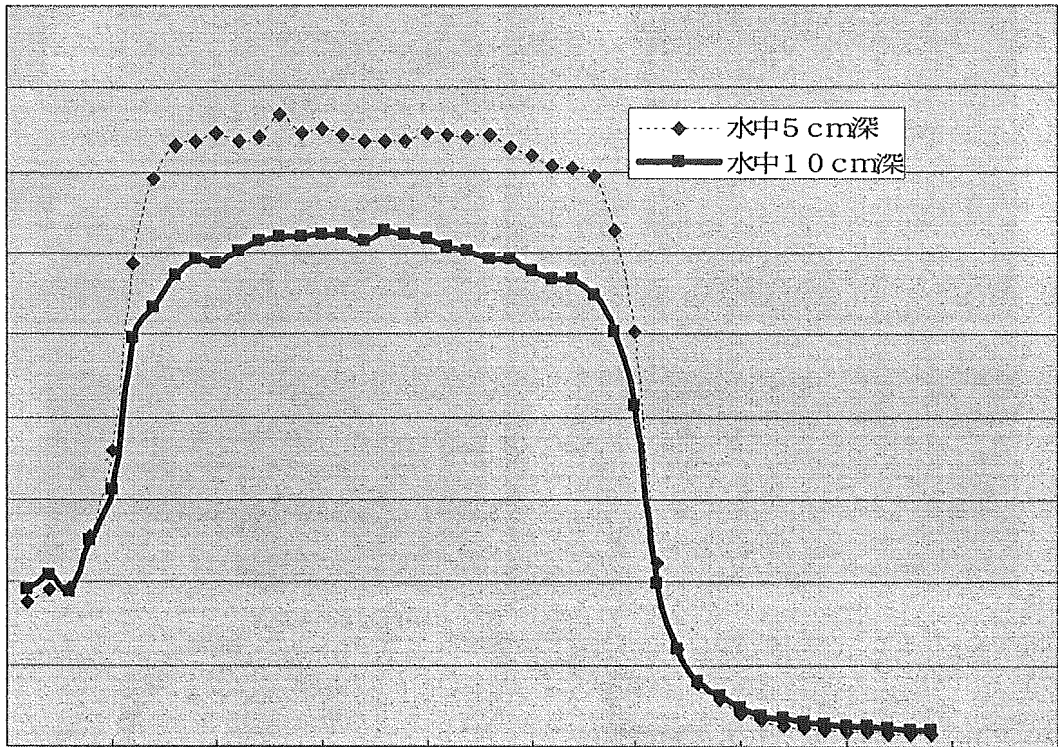
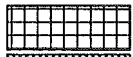
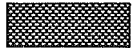


図6 簡易モンテカルロ法による Compensator と MLC による遮蔽効果の評価



：代表的素材である Cerrobend を用いた Compensator



：MLC

5cm 厚の Compensator と MLC を 2.5mm 離して設置した場合の 6MV の X 線による吸収線量分布曲線。空隙の相対線量を比較すると Compensator 側で 10~15%程度高値になっている。

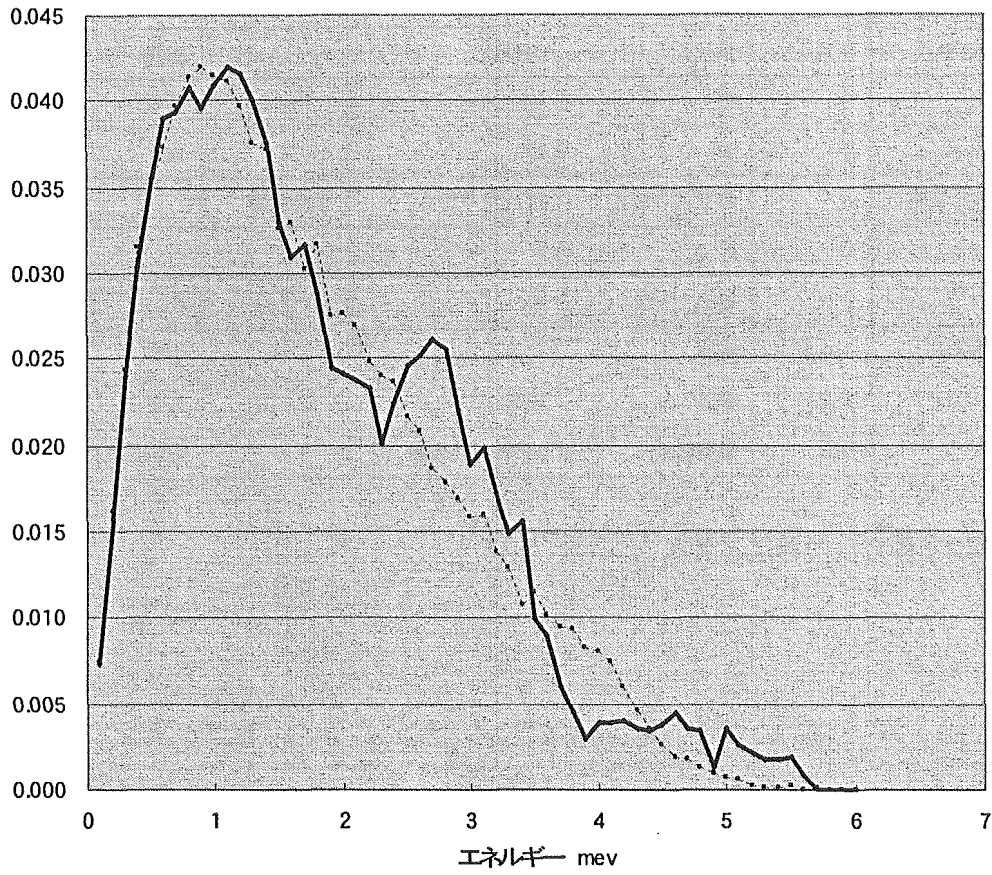


図7 簡易モンテカルロ法による空隙領域の電子のエネルギーフルエンス分布
 実線が Compensator 側 1mm 内側、破線が MLC 側 1mm 内側のともに水中 5cm 深におけるフルエンスを示す。Compensator 側の電子は特に中~低エネルギー側で増大している。

	1. MLC		2. Compensator		3. scanning beam
		2.a. Metal Block	2.b. Mold & Grain	2.c. Mount	
準備の手間	-	2時間/門~2日	5~30分/門		-
Beam 利用効率	不良	良好	良好		劣悪
照射時間	中	短	短		長
臓器移動	中	少	少		大
複数門治療の手間	-	毎回取り替え	毎回取り替え	予め装着	-
Beam hardening etc	-	+	+		-
Matrix size	中	極小	小		小
同 2次元分解能	不均等	均等	均等		均等
QA	大変	容易	容易		大変
必要な装備	MLC	掘削装置	Mold 形成装置		Scanning System

