

エネルギー3MeVまでのX線
ならびに密封線源からの
β線およびγ線に対する防護

社団法人 放射性同位元素協会

財団法人 仁科記念財団

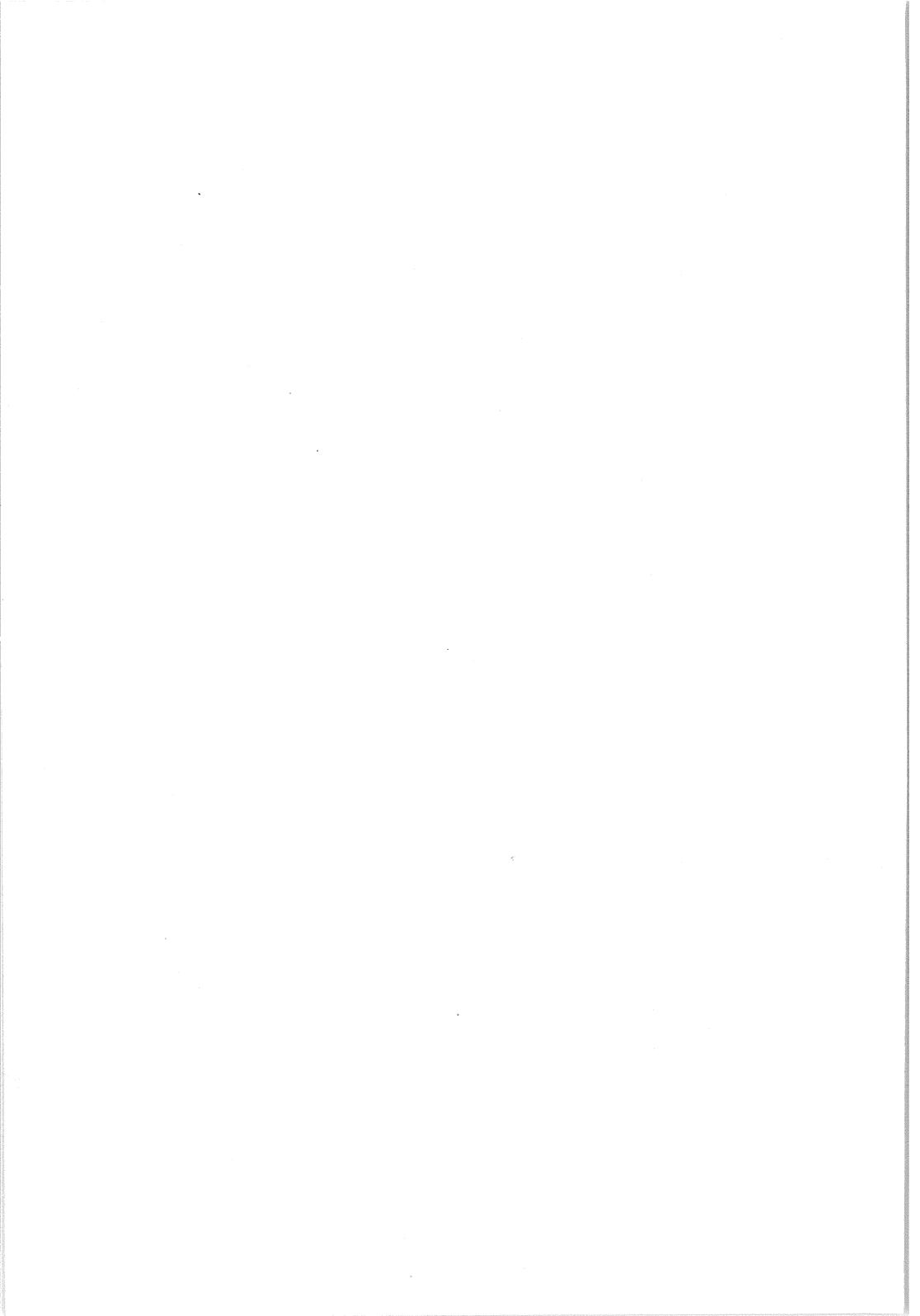
国際放射線防護委員会

エネルギー3MeVまでのX線, ならび
に密封線源からのβ線およびγ線に対
する防護に関する専門委員会Ⅲの報告

(1960)

ICRPシリーズ 3

社団法人 日本放射性同位元素協会
財団法人 仁科記念財団



Nishina Memorial Foundation | Japan Radioisotope Association

Japanese Translation Series of ICRP Publications
Publication 3

本書の翻訳は下記の方々によりなされたものである。
This translation was undertaken by the following colleagues.

翻 訳*	Translated by
濱田 達二	Tatsuji HAMADA

校閲協力*	Peer-Reviewed by
伊澤 正實	Masami IZAWA (ICRP, C2)
田島 英三	Eizo TAJIMA

責任編集	Supervised by
山崎 文男	Fumio YAMAZAKI
玉木 英彦	Hidehiko TAMAKI

* 推定 (presumed)

目 次

まえがき	1
報 告	3
緒 論	3
定 義	6
X線および密封 γ 線源を使用する施設に関する計画	10
X線および密封 γ 線源を使用する施設のサーベイおよび モニタリング	12
装置と作業条件に関する勧告	14
医学的診断用X線施設	14
治療用X線施設	18
医療以外のラジオグラフィーおよび透視のためのX線施設	20
X線分析用施設	22
その他の医療以外のX線の使用	23
望まれない副産物として放出されるX線	24
医療用および医療以外の使用のための密封された β および γ 線源	25
患者の防護	31
付 録	33
X線ならびに γ 線に対する一次防護障壁	34
漏洩放射線に対する障壁	35
散乱放射線に対する障壁	36
二次防護障壁	37
距離による防護	38

電子線に対する防護.....	38
患者の被曝線量の推定.....	38
表および図の一覧表.....	39
文献一覧表.....	72

ま え が き

エネルギー 3 MeV までの X 線, ならびに密封線源からの β 線および γ 線に対する防護に関する専門委員会 III のこの報告は, 1956 年ジュネーブにおける定期会合の期間中およびその後における専門委員会の作業の結果である。1956 年以来専門委員会の一部の委員は 1958 年ニューヨークで会合した。そして専門委員会は 1958 年ジュネーブおよび 1959 年ミュンヘンの会合でこの報告を吟味した。この報告は, それに関連している放射線のいろいろな使用のさいに十分な防護が保証されるために必要な要求を指示している。工業的応用に関しては, この報告は国際労働機構から出版されている工業用施設に対する安全規定のモデル規則の第 XII 章第 2 節の 1958 年改訂に合わせてある。