表 2 IMRT 各方法の利点と欠点

平成14年度厚生科学研究費補助金（医薬安全総合研究事業）
「医療機関における使用済み放射線源及び診療用放射性同位元素の管理の
合理化等のあり方に関する研究」（遠藤班）

分担研究報告書

分担課題：医療用放射性物質の線源保管状況調査と安全管理基準の研究

分担研究者：菊地 透 自治医科大学RIセンター管理主任

研究要旨

わが国の放射性物質は、Ra-226が1903年に初めて持ち込まれて以来、1910年代から1940年代に医療機関を中心にRa-226線源が利用されて来た。その後、1950年後半から、Ra-226を含めCo-60、Sr-90、Cs-137、Ir-192などの密封線源と、1960年代からは、非密封線源のI-131、Tc-99mなどの放射性医薬品が医療用放射性物質として、多くの医療機関で利用されている。これらの医療用放射性物質は、医療機関の放射線安全管理体制の下に、線源の購入・受け入れから、使用・貯蔵・保管を適正に実施する必要がある。また、利用後の使用済み線源は、放射性廃棄委託業者（日本アイソトープ協会）に所定の手続きで、確実に引き渡すことが重要であり、使用済みの医療用放射性物質から、放射線不安や不要な被ばくが起きないように安全管理が重要である。

そのため、医療用放射性物質の線源は適正な保管状況で、使用済み線源として廃棄委託機関に廃棄するまでの、一連の線源サイクルとして閉じた輪の中で、常に線源が把握できる安全管理システムが必要である。本研究は、医療用放射性物質として過去に医療機関で使用していた線源や、現在および近い将来に医療機関で使用している線源、さらに国際原子力機関（IAEA）の国際基本安全基準（BSS）免除レベルの法令取り入れに伴う新たな線源管理などについて調査し、放射線安全管理基準と線源保管状況を検討した。また、線源の放射線事故事例の教訓から、医療機関における放射線安全管理者の役割や、安全管理組織と安全文化の認識の重要性について研究した。

A. 研究目的

医療機関における放射線安全管理体制は、放射線診療に伴って100年以上の歴史がある。しかし、今日においても医療機関の放射線安全管理体制が、十分に整備されるまでには至っていない。放射線安全管理の目的は、放射線から「人」の生命・健康および財産を守り、安全を確保することである。そのため、医療用放射性物質である線源が

どのような状況で存在し、その線源の保管状況を確実に把握することが重要である。また、確実に放射線安全を確保するためには、線源の特性を考慮し、合理的な安全管理基準の作成が有効であり、そのシステムを研究する。

なお、Ra-226は既にICRP Publ.33(1984)でも、医療機関から実施しうるかぎり早く線源を廃棄するように勧告している。しか

し、未だに一部の医療機関などで保管されており、放射線安全規制が制定されていない 50 年以上前に、医療機関で使用されていた Ra-226 線源の所在と保管状況は必ずしも明確でない。そのため、金属スクラップの放射線モニターや、医療関係施設の廃止に伴う解体現場など、思わぬ場所から身元不明線源として散見し、放射線の不安と医療における放射線安全の信頼を損ねている。とくに法規制以前の Ra-226 線源は、密封線源として製造されて 50 年以上経過しており、線源容器形状の破損による放射能汚染が懸念され、早急に線源の廃棄回収システムの確立を検討する。

また、医療機関における医療用放射性物質の事故・トラブルを解析し、最近の国際原子力機関（IAEA）の BSS の規制免除レベルの法令取り入れに伴い、新に医療機関における密封線源の安全管理や、I-125 などによる前立腺ガンの永久刺入治療についての放射線安全管理を検討する。

B. 研究方法

1 密封線源の保管状況調査

医療機関における密封線源の保管状況については、現行の放射線防護関係法令の医療法施行規則および放射線障害防止法令が整備されていない時代の 1910 年代から 1940 年代に、利用していた線源は当時の状況を示す資料などから調査を行った。

また、法規制整備後の線源（3.7MBq 以下は除く）の保管状況の調査は、日本アイソトープ協会が発行する「放射線利用統計」（監修：科学技術庁原子力局）の情報に基づいて、1964 年度から 2002 年度までの放射線障害防止法にかかる許可・届出使用施

設について解析を行った。なお、この資料は、放射線障害防止法に基づく統計であるため、放射線源を医療法施行規則の分類に従って整理を行った。さらに、将来の線源保管状況の予測は、科学技術の学術政策局放射線安全規制検討会や、厚生労働省医薬局の医療放射線安全管理に関する検討会および原子力安全委員会の放射線障害防止基本専門部会などの公開資料から調査した。

2 医療用放射性物質の安全管理基準

医療用放射性物質の安全管理基準は、医療用放射性物質が関与した放射線事故や異常事象の教訓を基に、ICRP 勧告、IAEA の国際基本安全基準および、原子力安全委員会報告「放射性物質および放射線の関係する事故・トラブルについて」、日本保険物理学会の身元不明線源検討委員会報告書など、さらに、医療機関で Ir-192 線源を紛失した事例報告などを参考に、事故の状況と原因の解析を行った。

とくに放射性医薬品は、Tc-99m（半減期 6 時間）で代表されるとおり、半減期が短いため、使用済み線源による人への放射線影響が懸念されるのは、比較的半減期が長く、数量も大きい密封線源の安全管理基準について主に検討を行った。また、医療機関における放射線安全管理体制とその放射線安全管理者の役割について担当者との議論を行い検討した。

（倫理面への配慮）

放射線事故およびトラブルに関する医療機関名や関係者氏名などは、実名を公表しない。また、放射線障害者の氏名は公表しない。

C. 研究結果

1 法規制以前の線源状況

わが国における放射線安全規制に関しては、医療機関を対象にして1937年に内務省令の「診療用エックス線装置取締規則」が制定され、内務省衛生局長通達の「診療用エックス線装置取締規則施行に関する件」が行われた。また、この放射線安全規制は、1928年の国際放射線医学会議(ICR)において設立したICRPの前身である「国際エックス線およびラジウム防護委員会」からの勧告と欧米諸国の法規制を参考に作成されている。なお、既に産婦人科や皮膚科で利用していたRa-226線源に対しての法規制は、その後の1955年に原子力基本法の制定の基にして、1957年の放射線障害防止法からである。具体的には、同法の政令が制定された1958年以降からであり、この1958年以前のRa-226線源を法規制以前の線源として、現行法令に基づく線源保管状況とは異なる状況がある。

なお、この法規制以前に関して1951年からのRa-226線源は、総理府科学技術行政協議会のもとで輸入が行われ、その後日本アイソトープ協会が引き継いでいる。しかし、他に東京交易から輸入したRa-226の密封小線源として数百個(1g程度の総量37GBq相当)が、国内のどこかに保管されていると推測される。さらに、1910年から1940年代にかけて輸入した線源の資料は戦争などで消失しているため明確ではない。当時の線源製造元と日本の総代理店に関しては、チェコスロバキア国営ラジウム製造所製は島津製作所から大阪大学癌研究所に3g(111GBq)、ベルギーのオー・カタンガ(Haut Katanga)鉱業会社

製はラジウム製薬株式会社から、東京の三井報恩会癌研究会(現癌研究会)に5g(185GBq)が保管されていた。他にもドイツのデゲア株式会社製、アメリカのトレイバッハ化学工業会社製、カナダのエルドラ鉱山株式会社などからも輸入されており、陸海軍病院や産婦人科病院などで利用されていた。なお、これらの線源は、当時は大変高価で貴重なものであり、各医療機関では貴重品として大切に保管していたと推測する。

しかし、その後Ra-226線源治療の利用が減少し、比較的病院規模の小さい産婦人科や皮膚科では、法規制が施行された1960年代には、既にRa-226線源の利用が行われていない場合には、法規制後の法的手続きが確実に実施されていない状況もあり、時間経過と伴にその線源の存在が曖昧である。従って、法規制以前の密封小線源の所在やどのような保管状況にあるかを把握することは著しく困難である。なお、放射線安全の観点からは、このような身元不明線源を積極的に回収し、法規制以前の線源の放射線管理の枠組みとして、特別な対応と整備が必要である。

2 医用放射性同位元素の利用状況

放射線障害防止法が整備された1958年以降の医療用密封線源は、により3.7MBqを超え3.7GBq未満までは届出と3.7GBqを越える線源および発生装置は許可制となった。1958年度からの放射線障害防止法に基づく医療機関における放射線施設とその利用状況の推移は、放射線利用統計(監修: (旧)科学技術庁原子力安全局)を参考に医療機関における放射性同位元素の利用推

移を参考資料に示すとおりである。1958年度は、すべて許可施設であり全国で50施設の中で医療機関が37施設を占めていた。その後1960年度から届出が始まり医療機関では93施設の届出施設が加わり232施設である。なお、これらの放射性同位元素等の利用は、放射線取扱主任者の監督の下に貯蔵・保管および廃棄が行われている。

また、同様に医療法施行規則に基づき、3.7MBqを越える密封線源は診療の用途に応じて、診療用放射線照射装置と診療用放射線照射器具、および放射性同位元素装備診療機器に区分して規制している。したがって、照射装置、照射器具と名称は異なるが、いわゆる多重規制の対象である。しかし、放射線診療にとして使用する測定器および装置の校正用線源は、直接患者に照射しないため医療法施行規則の区分には含まれない。

なお、放射性同位元素装備診療機器は、平成元年に行われた医療法施行規則の改正で新たに設けられたカテゴリーあり、①骨塩定量分析装置、②ECD付きガスクロ、③輸血用血液照射装置の3種が指定された。さらに平成13年4月1日の法令改正により、SPCET・PET等の核医学撮像装置の吸収補正用線源や、インターベンショナルラジオロジー（IVR）で用いる血管内放射線治療用線源と、今回平成15年3月に前立腺癌治療における永久刺入用のI-125線源なども加わり、1980年代から減少傾向にあった医療機関の密封線源が、今後は増加する可能性もあり線源の保管と線源管理は重要である。

具体的な医療機関における放射性同位元

素の利用推移についてまとめた図を参考資料にしている。2001年度の医療機関で密封線源の核種と利用施設数は、次のとおりであり、主な治療用密封小線源利用施設とその用途も併記する。Co-60（241施設・10施設：針）、Sr-90（131施設・33施設）、I-125（19施設・8施設：シード）、Cs-137（141施設・60施設：針、チューブ）、Ra-226（52施設・47施設：針、チューブ）、Au-198（66施設・65施設：ゴールドグレイン）、Am-241（8施設）、Ni-63（19施設）、Co-57（7施設）は前年に比べていずれも減少しており、Ir-192（119施設・116施設：シード、ワイヤ）のみが3事業所増加している。また、Ra-226は1973年度の403施設をピークに毎年減少しており、2001年度は52施設である。とくに、Ra-226線源を含め、他の治療用密封小線源使用施設においては、長期間使用することなく今度も利用計画がない状況で、利用することなく保管のみの線源が多く存在していると予想される。

また、Co-60施設の137施設の9割以上の施設が74TBqを超える線源を保管し、188TBqを超える線源は41施設で保管している。さらにCs-137施設でも37TBqを超える線源を保管して施設が9割以上を占めている。

3 放射線源の不安と安全

3-1 わが国の放射線不安

日本の教育制度には、放射線について学ぶ機会がほとんどなく、その一方で、広島や長崎の原爆、ビキニの水爆実験、チェルノブイリ原子力発電所やJCO臨界事故など、放射線や放射能のために人々が大きな被害を受けた事例は、繰り返し取り上げており、放射線

事故の報道も過剰と思われる内容が多くある。そのため、国民の多くの人達には、放射線に関して漠然とした不安感を抱く方が予想される。

国民に安全で安心できる行為は、豊かな社会生活の基本的要件であり、放射線診療においても、安全な利用が前提条件である。また、人間はそもそもミスを起こす動物であり、同じ様なミスを繰り返さないことが大切である。わが国における医療機関における放射線事故・トラブルによって放射線障害が発生した事例は稀である。しかし、放射線事故・トラブルはマスコミ等の報道にも大きく取り上げられ、放射線による直接的な被害損失と共に、放射線の危険性や安全性へ不安が国民に増長され、放射線安全に対する不信や不安感が、間接的な無形の影響が懸念される。

3-2 最近の医療機関における放射線事故

1) 国立S病院の線源紛失について

当該病院では、2002年5月22日に使用済みのIr-192線源を廃棄するために、日本アイソトープ協会へ線源廃棄のため送付した。同年5月28日に日本アイソトープ協会で線源を確認したところ、30本の廃棄線源のところ1本が不明であることが判明した。当該病院では、管理区域、病院全館、ゴミ集積場および病院全敷地をサーベーターで搜索し、患者への線源残留をX線写真で確認したが、線源は発見されなかった。

線源は、イリジウムシンワイヤの直径0.3mm、長さ20mmの形状で数量は5月28日現在で50MBqである。また、

この線源は、2002年1月16日に30本購入し、同年3月11日に9本を患者の腫瘍治療として患部に留置し、3月18日に患部から線源を抜去した。この際に、サーベーターで線源の脱落、患部への残留のないことが確認されている。

この線源紛失に関しては、線源購入の保管に際して、30本の全線源の本数確認と保管中における本数確認および、線源廃棄に際しての全数確認が行われていないために、始めから30本の線源が有ったのか、無かったのかのが曖昧であった。しかし、当該線源の全数がガラス容器に収納されており、イリジウムシンワイヤの直径0.3mmの50mmを10本、30mmを10本、20mmを10本の合計30本を確認するための作業は、被ばくを伴い確認も困難である。なお、この線源は、半減期が73.8日と少し長い線源形状から紛失した場合は、建物溝など人が日常生活で触れる場所には無いと予想されるので、放射線被ばくによる放射線影響の心配は無いと考えられる。