専門委員会は 1958 年出版専門委員会の協同作業に深く感謝の意を表す。専門委員会はまた付録の資料の収集と作成に助力した Lars Lorentzon 氏の助力ならびにこの報告の編集に際し出版専門委員会に協力した L. E. Larsson 博士の助力に対し, 大いに感謝している。

1956 年~1959 年の専門委員会の構成は次の如くである。

R. G. Jaeger, 委員長	F. Gauwerky
E. E. Smith, 副委員長	H. Holthusen
S. Benner	P. Rönne
J. Bouchard	D. J. Stevens
C. B. Braestrup	H. O. Wyckoff
B. Combée	J. Zakovsky
C. Garrett	A. Zuppinger

技術担当官: W. Hübner

また, この出版物には, 国際放射線防護委員会の勧告 (1958 年 9 月 9 日)

(2) エネルギー 3 MeV までの X 線に対する防護に関する専門委員会 III の報告

(ICRP 出版物 1) ならびに 1959 年 7 月採択された 1958 年勧告に対する注釈と修正を主な内容とする附録が再録されている*。専門委員会 III のこの報告は 1958 年勧告および 1959 年修正に共に準拠している。

専門委員会 III 委員長 R. G. Jaeger

専門委員会 III 副委員長 E. E. Smith

* 邦訳では、すでに出版されているもの——「国際放射線防護委員会勧告」(ICRP シリーズ 1)、仁科記念財団および日本放射性同位元素協会発行、昭和 35 年 1 月——との重複をさけて割愛した。

A. 緒 論

(1) この報告はいろいろな国の現行の実施規則を基礎にしているが、そこでは主委員会の方針に従い、放射線防護の基本的要求に重点をおき、詳細な技術的要求にまで拡張することは各国の防護委員会に委ねている。しかし、若干のグラフ、表、例などを含めた付録を加えて、放射線防護に必要な数値が得られるようにすることが望ましいと考えられた。

(2) この報告に対する上限は 3MeV までであることを一言しておこう。この値は国際放射線単位および測定委員会 (ICRU) によって、レントゲン単位の使用されるべきエネルギー範囲の上限とみなされている。従ってそれは専門委員会 III と IV の活動範囲のあいだに論理的な区分をあたえるものである。

(3) 以前の報告 (1954 年 11 月 1 日) の改訂に加えて、密封 β 線源および γ 線錐装置を含む γ 線源の使用に関する新しい節を追加した。X 線分析装置についての節はかなり拡張された。

(4) 体外放射線について勧告された最大許容線量は ICRP 出版物 1 の C 章に与えられており、それは修正とともに本書に再録されている*。この報告の目的に対しては、ラド (またはレム) であらわされた臓器-または組織線量は、空气中で測られレントゲン単位であらわされた照射線量と数値的に等しいと仮定されている。

(5) 放射線ならびに放射線発生装置の使用が次第に増大するのにかんがみ、いまや単に放射線従業者および患者だけではなく、近隣にいるあらゆる人々をも考慮することが絶対に必要とみなされる。主委員会はこれらの人々が特殊グループを構成するものと考えて、より低い最大許容レベルを勧告してい

* 邦訳では「国際放射線防護委員会勧告」(ICRP シリーズ 1)、仁科記念財団および日本放射性同位元素協会発行、昭和 35 年 1 月、1~65 ページにある。

(4) エネルギー 3 MeV までの X 線に対する防護に関する専門委員会Ⅱの報告

る。これらのより低いレベルのために、ある放射線施設、殊に、一週の中のかなりの時間同一人が居る可能性のある住居あるいは他の宿泊設備に隣接する施設に対しては防護を増す必要がおこる。

(6) X 線装置の設置および運転、あるいは放射性物質の取扱に対する勧告は、それ自身では、十分な防護を保証するに足りるものではないことを強調すべきである。かような防護は職員の専門的知識に大いに依存し、また放射線防護のために管理者が作成した規定をかれらがよく協力的に実行するか否かによるものである。

(7) 作業条件を各自の国の現行の放射線防護のいかなる法規、勧告あるいは実施規則にも適うようにすることに関する部局の長の責任は ICRP 出版物 1 の D 章に取り扱われている。彼はまたすべての規定ならびに放射線サーベイ報告中に指定されている作業条件が必ず守られるようにする責任を負わねばならない。

(8) 部局の長は ICRP 出版物 1 の D 章に勧告されているように、職員の適切な医学的検査ならびに放射線モニタリングが必ず実行されるようにしなければならない。

(9) 資格ある専門家あるいは責任ある管理者の指図に基づき、放射線防護のため作成された勧告や規定に従うことは従業員の義務である。さらにまた、彼等の身を守るためにつくられた防護器具を使用すること、および、何か欠陥が発見されたばあい担当者に注意をうながすことも従業員の義務である。

(10) 電離放射線の医学的利用による遺伝的影響に最近多大の考慮が払われ、患者の不必要な被曝をさけることの重要性が強調されている。それゆえ、この被曝を制限する目的をもった諸勧告に注意が払われている。

(11) 医学的以外の目的で人間の放射線検査をすることは望ましくないし勧められない。このような検査の例は靴の寸法合せおよび防犯透視である。

(12) さらに、テレビジョン装置からの X 線の放出に考慮が払われ、家庭テ

テレビジョンセットの表面の近くの最大許容線量率の引き下げが勧告されている。この改訂は、テレビジョンの普及にかんがみ、集団に対する遺伝線量を制限するために必要となったものである。家庭テレビジョン受像器の現在の型の大部分はすでに新しい低い値に従っている。他の型のテレビジョン装置についてもまたこの報告で考慮された。

(13) 以前の報告では、電離放射線に対する医療上の被曝によってうけたすべての線量を記録する放射線手帳の制度化の問題に言及した。この問題は ICRP および ICRU が共同して広く研究した結果、“集団中の各人が受けた放射線の系統的な記録および登録はこれを勧告しない”という結論に達した。

B. 定 義*

(14) この報告の目的のために、つぎのような定義をあたえる。

減 弱：物質を通過する際における放射線の線量率の減少。

(1) 細い線錐の減弱：透過線錐中に散乱線が含まれることを効果的に防ぐように設計された条件の下に得られる減弱。

(2) 広い線錐の減弱：透過線錐中に最大量の散乱線が含まれるような条件の下に得られる減弱。

コリメーション：放射線の線錐の幅を、要求される大きさに制限すること。

半価層 (HVL)：放射線の線錐の通路に入れたとき、線量率をもとの値の $\frac{1}{2}$ にまで減ずる、指定された吸収物質の厚さ。

電離放射線：放射線の項を参照せよ。

鉛当量：ある指定された照射条件の下において、問題としている物質と同じ防護効果を与える鉛の厚さ。鉛ガラスあるいは鉛入りゴムのようにおもにその含んでいる鉛で放射線が減弱されるような物質の鉛当量は放射線の線質にあまり依存しない。他のすべての防護材料や、防護壁用建築材料（コンクリート、レンガ等）およびバリウム防護ガラスの鉛当量は放射線の線質に依存する。

居在係数：問題としている場所に人が居る度合あるいは型によって補正するために稼働負荷に乗せられるべき係数。この係数は一般に一年にわたり平均した居在の度合に基づいて定められる。

一次防護障壁：利用線錐を必要な程度にまで減弱するに十分な防護障壁。

防護用線源容器：1個あるいはそれ以上の密封線源のための容器で、漏洩放射線を指定されたレベルに制限するようなもの。

遠隔治療用防護用線源容器：つぎのようにつくられている容器。

* 術語の訳語については、補遺「訳語について」を参照されたい（訳者）。

(A) 線錐制御機構が“OFF”の位置にあるとき

- (a) 線源から 1 m のところで、いかなる方向においても、漏洩放射線の最大線量率は 10 mr/時 を超えず、また平均線量率は 2 mr/時 を超えない。そして
- (b) 容器表面から 5 cm のところで、容易に近づきうる如何なる位置においても、最大および平均線量率はそれぞれ
- (1) 利用線錐の線量率が線源から 1 m のところで 100 r/時 以上であるような線源に対する容器の場合には、上記の値の 10 倍を超えない。
 - (2) 利用線錐の線量率が線源から 1 m のところで 100 r/時 以下であるような線源に対する容器の場合には、上記の値の 20 倍を超えない。

(B) 線錐制御機構が“ON”の位置にあるとき

- (a) 利用線錐の線量率が線源から 1 m のところで 100 r/時 以上であるような線源に対する容器の場合には
- (1) 線源から 1 m の距離における漏洩放射線の最大線量率は、1 r/時 もしくは線源から 1 m における利用線錐線量率の 0.1% のいずれか大きい方を超えない。そして
 - (2) 線錐の形をきめる調節可能な絞りは利用線錐の線量率の 5% 以上の透過を許さない。
- (b) 利用線錐の線量率が線源から 1 m のところで 100 r/時 以下であるような線源に対する容器の場合には、何らの値も勧告されない。しかしこのような容器を設計し、使用する際には、漏洩放射線による患者の積算線量を最小にするような考慮が払われねばならない。

工業用防護用線源容器：線錐制御機構が“OFF”の位置にあるとき、線量率が遠隔治療用防護用線源容器の仕様 (A, a) および (A, b, 1) の要求に合致するようにつくられている容器。“ON”の位置で与えられるべき防護効果は作業上の要求によって決定される。

防護用 X 線管容器：X 線管自身あるいは X 線管と X 線装置の他の部分（たとえば変圧器）の周囲をかこみ、X 線管から出る放射線の大部分を“利用線錐”に限るようにする容器。おのおのの防護用 X 線管容器はその表面に型式を記載せねばならない。

診断用防護用 X 線管容器：X 線管をどの定格で使用する場合にも、焦点から 1 m の距離における漏洩放射線が 100 mr/時 を超えないようにつくられている容器。

治療用防護用 X 線管容器：X 線管をどの定格で使用する場合にも、焦点から 1 m の距離における漏洩放射線が 1 r/時 を超えず、また容器またはその付属装置の表面から 5 cm の距離の、患者が近づきうる如何なる点においても 30 r/時を超えないようにつくられている容器。

放射線（電離放射線）：イオンを生成しうる電磁放射線（X 線または γ 線の量子、すなわち光子）または粒子放射線（ α 粒子、 β 粒子、電子、陽電子、陽子、中性子および重粒子）。

(1) 一次放射線

(a) X 線：X 線管のターゲットから直接出てくる放射線。利用線錐を除けばこの放射線の大部分は X 線管容器で吸収される。

(b) β 線および γ 線：放射性線源から直接出てくる放射線。

(2) 二次放射線：一次放射線以外の放射線であって、照射された物質から放出されるもの。

(3) 散乱放射線

(a) 側方散乱放射線：一次線錐の方向とほぼ直角の方向に散乱された放射線。

(b) 後方散乱放射線：一次線錐の方向とほぼ反対の方向に散乱された放射線。

(4) 利用線錐：照射口、コーンまたは他のコリメーション用具を通して出て

くる一次および二次放射線の部分。

- (5) 漏洩放射線：X 線管容器または線源容器から出てくる利用線錐以外のすべての放射線。
- (6) 迷放射線：利用線錐以外の放射線。それは漏洩放射線および二次放射線を含む。

密封線源：日常の使用中に放射性物質が失われるのを効果的に防止するようにできている、漏れのない、堅牢な非放射性的の容器に納められたある分量の放射性物質。気体の放射性同位元素（たとえばエマネーション）の存在する場合には、線源は容器が気密になっている場合のみ、密封されたものとみなされるであろう。

二次防護障壁：迷放射線を必要な程度にまで減弱させるのに十分な防護障壁。

ねばならぬ (shall)：放射線に対する十分な防護の保証に必要であることを意味する。

べきである (should) (勧告される)：実行可能なときはいつでも危険を最小にとどめるためにおこなうべきことを意味する。

放射性核種の比 γ 線放出 (比 γ 線出力)：点線源からの透過しない γ 線により生ずる照射線量率とその線源までの距離の 2 乗の積を線源の放射能の強さで割ったもの。比 γ 線放出の単位には、例えば $\frac{r}{c} \cdot \frac{m^2}{時}$, $\frac{r}{mc} \cdot \frac{cm^2}{時}$ が使われる。

1/10 価層 (TVL)：放射線の線錐の通路に入れたとき、線量率をもとの値の 1/10 にまで減ずる指定された吸収物質の厚さ。

使用係数：利用線錐が問題の方向にむけられているあいだの稼働負荷がその全体のうちで占める割合。

稼働負荷：適当な単位であらわされた放射線装置の使用量の尺度。この報告の目的に対する稼働負荷は、X 線源に対しては mA・分/週で、 γ 線源に対しては 1 m のところにおける r/週で表わされる。

C. X線および密封 γ 線源を使用する施設 に関する計画*

(15) X線および密封 γ 線源を使用する新しい施設の計画,あるいは遮蔽用構造物を変えるような既存施設の変更に関する計画は建設をはじめる前に適当な防護機関または資格ある専門家によって検閲されるべきである。