2) 廃止された診療所でRa-226線源発見

2003年1月9日に解体中の産婦人科病院で、既に廃止された診療所の荷物を保管していた金庫から、小線源治療用のRa-226線源が発見された。発見された線源は日本アイソトープ協会で回収作業が行われ、金庫内の線源周辺からは汚染は検出されず、周辺住民への放射線影響の心配は無いと考えられる。

3-3 身元不明線源

資源の再利用として金属は、リサイクルを積極的に実施しており、金属スクラップへの放射性物質混入対策とその問題につい

ては、国際的な対応として重要である。なお、既にわが国でも、2000年4月に和歌山県下の製鉄所においてフィリピンから輸入された金属スクラップコンテナへの放射性物質の混入、5月には、兵庫県下の製鉄所からも金属スクラップから、医療用のRa-226線源(74MBq/本)の針4本を発見された。諸外国では、1983年にメキシコの病院のCo-60(1.4TBq)の遠隔放射線治療用線源が、スクラップ金属に混入されて製造され、メキシコおよびアメリカの市民の数千人が被ばくした。同様なことは台湾においても1983年に陸軍学校で紛失したCo-60(8.8EBq)が、建築用鉄材の金属スクラップ原料に混入されて製造され、この鉄骨を用いた建物に居住する多くの人々が被ばくした事例がある。

わが国での身元不明線源は、数MBqから数GBq以下の小線源のため金属スクラップに混入した場合でも、放射線影響が心配になる数量ではないが、Ra-226線源やCs-137線源は、半減期も長くIAEAのBSSによる規制免除レベルでも厳しい核種である。また、金属スクラップへの放射性物質の混入が少量で、国民への放射線影響は心配するほどの被ばくでも製品として販売することは不可能であり、大きな経済的および社会的な損失が予想される。

現在、多くの電気炉メーカー(約50社)の金属スクラップ搬入口には、放射性物質の混入を防止する目的の放射線監視用ゲートモニタの設置が行われている。また、回収時にサーベイメータでの対応も実施されている。なお、一部の電気炉メーカーでは医療用廃棄物を金属スクラップ用の電気炉を用いて熔融処理しており、金属スクラップ

以外の医療用廃棄物中に放射性物質が混入された問題がある。

この医療用廃棄物中の放射性物質の混入防止は、発生元の病院側で対応すべき問題であり、病院側の責任で、日本核医学会などの関連学会・団体から2001年6月に、自主的に放射性医薬品を投与された患者のオムツ等の取扱いについてのガイドラインとマニュアルを参考に運用することを推奨する。

D 考察

1 医療用放射性物質の保管状況

1-1 把握されていない放射性物質

医療用放射性物質は、1930年からRa-226線源が広範に医療機関で利用されて、その治療効果と共に、線源が大変に高価であったために、当時は放射線防護上の遮蔽や被ばく防止の問題があるにしても、大切に貴重品として保管されていたと推測される。また1950年代においても、多くの医療機関で使用されていたとRa-226線源の輸入状況から推測できる。これらの輸入数量の内、1958年以降の法規制で保管から廃棄までが確認されていない数量は37GBq相当と予想され、当時の密封小線源の本数に換算すると数百本が、現在も日本国内に保管されていると推定する。なお、これらの規制以前の線源製造から50年以上は経過しており、ラジウム崩壊に伴う内圧増加や経年劣化による線源容器からの汚染が懸念され、早急なRa-226線源回収を整備する必要がある。

また、IAEAのBSSの規制免除の法令取り入れが検討されており、Ra-226線源は厳しい線源として、安全管理が必要で

ある。また、さらに従来規制対象でない密封線源の 3.7MBq 以下の線源が、核種によっては 1kBq 以上から規制対象となるため、新たに数万個の密封線源が規制対象に追加される推測されている。

これらの、BSS の規制免除の法令取り入れに伴い密封線源の規制対象が広がる状況において、医療機関で過去に使用されていた Ra-226 線源が、未だに把握されていない状況で存在する事態は、早急に改善する必要があると考える。また、この線源廃棄を積極的に進めるためには、線源廃棄費用の減額や法的規制の配慮など、関係者から進んで線源廃棄を申し出るシステムが重要と考える。

なお、1960 年代に Sr-90 のアイアプリケータを国内医療機器輸入業者が、法規制の許認可手続きを確認することなく販売し、規制手続きがなく保管されている Sr-90 線源も同様な対応が必要である。

1-2 放射線利用から見る線源保管状況

医療技術は日進月歩で進展しており、放射線診療技術も同様である。そのため、医療用放射性同位元素の利用も年代によって、大きく変動しており増加傾向にある線源は、臨床現場でも頻繁に利用されており、保管状況の確認も頻繁に実施されている。しかし、減少傾向にある線源は、利用頻度も減少し利用予定もない状態で保管されているため、臨床上の効果が期待できない線源として、放射線診療関係者からもその線源の関心は低くなる。そのため、線源の保管状況を確認するために線源を取り出す作業には、被ばくも伴い保管確認は消極的になりがちである。

既に、Ra-226 線源は臨床利用する予定

がない線源として、線源廃棄の整備までに仕方なく保管されている状況と考える。同様に Ni-63 線源のガスクロマトグラフ装置や I-125 線源の骨塩定量分析装置も X 線源を用いた骨塩定量分析装置の普及で、ほとんど利用されていない線源と考える。これらの利用計画のない線源装置は、早急に線源廃棄を行うことが、他の医療用放射性同位元素を有効に安全管理する上で有効と考える。

2 線源の安全管理

2-1 線源の保管状況と安全管理

密封された 3.7GBq 以下の小線源は、線源形状や線源容器からの汚染の確認と線源の個数確認の保管管理が重要である。線源の密封性の確認方法は、JIS Z 4821 (密封線源—一般要求項目、等級及び試験方法) で、表面汚染試験、漏出試験、また、各等級に応じて、等級試験—温度、圧力、振動及びパンク試験衝撃落下試験や水圧試験等が示されている。したがって、医療機関の臨床現場で用いる密封線源は、これらは JIS 試験に合格した線源であり、通常は目視やふき取り試験による測定で、密封性を定期的に確認する。また、これらの確認事項は、定期的また線源の出入庫の際に行い、記録簿に記入する。Ir-192 線源の紛失事故は、この線源個数の確認が確実に実施されていないためであるが、このような線源確認を受け入れ時、使用後の保管時、線源廃棄時に実施することで、線源紛失の防止と予防に有効である。また、この際の確認者は複数によるダブル・チェックを行うことを前年度の報告書でも推奨したが、医療現場ではダブル・チェックを行うマンパワ