(16) 防護は,距離をとることおよび防護障壁によって達成することができる。防護障壁の費用が重要な考慮事項となるような,たとえば γ 線錐装置や高圧X線装置のような場合には,その施設の位置を人の居る他の場所から離すことによって経費を節約することができよう。特別の場合には,距離をとることによって防護障壁の厚さを0にまで下げることができる。付録の図21および22に示したのは,利用線錐の方向にはかったこれらの距離をいろいろな照射条件を仮定して求めたものである。

(17) 付録の図6から19までには防護壁の厚さの計算のために役立つ基本的な吸収データが与えられている。必要な防護障壁の厚さの例は,付録の表IVからVIIまでに与えられている。

(18) 利用線錐に対して必要な防護を計算する際には,患者,ファントム,あるいはその他の移動しうる物体による減弱を斟酌するかどうかは,資格ある専門家によって考慮されるべきである。

(19) 迷放射線の防護に必要な防護障壁の厚さは,そのときの利用線錐に対して必要なものよりも薄い。したがって,如何なる場合にも,防護用のX線管容器および線源容器を使用し,かつ利用線錐の向く方向を制限すれば,必要な防護用構造物の量をかなり少なくしてよい。二次防護障壁の厚さを計算するためのデータは付録に与えられている。

* 密封 β 線源は(121)―(132)項で取り扱う。

(20) 放射線施設を設計する際には、その装置の予想される稼働負荷、防護障壁の使用係数および隣接区域の居在係数に考慮が払われるべきである。これらの係数が将来増大する可能性、たとえば装置の出力の増大、技術の変更、周囲の区域に人が居る度合の増加などを考慮しておくべきである。

(21) 放射線室から人が居る場所へ不必要な開口部を設けるべきではない。そして開口部が必要とされる場合には、その寸法を必要だけの大きさに制限すべきである。

(22) 防護用構造物を設計する際には、いくつかの別々のX線管および他の放射線源からの重複した被曝の可能性について考慮を払うべきである。

(23) すべての防護障壁において、つぎ目、釘、ボルトなどのところで、防護効果が決して低下しないように注意を払うべきである。そのような場所では、防護材料を十分に重ね合わせるべきである。配管、配線、ルーバなどのために防護障壁にあけた孔は、防護効果がそこなわれないようにバッフルをそなえねばならない。

(24) 施設の最終の設計図には、すべての防護障壁の材料の型と寸法が指示されるべきである。すべての窓、扉、配管、ルーバの位置は、それらが防護の要求に影響するかぎり、示されねばならない。このような設計図は適当な防護機関または資格ある専門家の承認をうけるべきである。

D. X線および密封 γ 線源を使用する施設の サーベイおよびモニタリング

(25) X線および密封 γ 線源を使用する如何なる施設も、放射線サーベイがおこなわれて、施設がこの勧告と一致していることが判明するまでは、日常的作業の開始を延期せねばならない。サーベイは適当な防護機関あるいは資格ある専門家によってなされねばならない。既存の施設に変更があるたびに、防護効果の再評価がなされねばならない。ここで変更というのは、稼働負荷、使用係数、あるいは放射線の量子エネルギーなどの増加、あるいは障壁の防護効果の変更などのように、放射線の危険を増加するとおもわれるようないかなる変化をも意味するものと解釈すべきである。施設は、管理区域の内部および外部共に諸種の条件がなお満足されているかどうかを調べるため、定期的に繰り返しサーベイされるべきである。

一般検査

(26) 完成された施設は予め承認された設計図および仕様と比較されるべきである。

(27) もしも、防護が、利用線錐の方向づけを機械的または電氣的に制限することに依存している場合には、サーベイに際してこれらの制限が実際になされているかどうかをみるための点検をも行なわなければならない。

(28) すべてのインターロック、警告装置および手袋やエプロン等の防護用品はそれらが満足な状態にあることを確かめるために点検されねばならない。

(29) サーベイ担当者はその装置の計画された操作方法を研究し、もし必要があれば放射線の危険を最小にするような変更を勧告すべきであり、またこれに関連して個人モニタリング技術についても研究すべきである。

D. X線および密封 γ 線源を使用する施設のサーベイおよびモニタリング (13)

区域の線量率測定

(30) 放射線サーベイの実施にあたって、適当なガイガー・ミュラー式、シンチレーション式あるいは電離箱式測定器を用いて予備的調査をすることがしばしば役に立つ。フィルムや蛍光板は遮蔽物中の小さい欠陥の位置をみつけるのに用いられよう。

(31) 遮蔽物中に欠陥が見出されたときはいつでも、施設が日常の使用に入る前にそれらを取り除かねばならない。

(32) 最終的測定には、線量率、放射線の線質および方向に対して感度の変化が小さいような電離箱あるいは他の適した装置を用いるべきである。

(33) 必要があるときは、管理区域の外で測定を行なって、稼働負荷、使用係数、居在係数および利用線錐内の物体による減弱を斟酌した上で、放射線従業員以外の人々が、妥当な最大許容線量以上をうけることはありそうにないということを確かめなければならない。

放射線サーベイの報告書

(34) サーベイの結果は正式な報告書として提出されるべきである。

(32) 報告書には、防護の変更について、作業方法上の制限についておよびこのような制限を示す標識の掲示について必要とされるいかなる勧告をも含むべきである。

E. 装置と作業条件に関する勧告

医学的診断用 X 線施設

一般的要求

- (36) 診断用防護用 X 線管容器を使用せねばならない。
- (37) 利用線錐を制限するために役立つ照射口、コーン、またはシャッターは X 線容器と同じ防護効果をもつべきである。
- (37) 常設フィルターは X 線装置の最高電圧できめられるべきである。70 kV を超える最高作動電圧をもつ装置には少なくとも 2 mm のアルミニウムと等価な常設フィルターをつけるべきである。より低い最高作動電圧をもつ装置には少なくとも 1.5 mm のアルミニウムと等価な常設フィルターをつけるべきである。
- (39) デッドマン型の照射スイッチを、実施できるところでは使用すべきである。
- (40) 整流管の入った X 線高圧発生器の外側での線量率は表面から 5 cm のところで 20 mr/時を超えてはならない。また管理区域内の人が居る場所で容易に近づきうるところでは 2 mr/時を超えてはならない。もし発生器を管理区域外におくならば、これらの線量率を減らす必要がある。(22)項も参照。
- (41) 放射線科に常時勤務する者は診断検査の間患者の身体を支えるべきではない。小児の場合は、もし必要ならば、親あるいは付添人に支えさせるべきである。そのような人たちは特に、生殖腺と手について防護されるべきである。患者の動きを制限する装置をできるかぎり用いるべきであるし、またけっして照射中カセットを手で支えてはならない。
- (42) 患者への線量、特に積算-および生殖腺線量は、臨床的要求に合致するかぎりできるだけ制限されるべきである。(165) から (177) 項参照。

(43) なにびとも照射中 X 線室に不必要に立ち入ってはならない。

透 視

(44) X 線管、照射口および蛍光板は普通の使用状態では利用線錐が蛍光板の外にはみ出すことのないように配置されねばならない。

(45) 蛍光板は 100 kV に対して、少なくとも 1.5 mm の鉛当量をもつ防護ガラス板で蔽われねばならない。100 kV から 150 kV まではキロボルトあたり 0.01 mm 鉛当量の追加が必要である。この専門委員会はこの値を採用するにあたって患者による減弱を考慮に入れた。

(46) X 線の線錐を制御するスイッチは透視位置に設けるべきである。

(47) 照射の全時間を示すか、あるいは全時間があらかじめ定められた限度を超えると照射を終了させるような手動リセット式の時間積算装置が設けられるべきである。

(48) 焦点皮膚間距離は 45 cm (18 インチ) より小さくすべきでないし、また 30 cm (12 インチ) より小さくしてはならない。

(49) 透視用のすべての寝台やスタンドには、散乱線、特に患者やテーブルトップの下側からの散乱線に対して操作者や助手を防護するような設備がなされるべきである。これは幅 45 cm (18 インチ) 長さ 45 cm (18 インチ) 以上で鉛当量が 0.5 mm 以上の物質でつくられた“エプロン”の形をしたものでよい。蛍光板が垂直なときは蛍光板支持器の下端に、また水平のときは側面にそれを取りつけるべきである。蛍光板が水平のとき使用する寝台の場合には、別のエプロンもしくは固定遮蔽をサイドレールにとりつけてもよい。エプロンは触診を容易にするために、ふちが重なりあういくつかの部分から成っていてもよい。

(50) X 線蛍光増倍管は 100 kV に対して少くとも 1.5 mm 鉛当量の防護効果をもっているべきである。100 kV から 150 kV まではキロボルトあたり

(16) エネルギー 3 MeV までの X 線に対する防護に関する専門委員会Ⅲの報告

0.01 mm 鉛当量の追加が必要である。

(51) いわゆる“手持蛍光板”を使用してはならない。

(52) X 線装置がこれらの勧告の要求にあらゆる点で合致しているとしても、最大許容線量を超えないために、透視中は防護用エプロン、あるいはコートを着用することが通常必要である。すべての普通の X 線透視の作業において、防護用衣服の鉛当量は 0.25 mm を下るべきではない。

(53) 透視検査中はつねに 0.25 mm 以上の鉛当量をもった防護手袋を着用すべきである。これは手の甲、掌、指および手首を含む手全体を蔽うべきである。

(54) 透視検査を始める前に、眼を十分に暗順応させねばならない。できるかぎり低い線量率で作業するためには、順応の時間に少なくとも 10 分はとるべきである。

固定装置によるラジオグラフィ

(55) 寝台あるいはスタンドから照射を制御する必要のある特別な手法の場合を除き、X 線照射は制御盤からのみ操作されるべきである。そのような特別な手法の場合には、職員は(52)および(53)項に規定された防護衣を着用する必要がある。

(56) 制御盤から患者がみえなければならぬ。

(57) 利用線錐の断面積を示す光錐位置指示器を備えることが勧告される。

(58) 照射中、操作者は適切に防護されるべきである。必要とあればこれは X 線室内に遮蔽物を設けるか、あるいは制御盤を X 線室の外に、適切に防護された壁の後におくかのいずれかによって充たすことができよう。

(59) 同一室内で二人以上の患者の同時検査を行なうことは、職員と患者の両方が不必要に危険にさらされるので、すべきではない。

移動型装置

(60) すべての移動型装置には、焦点皮膚間距離が 30 cm (12 インチ) よりは小さくならず、また利用線錐が検査に必要な最小の大きさに制限されることを保証するために、視準筒あるいは視準しぼりやスパーサー・フレームを備えねばならない。

(61) 光錐位置指示器の利用が勧告される。

(62) X線管および患者から操作者までの最短距離は 1.5 m であるべきである。操作者は利用線錐内に立ってはならないし、また付近にいる他の人を照射しないことを確かめねばならない。

(63) 透視は (44) から (54) 項の要求が満足されないかぎり行なうべきではない。

間接撮影 (集団撮影)

(64) コリメーターは利用線錐を蛍光板の範囲に限定するものでなければならないし、線錐もまた臨床的要求に合致する最小のものに制限されるべきである。この目的には光錐位置指示器の使用が勧告される。

(65) 装置は日常的使用の間、作業に関係するすべての職員が防護衣の必要なしに十分防護されるように配置され、遮蔽されねばならない。

(66) 国民線量を最小にするために、検査を待っている人の防護についても考慮が払われねばならない。

(67) 患者が受ける線量を減らすことを可能にする高感度光学系の使用が勧告される。

歯科ラジオグラフィ

(68) 歯科装置にはすべて位置限定用コーンを用いなくてはならない。このようなコーンは焦点皮膚間距離をできるだけ大きく、また照射野をできるだけ

小さくするものでなければならない。

(69) あらかじめ定められた時間後には照射が終るように、タイマーが装備されねばならない。

(70) 70 kV 未満で作動する施設は、操作者が X 線管および患者から少なくとも 1 m (70 kV 以上ならば少なくとも 1.5 m) 離れていることができるように配置されるべきである。このような状況のもとでも、週あたり 30 mA・分以上の使用に対しては 0.5 mm 以上の鉛当量をもった防護衝立を使用すべきである。

(71) 隣接した区域の人々を防護するために遮蔽構造物を設ける考慮が払われるべきである。これは二つ以上の歯科施設がきわめて接近して位置しているときに特に必要である。

(72) 実施しうる限りいつも、フィルムは適所に固定されるべきである。さもなければ患者あるいは、例外として、職業上放射線に被曝しない人に支持させるべきである。歯科医師あるいはその助手は決して支持すべきではないし、それらの人はいかなることがあっても利用線錐に被曝すべきではない。

(71) X 線管容器は照射中手で支持されるべきではない。

(74) 歯科 X 線装置による透視は危険であり、おこなってはならない。

治療用 X 線施設

一般的要求

(75) 治療用防護用 X 線管容器が使用されねばならない。

(76) 利用線錐をコリメートするのに使用される常設しぼりあるいはコーンは X 線管容器と同程度の防護効果をもつものでなければならない。調整可能な、あるいは取りはずし可能な線錐決定しぼりあるいはコーンは患者への積算線量を実施できるかぎり減らすような構造でなくてはならない。どんな場合でもそれらは利用線錐の 5 パーセント以上を通すことがあってはならない。