一が難しく、放射線管理を責任もって実施する人材の確保が必要である。

また、放射性同位元素装備診療機器は、線源は装置に内蔵されており、装備診療機器の表面等における空間線量率の防護基準の確認が必要である。この測定はサーベイメータ等を用いて、線源を使用しない時の機器表面における線量が 600 nSv/h 以下となっていることを確認し、併せて機器表面から 1 m で $6 \mu\text{Sv/h}$ 以下であることを確認する。 Cs-137 を用いた輸血用血液照射装置は、機器表面から 1 m で $6 \mu\text{Sv/h}$ 以下であることのみを確認する。この場合、開口部は開放し、その他の面については表面から 1 m の距離で測定する。さらに、今後の I-125 シードと Au-198 グレインによる腫瘍患部への永久的挿入治療においては、患者退出時に患者の体表面から 1 m の距離において、 I-125 で $1.8 \mu\text{Sv/h}$ 以下、 Au-198 は $40.3 \mu\text{Sv/h}$ 以下を確認する。

なお、線源の紛失防止と線源の受け入れ、保管、廃棄まで一連のサイクルとして線源を確認するためには、全線源のコード化が有効である。線源のコード番号は、例えば日本アイソトープ協会において中央登録を行い、線源の核種と数量、形状、製造元、購入先、使用保管場所、廃棄等について、線源コード番号を識別することで、現在の線源の保管状態と、その線源の履歴等が判明できる IT 化に対応した線源コードを作成し、線源管理サイクルを構築することが重要である。

2-2 線源のセキュリティ

最近、テロや社会不安が懸念されており、放射線・放射能テロへの対応が IAEA で

提訴されており、医療機関には多くの線源が保管されている。2001 年度では、 Co-60 の 37 TBq 以上の線源が遠隔治療装置として 134 台保管されており、 Cs-137 が輸血用血液照射装置として 97 台保管されている。これらの線源は、照射装置内に内蔵されており、容易に線源を取り出せる構造ではないが、外国では解体業者が放射線源とは知らずに線源容器を解体し、大量の被ばくを受けて死亡している。また、ブラジルの Cs-137 の場合は、ゴイアニア市内の汚染ために市民への不安と、その後の汚染除去に莫大な経費と時間が費やされている。

医療機関は、患者や入院家族などの面会のため、開放的な構造のためテロ集団からのセキュリティには、難しい問題がある。また、放射線管理上は、線源の場所を明示しており意図的に線源を盗み出すことに対する対応としては、線源保管室の鍵の施錠程度であり、放射能テロの可能性が高くなれば、線源の盗難防止が必要と考える。

3. 医療安全管理者の役割

医療機関における放射線安全管理者は、放射線障害防止で規制を受ける施設では、放射線取扱主任者の国家試験資格免状を有する者の内から、放射線障害の防止について監督者として選任し、放射線安全管理の役割を監督している。しかし、医療機関における主任者の選任は、特例として放射線診療に用いる場合では、主任者の国家試験資格が無くても、医師、歯科医師または薬剤師の資格者から選任できる。そのため、多くの医療機関では医師資格者から主任者が選任されており、必ずしも放射線障害を防止する監督者として、放射線安全に関し

て十分な知識と技術を備えているとは限らない。さらに、選任された医師は本来の医師としての臨床業務を遂行するため手一杯であり、選任された医師自身が主任者職務を誠実に遂行するには、多くの困難と問題がある。

また、諸外国の規制では、わが国の主任者に相当する国家試験制度はないが、放射線安全管理責任者を配置することが定められており、この安全管理責任者の職務と権限、責任等を明記しており、管理実務者の任命権や放射線安全を確実に実施するために、病院管理者は放射線安全管理者に十分な活動ができるような便宜を与えなければならないと定めている。

医療機関の放射線安全管理を充実するためには、各医療放射線施設の状況に応じて放射線安全管理者を配置し、医療現場に応じた適切なセーフティ・ネットを整備した上で、自己確認・自主保安を基本に、医療放射線安全管理に関する知識と技術を有した者の人材を備えることが重要である。

E. 結論

医療機関における放射性同位元素の利用は、さらに多種多様な利用が患者への永久的挿入を始め、血管内放射線照射など、きめ細かい線源管理が必要である。線源管理は、線源の健全性と個数の確認である。とくに、密封小線源は線源の形状が小さく、多数の線源を利用し保管するために、線源個数が確認し易い保管方法を工夫することが重要である。今回の $Ir-192$ 線源の確認として、プレート容器に数十本が並べれば確認は容易であり、X線写真を用いれば確認のための被ばくも軽減できる。

また、 $Ra-226$ は線源保管において古くて新しい問題として、長く継続しているが現在臨床利用が行われていないため、所在が把握されていない線源は、経済的および法的な配慮を行い、保管のみ利用計画のない線源も早急に線源廃棄するように強く警告する必要がある。さらに、医療機関における放射線安全管理者の人材確保が不可欠である。

謝辞

本研究については、穴井 重男（九州大学付属病院）、井原 智（杏林大学医学部）、大野 和子（愛知医科大学）、鈴木 昇一（藤田保健衛生大学）、中里 一久（慶応大学医学部）、中島 智能（日本アイソトープ協会）、多田 順一郎（高輝度光科学研究センター）西尾 正道（国立札幌病院）諸氏から協力・助言を頂いたことを感謝します。

F. 研究発表

1. 特になし

G. 知的所有権の取得状況

特になし

業績

1. 論文発表

- 1) 菊地 透、医療機関における密封線源利用の防護上の問題、医療放射線防護 Newsletter No. 29、p 22-31、2000.
- 2) 菊地 透、医療用廃棄物からの放射性物質混入対策について、医療放射線防護 Newsletter, No. 29、p 43-45、2000.
- 3) 菊地 透、放射線安全研究への様々なニーズ*医療の現場から、放射線科学、

Vol. 44, No. 10, 2001.

4) 菊地 透、血管内放射線治療における法令の要点、INNERVISION, Vol. 17, No. 2, 2002.

5) 菊地 透、放射線防護における ICRP 新勧告案の動向とその課題、日本放射線技術学会誌、Vol. 58, No3, 330-335, 2002.