(77) 付属フィルターにはおのおのその厚さと物質名が記されねばならない。フィルターの有無を制御盤から容易に認められるようなフィルター指示方式が用いられるべきである。

(78) もしきめられた値まで X 線出力を急速にあげることができるのであれば、制御盤から電氣的に操作され、X 線管容器におとらぬ鉛当量をもったシャッターが X 線管容器についていなければならない。シャッターの開閉状態が制御盤に示されねばならない。

(79) あらかじめ定められた時間の後に治療を終る自動タイマーが装置に備えられねばならない。

(80) 放射線の強さが一定であるかどうかを観察するため利用線錐内に透過型モニター用電離箱をおくことが勧告される。

(81) 治療中制御盤から患者を観察する手段が備えられなければならない、また患者と通話する手段が備えられるべきである。

(82) 作動電圧が 100 kV を超える装置に対しては、治療室のどの戸があけられても装置を自動的に止めるか、もしくは室内の放射線レベルが、焦点から 1 m の距離で平均 2 mr/時、最高 10 mr/時をこえず、X 線管容器から 5 cm のところでこれらの値の 10 倍をこえないように出力を減少させるインターロックが装備されなければならない。このような停止のあとは、制御盤からの操作によってのみ、機械を全出力作動に回復させることができるものでなければならない。このような施設では、照射中治療室に居ることができるのは患者のみでなければならない。

表在治療に対する特別な要求

(83) 表在治療用施設は (75) から (82) 項までの一般的要求に応じなければならないが、例外として操作者や他の人が適切に防護されているならばそれらの人々が照射中に治療室の中に立ち入ることを許すことができる。100 kV 以

(20) エネルギー 3 MeV までの X 線に対する防護に関する専門委員会Ⅱの報告

下では普通インターロックを必要としない。遮蔽用構造物は 50 kV 未満では必要とされない。近接治療の場合で、かつ作動電圧が 50 kV 以下の場合には、(52)と(53)項で指定したような防護衣を操作者が着用することで一般には十分である。

(84) 聴覚または視覚による信号によって X 線管が作動中であることを指示せねばならない。

(85) 50 kV 以下で使用されるようになっている X 線管にかぎり治療中手で支持することができるが、この方法は臨床上に必要な時だけに用いるべきである。そのような X 線管は手や身体その他の部分の被曝が許容線量を超えないように防護されなければならない。もしも週間被曝時間が 20 分をこえるならば患者からの散乱線に対する防護をするために X 線管容器には手の遮蔽が装備されなければならない。(52)と(53)項で指定したような防護手袋、およびコートかエプロンをこの作業のあいだ着用しなければならない。

(86) X 線管自身の透過が少なく、しかも焦点窓間距離が短いときには、短時間被曝でひどい障害を生ずるかもしれない。利用線錐による不時の被曝をさけるために特別な注意を払わねばならない。

医療以外のラジオグラフィーおよび透視のための X 線施設

一般的要求

(87) 放射線障害を生ずるおそれのあるすべての区域は適切な、容易に認められる警告の標識によって、それとわかるようになっていなければならない。

(88) 照射前および照射中警告をするために、聴覚または視覚による信号が施設の近くに装備されなくてはならない。

(89) 職員に対して適切な防護を与えるために、X 線管には仕事の性質に適した防護用容器を備えなければならない。普通の場合、この X 線管容器は少なくとも治療用の防護用 X 線管容器の要求を満たすべきである。

医療以外のラジオグラフィー

(90) 実施しうるかぎりいつでも、医療以外のラジオグラフィーは(91)から(94)項までの要求に合致する遮蔽施設内で行なわれるべきである。さもなければ、開放施設に対する(95)から(97)項の要求が適用されねばならない。

遮蔽施設

(91) 遮蔽施設とは放射線源ならびに照射される対象すべてが恒久的な囲いの中におさまっているものであって、

- (1) 照射中なにびともそこへ出入りしたり、あるいはその中にとどまっていることはゆるされず、また
- (2) あらゆる実際の作業状況のもとで、囲いの外側にいるすべての人に対して適切な防護がなされているものである。

(92) 照射中に照射室に人が入るのを防ぐために、有効なインターロックが設備されねばならない。

(93) たまたま内部に閉こまれた人が遅滞なく囲いから退去できるような適当な退去手段が備えられねばならない。

(94) 囲いの内部には、外側からはリセットされ得ない仕方で照射をできないようにしたり、速やかに中断したりするための有効な手段が備えられねばならない。

開放施設

(95) 開放施設では放射線源とそれに照射されるあらゆる物は、高放射線域として指定された区域内に限っておかねばならず、

- (1) その区域へは認可された人だけが出入りできるが、しかし照射中その中にとどまることは許されず、また
- (2) その区域の外側ではあらゆる実際の操作状況で、すべての人に対して適切な防護がなされているものである。

(96) そのような施設は、実施しうるかぎり、あらゆる居住区域から隔離さ

(22) エネルギー 3 MeV までの X 線に対する防護に関する専門委員会Ⅲの報告

れねばならない。

(97) 認可されていない人がこれらの施設に出入りすることを防止するために、積極的な手段を講じるべきである。

医療以外の透視

(98) 透視装置は、すべての人に対して適切な防護を与える囲いの内に設置され、かつ照射中囲いの内部に人が入ることを防止するようなインターロックを備えていなければならない。

(99) 実施しうるかぎりどこでも、蛍光板は斜めにおかれた鏡を用いるか、もしくは遠隔的に、たとえばテレビジョン技術を用いるかして、間接に観察されるべきである。

(100) 透視作業にたずさわっているすべての人々、たとえば移動ベルトに被検査物をのせるような人に対して適切な防護を保証するよう注意が払われなければならない。

(101) 検査中の物体を扱ったり、あるいはしるしをつけたりする必要があるときは、適切な防護を保ったままで実施できるように設備がなされなくてはならない。

(102) いわゆる“手持蛍光板”を使用してはならない。

X 線分析用施設

(103) 該当する場合にはいつでも、(87) から (102) 項までの勧告を実行すべきである。装置は、できるだけ素人にも間違いをおこし得ないようにつくられるべきである。

(104) 装置は定期的な現場モニタリングをうけねばならない。普通の線量測定器は低エネルギー放射線に対しては適切でない応答を示すことがあるのみならず、均等な放射線野で用いないと誤りに導くような読みを与えることがあ

る。それゆえこのような装置では放射線の細い漏洩を探知できないことがある。遮蔽物中の欠陥の探知は蛍光板か、蛍光フィルムか、あるいは口径の小さい型の放射線検出器によるのが最もよい。

(105) 適切な定期的健康診断を、とくに眼と手および顔の皮膚とに注目しておこなわねばならない。放射線障害の本性からいって誤った安全感のもととなり得る血球算定や、個人モニタリングに信頼をおくべきではない。

(106) X線管容器の表面から 5 cm の距離の近づき得る任意の点での漏洩放射線は、X線管定格の各々に対して1時間に 25 mr をこえてはならない。

(107) X線管容器の各射出口には、視準系が取り付けられたときにだけ開くことができるようにつくられた線錐シャッターが備えられねばならない。

(108) X線カメラあるいは他の記録装置には被検体の背後で利用線錐を吸収する防護板が備えられねばならない。

(109) (106) から (108) 項までに従っているにもかかわらず、全体として適切な防護を備えていない施設は、照射中認可された人だけが入ることをゆるされる独立した室に設備しなければならない。

(110) 利用線錐への被曝をさけるために特別な用心がなされなくてはならない。X線管自身の透過が小さくかつ焦点距離が短いために線量率が非常に高いから、恒久的皮膚障害が数秒間の照射によっても生ずることがある。

(111) X線分析装置が研究の目的で使用される場合には、仕事が型にはまったものでない関係上、放射線障害の可能性がずっと増大する。それゆえ職員が障害の危険とそれに対して身を守る方法を知っていることが肝要である。

その他の医療以外の X 線の使用

物質の照射, X線顕微鏡など

(112) X線線錐のこのような他の利用法すべてにおいても、上に記載した

(24) エネルギー 3 MeV までの X 線に対する防護に関する専門委員会Ⅲの報告

のと同じ防護の一般原則が適用されるべきである。(87)から(111)項までに記載した勧告をそれぞれ該当する場合にはいつでも守るべきである。

靴の寸法合せ用透視器

(113) 靴の寸法合せのために X 線を人体に照射することは医学的に絶対に必要な処置の場合に限るべきである。

医療以外の人体の照射

(114) “防犯”透視におけるような医療以外の人体の X 線照射はさけるべきである。もし、例外的な事情でどうしてもそのような検査が必要と思われるならば、医師の監督のもとにおこなわなければならない。

望まれない副産物として放出される X 線

一般的要求

(115) 5 keV を超えるエネルギーに電子が加速されるすべての装置は電離放射線の潜在線源とみなされなければならない。

(116) そのような装置、たとえば電子顕微鏡、陰極線管、高電圧整流用電子管、送信管、テレビジョンおよび映像管は、適切な防護を与えるように作られ、取り付けられ、操作されなければならない。

(117) 実施しうるかぎりいつも、この種の装置は、それらの使用される場所が“管理区域外”とみなされるように、つまりモニタリングや特別な医学的検査の必要がなくなるように、遮蔽されねばならず、またインターロックを備えねばならない。

(118) この種のあらゆる装置の改造、検査および修理のあいだにおこり得る障害の危険に対して特に注意を喚起する。

テレビジョンセット

(119) 家庭で、もしくは公衆がごく近くまで来そうな場所で使用されるどのようなセットも、表面から 5 cm の容易に近づき得る任意の点で線量率が正常な作動状態で 0.5 mr/時をこえてはならない。

(120) 投影の目的のためまたは有線テレビの方式で使用するような他のあらゆるテレビジョン装置は (116) と (117) 項に従って遮蔽され、操作されなければならない。

医療用および医療以外の使用のための密封された
 β および γ 線源

一般的要求

(121) この報告で考えているすべての β および γ 線源は密封線源に対する要求 (14) 項参照) になつたものでなければならない。

(122) すべての線源はそれとわかるようにしておかねばならず、また、実施しうるならば、その核種の種類や放射能の強さ、製造の日付に関する情報を線源の上に印しておくべきである。

(123) 紛失のおそれとそれによっておこる障害の危険を最小にするためにすべての線源およびそれらの移動について適切な記録をおこたつてはならない。紛失した場合、または紛失の疑のある場合には直ちに放射線防護責任者に報告しなければならない。

(124) 認可を受けずに線源に接近することを防止しなければならない。

(125) 火災の際におこるかもしれない放射線障害の危険に対して注意を払うべきである。

(126) 汚染あるいは漏洩に対する検査を最初、およびその後定期的に、実施しなければならない。不完全な線源はさらに容器に入れて気密に封じるべきであり、満足に修復されるまでは再使用すべきでない。

(26) エネルギー 3 MeV までの X 線に対する防護に関する専門委員会Ⅲの報告

(127) 線源が不完全で放射性ガスを放出しそうな場合には、貯蔵場所を開けるまえに有効に換気をおこなうべきである。

β 線 源

(128) 恒久的に固定されていない β 線源は貯蔵や輸送のあいだ適切に防護されなければならない。

(129) 適切な防護を保証するために、必要な場合には遮蔽物やバツフルが備えられるべきである。すべて線源の取り扱いには遠隔法によって行なわれねばならない。

(130) すべての β 線源は、制動放射線を利用する目的で設計されているか否かにかかわらず、それを放出することを知っておくべきである。γ 線、特性 X 線、および消滅放射線のような、他の型の透過性放射線もまた放出されよう。これに伴う障害の危険を評価し、また必要な用心をすべきである。

(131) 容器の外側で β 線を利用するように意図された線源は薄い窓を必要とする。この窓およびその取り付けは、放射性物質の漏出の可能性を最小にするような構造につくられるべきである。使用しないときは、β 線を全部阻止するのに十分な厚さの遮蔽物でその窓を蔽うべきである。この目的に必要な種々の物質の厚さは付録に記載してある。この遮蔽物には制動放射線の発生を最小にするために、なるべく低原子番号の金属を選ぶべきである。金属はたとえばプラスチックよりも放射線損傷を受けにくいので、金属製遮蔽物が勧告される。もし必要ならば、制動放射線を減弱させるために、外側に高原子番号の遮蔽物を備えるべきである。線源を乱暴に、また不必要に、取り扱うべきではないし、また腐蝕性あるいは研磨性の物質の作用をうけさせるべきではない。窓の清掃にあたってはそれが壊れないようにまた作業員の被曝を最小にするように注意すべきである。

(132) 蛍光標識、原子電池、および制動放射線源のように容器中で β 線を利

用する線源は、 β 線を実質的に全部阻止するのに十分な厚さの容器を備えるべきである。

医療用の γ 線源

(133) γ 線だけを用いることになっている場合、放射性物質の入れものの壁は、実施しうるかぎりいつも、 β 線を実質的に全部吸収するのに十分な厚さをもたなければならない。