2. 学会発表

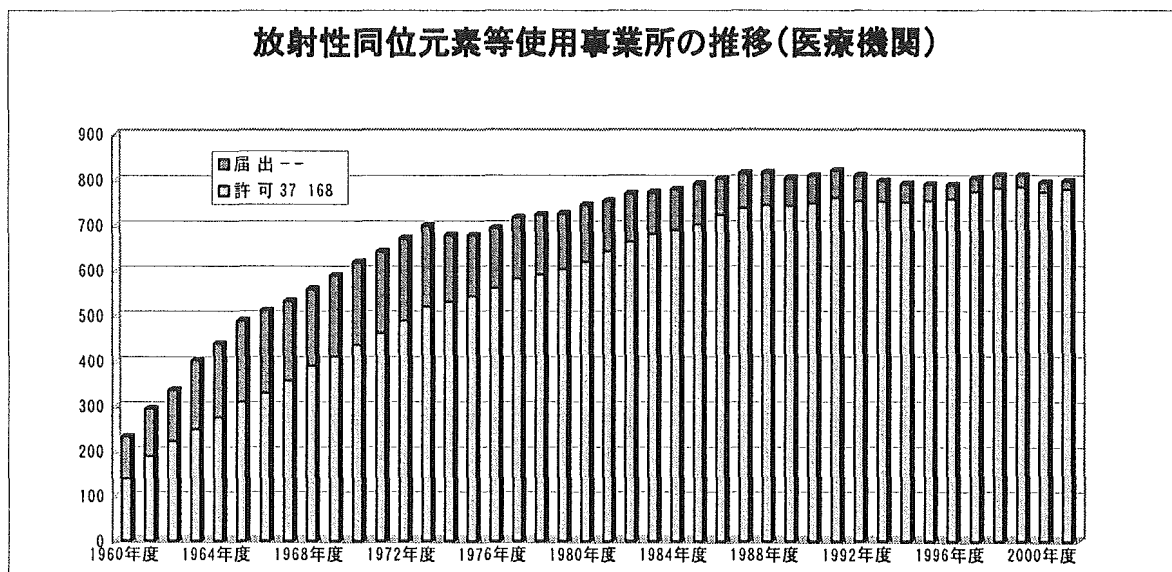
1) 大野和子、菊地 透、鈴木昇一、医療用廃棄物の放射性物質混入の検討、日本保健物理学会第 35 回研究発表会、2001, 5, 25, 仙台.

「医療機関における放射性同位元素等の利用状況の推移」

1. 放射線障害防止法に基づく届出と許可施設

1958 年度から法規制に基づく対応が開始した頃は、全体で 50 施設の放射線使用施設の中で、医療機関が 37 施設を占めており、すべて許可事業所である。図-1 に示すとおり、1960 年度から届出施設の 93 施設が加わり 232 施設である。その後は、届出施設と許可施設とも増加傾向にあるが、1980 年代から許可施設の増加はあるが、届出施設が減少し 1990 年代から横這いである。2001 年度は届出が 19 施設と許可が 772 施設の合計 792 施設である。

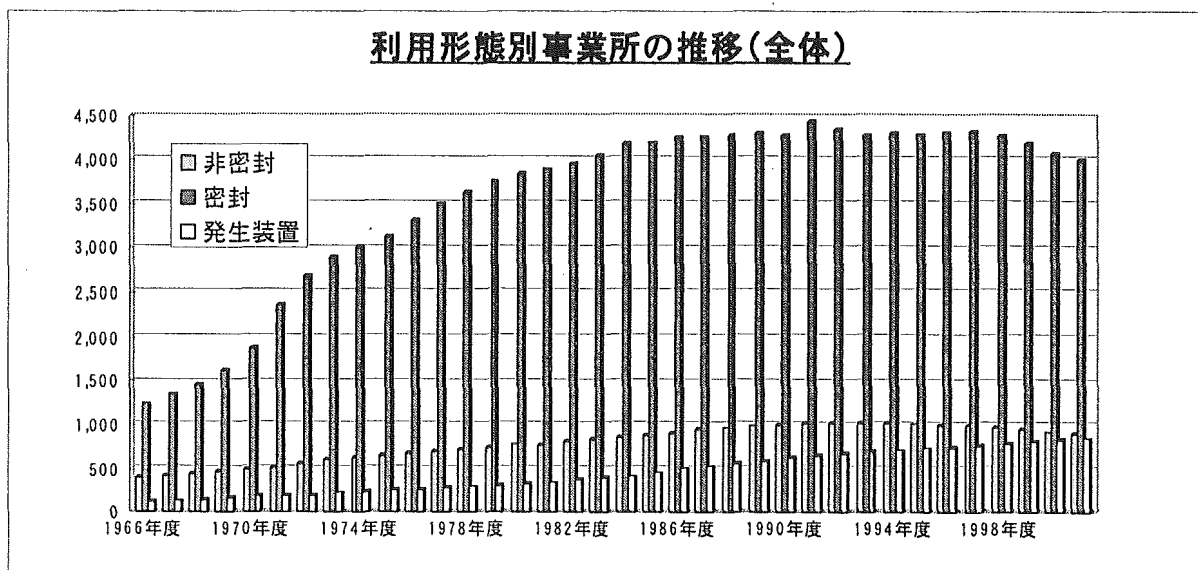
図-1 医療機関における放射性同位元素使用施設の推移（許可・届出別）



2. 放射線障害防止法に基づく利用形態別の推移

わが国における放射線利用形態について、図-2 に示すとおり、密封線源利用、非密封線源利用、発生装置の3区分で分類し、1966 年度からの推移を見ると 1970 年代に密封線源利用が急増している。また、1980 年代から発生装置は増加しているが、全体の増加傾向は横ばいから 1990 年代から減少傾向にある。

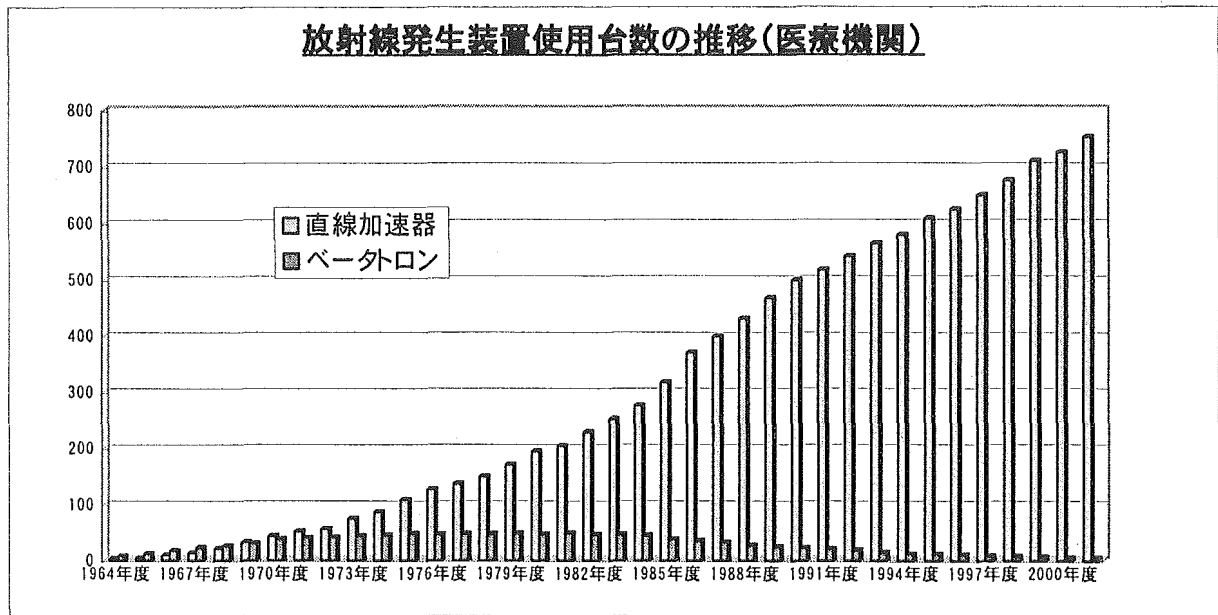
図-2 わが国における放射線利用形態別の推移



3. 医療機関における発生装置の利用推移

図-2に示し発生装置の増加傾向は、図-3に示すとおり医療機関の診療用高エネルギー発生装置の増加である。なお、この発生装置の増加に伴い治療用の密封線源の利用は減少している。

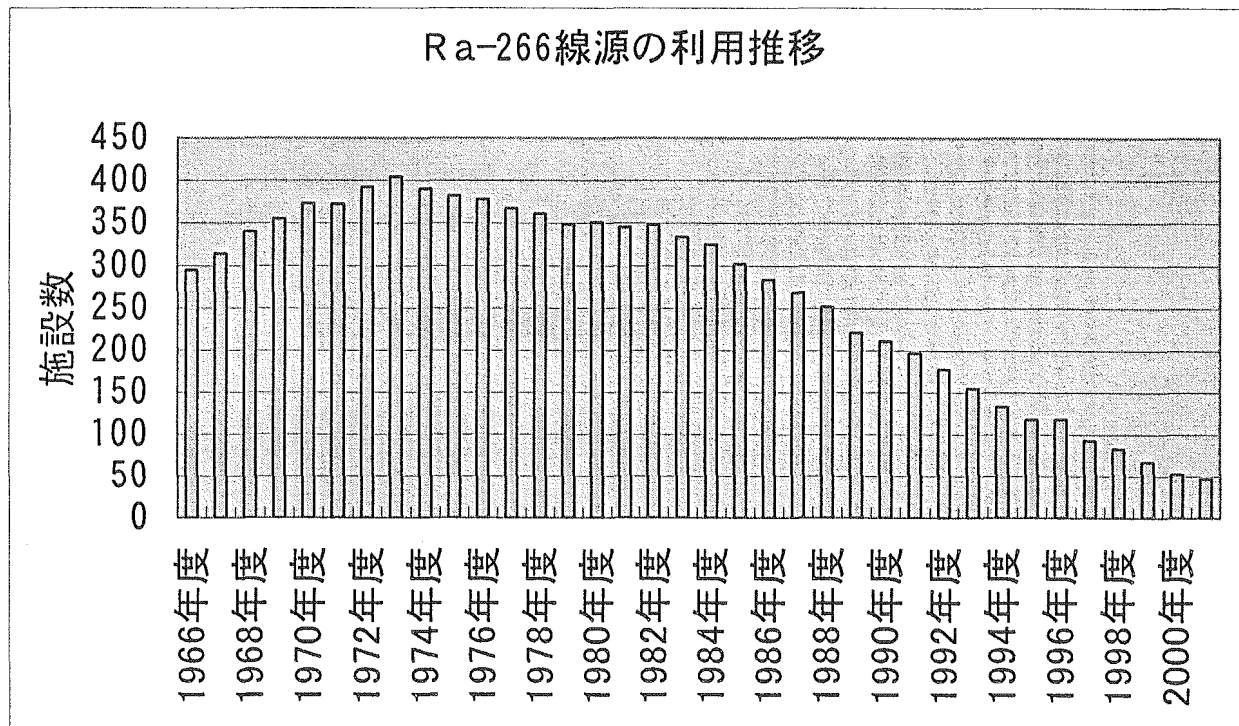
図-3 医療機関における放射線発生装置の利用台数の推移



4. 医療機関におけるRa-226線源の利用推移

Ra-226線源は、図-4に1966年度において、既に295施設に保管されており1973年度の403施設までは増加傾向であったが、その後は減少傾向にあり1980年度から1990年度には急激に減少した。2001年度には52施設である。

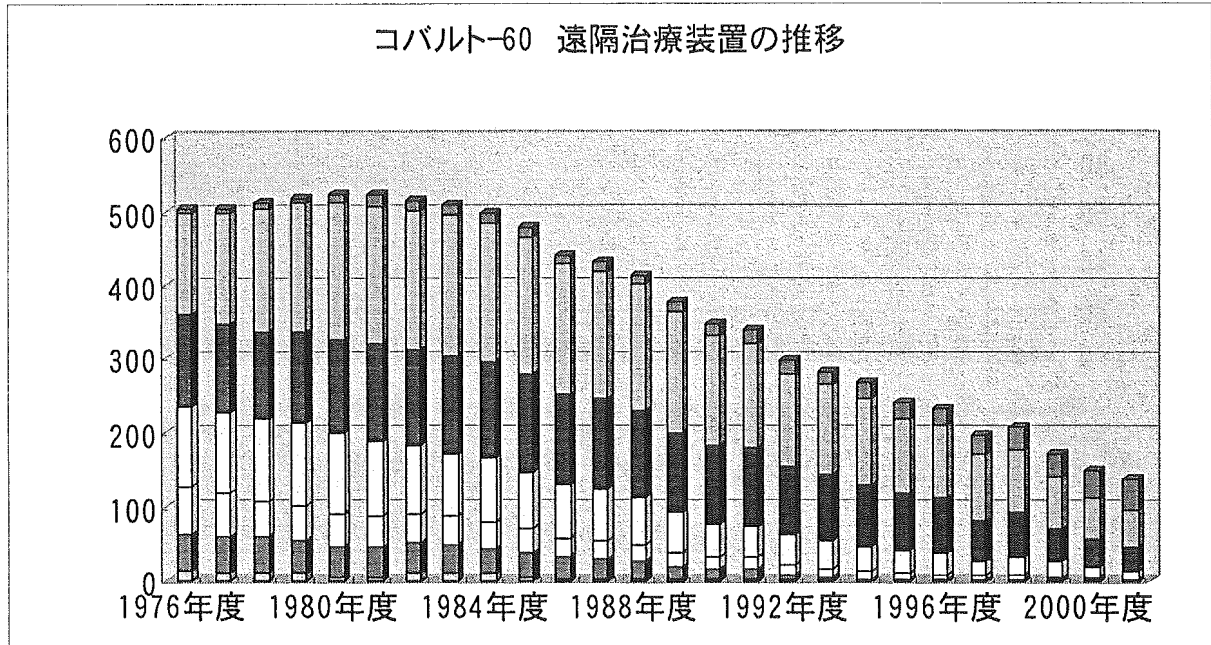
図-4 医療機関におけるRa-226線源利用の推移



医療機関におけるC o・60 線源の遠隔治療装置の利用推移

C o・60 線源の遠隔治療装置の利用推移を図一5に示す。グラム棒の上からの数量は、185TBq以上、111TBqから185TBq未満、74TBqから111TBq未満、37TBqから74TBq未満、18.5TBqから37TBq未満、7.4から18.5TBq未満、最下段が7.4TBq未満である。1980年度の523施設をピーク減少傾向にあり、2001年度は137施設である。また、遠隔治療装置の数量は74TBq以上の線源が大半であり、111TBq以上が2001年度では9割以上を占めている。

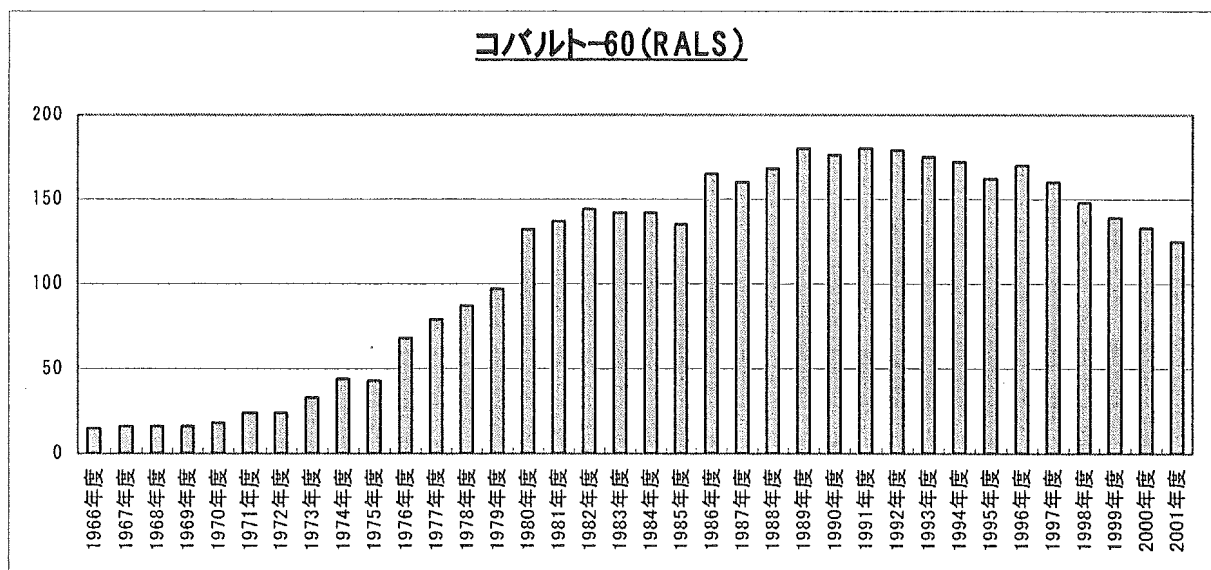
図一5 C o・60 線源の遠隔治療装置の利用推移



5. 医療機関における3.7TBq未満のC o・60 線源の利用推移

アフターローディングの3.7TBq未満のC o・60 線源は、図一6に示すとおり1966年度に15施設で利用が始まり、1980年代までは増加傾向であった。その後1989年度をピークに1991年度から減少傾向である。2001年度では、125施設まで減少している。

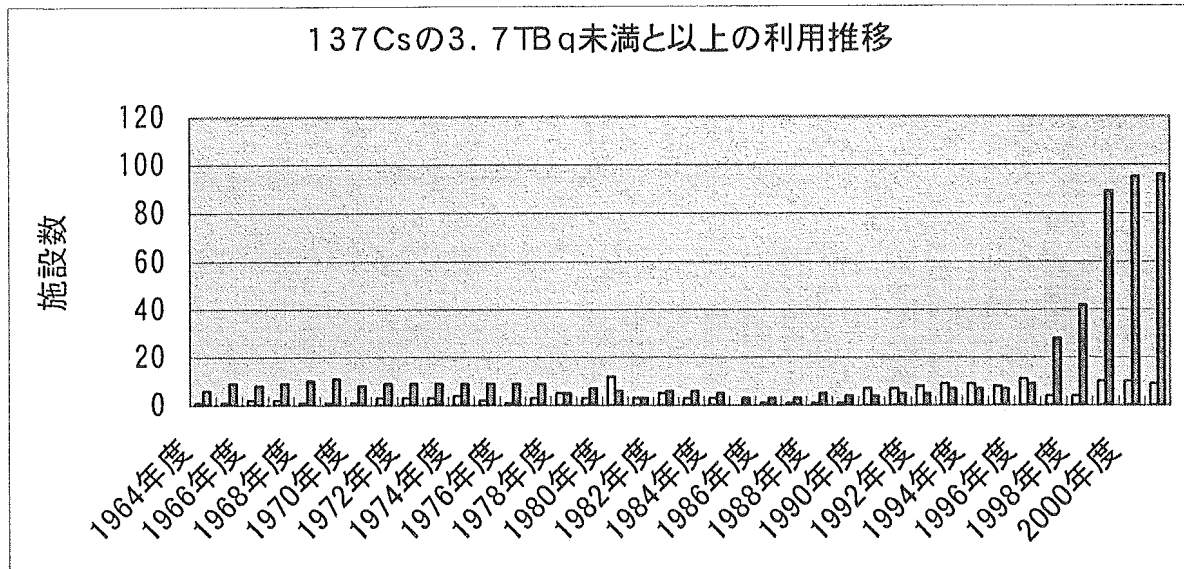
図一6 医療機関の3.7TBq未満のC o・60 線源利用の推移



6. Cs-137線源の利用推移

Cs-137線源は1964年度から7施設においてCo-60線源と同様に、遠隔治療装置として利用されており、1995年度まではその利用状況の大きな変化はない。図-7に示すとおり、1996年度から輸血用血液照射装置として利用されて始める頃から急増しており、遠隔治療装置の利用は減少した。2001年度には104施設のすべてが血液照射装置であり、37TBq以上の線源は9割以上を占めている。

図-7 Cs-137線源の利用推移



7. 放射性同位元素装備診療機器の利用台数

Cs-137の輸血用血液照射装置の利用は、図-8の右端の棒に示すとおり1990年度に11台の利用が始まっている他の左端のNi-63線源付きのガスクロマト装置は、1977年度に46台が利用されており、1980年代では50台前後の横ばいであったが、1990年代から減少し2001年度では21台である。同様にI-125線源およびAm-241線源の骨塩定量分析装置は1977年度に23台が利用されており、1992年度に92台まで増加したが、その後は減少しており2001年度では12台である。

図-8 放射性同位元素装備診療機器の利用台数の推移