コリメートされていない線源による治療

(134) 使用中か輸送中以外のときは、線源および線源をいれたアプリケーションは、なにびとも該当した最大許容線量を超えて被曝しないことを保証するために必要な材質と壁の厚さをもった防護用の入れものに格納しておくかねばならない。 γ 線源に対する必要な遮蔽に関するデータは付録に記載してある。

(135) 防護用の入れものは、線源を取り扱う職員の被曝ができるだけ最小となるようにつくられるべきである。考えるべき重要な因子は、線源の分布、小わけされたものの遮蔽、および職員が入れものからとり出したり、それをもとに戻したりするのに要する時間などである。

(136) 線源の事業所内運搬はあらゆる人が適切に防護されるような仕方になされねばならない。実際の運搬時間が考慮されるべきであるが、しかしその他の可能な被曝についての余裕もとっておかなければならない。前文を条件として、容器中の線源の全放射能強度が低い場合には、容器が十分長いハンドルをもつ限りそれを手で運んでもよい。内容が入っている線源運搬用具は、適当な標識で見分けられねばならない。そして見張りをつけておくか、もしくは認められていない人が接近できないようにしておくべきである。

(137) 線源およびアプリケーションの準備のためには独立した室あるいは指定された場所を備えるべきである。このような準備のあいだ、この作業に従事する人だけがこれらの区域に居ることを許されるべきである。

(138) アプリケーターおよび線源の準備、消毒、および分解は不完全な遮蔽のもとでの取扱をとまらう。それゆえ、身体の被曝を最小ならしめるために専用の道具を用いる必要がある。これらの道具は距離と時間の関係が最適となるようにつくられているべきである。明瞭にそれとわかるような模擬カプセルを高度の熟練に達するまで使用するべきである。

(139) 線源の操作のための机は、作業員やこの仕事に関係する他の人々のための防護を備えねばならない。作業員の胴や脚の被曝を減少するためには鉛あるいは他の重い物質の L形ブロックを用いてよいが、しかし手、腕、および顔の過度の被曝を防ぐためには、さらに防護手段を必要とする。

(140) 患者に線源を取りつけているあいだは、距離と速度が放射線障害の危険を最小にする最も重要な因子である。適切な装置や挿入用具を使用すべきである。

(141) 床に就いていない患者および就床患者のいずれも、そのために訓練された職員が居る病棟あるいは病室に隔離されるべきである。ベッド、区画、あるいは病室は照射中それを適当に識別できるようにすべきである。

(142) 体内または体表に取りはずしのできる線源をつけている患者が、病院あるいは診療所から離れることを許すべきではない。

(143) 他の患者や職員への防護に対して考慮が払われるべきである。

ビーム治療 (遠隔治療)

(144) 適切な型の遠隔治療用防護用線源容器が使用されねばならない。((14) 項参照)

(145) 標準設計の線源カプセルの使用が勧告される。

(146) 線錐制御機構は容器がどの方向を向いていても動作することができるようにつくられねばならない。装置は、自動シャッターによるほか、さらに被曝の危険性を最小にとどめながら手動的にも閉鎖できるようにつくられるべきである。

(147) シャッターは照射が終ったとき、およびそれを働かす動力のどんな故障または中断の場合にも、ともに自動的に“OFF”の位置に戻るように造られねばならないし、また動力が回復しても制御盤から操作されるまで“OFF”の位置にとどまっていなければならない。

(148) 線錐制御機構は、あらかじめ設定された時間後に照射が自動的に終了するようなタイマーを備えねばならない。

(149) 装置が“ON”であるか“OFF”であるかを明示する警告用具を、線源容器、制御盤、および照射室の入口に設備しなければならない。

(150) 照射中は患者だけが治療室内に居ることを許されるべきである。それ以外の時間でも、施設の操作や保守に関係のある必須の目的のほかは治療室に立ち入るべきではない。

(151) 治療室のどの戸が開けられても線錐制御機構が“OFF”の位置にかえるようにインターロックが備えられねばならない。

(152) 治療中患者を観察するための手段が備えられなければならないが、また制御盤から患者と通話するための手段が備えられるべきである。

医療以外の利用のための γ 線源

(153) 放射線障害を生ずるおそれのあるすべての区域は適切な、容易に認められる警告の標識によって、それとわかるようになっていなければならない。

(154) (133) から (152) 項までの該当条項がすべて適用されねばならない。

γ 線ラジオグラフィー

(155) 実施しうるかぎりいつも、工業用防護用線源容器を使用しなければならない。

(156) 線源を作動状態に入れるには遠隔操作を用いなければならない。

(157) ラジオグラフィーの準備作業は密封線源が照射位置にもってこられるまえに完了しなければならない。

(30) エネルギー 3 MeV までの X 線に対する防護に関する専門委員会Ⅱの報告

(158) 容器から密封線源を取り出す必要のあるラジオグラフィーでは、必要とされるかも知れない任意の予備調整のあいだ明瞭にそれとわかるような模擬カプセルを用いるべきである。

(159) 線源の置き忘れを防止するために、終始極度の注意を払わねばならない。これは開放施設 ((95) から (97) 項参照) の場合特に重要である。この場合にはその線源が危険に気づかない人の所有に帰することもありうる。

(160) 可能なかぎり、 γ 線ラジオグラフィーは遮蔽施設 ((91) から (94) 項参照) 内で行なわれるべきである。さもなければ、開放施設 ((95) から (97) 項参照) に従うもの) が用いられねばならない。

(161) 開放施設の使用にあたっては、放射線関係の職員は、かれら自身の適切な防護を保証しつつ、装置の必須な調整をするための最小の時間だけなら、高放射線区域に入り、またはそこにとどまってもよい。そのような調整のまえにその際の被曝を推定すべきであり、もし必要ならば模擬カプセルによる予行演習によってこれをおこなう。

その他のさまざまな使用

(162) これらの使用は、厚さ計用の比較的低い放射能強度の線源から照射用の高い放射能強度の線源までを含んでいる。

(163) 厚さ計その他のように低い放射能強度の線源を利用する場合には、日常それに関係するすべての従業員が“管理区域外”にあるとみなされるように、つまりモニタリングや特別な医学的検査の必要がなくなるように施設の遮蔽や配置のほうをむしろ考慮すべきである。

(164) 高放射能線源は非開放恒久施設内に設置すべきである。

F. 患者の防護

(165) 患者の被曝は有効な診断あるいは治療と両立する範囲で最低値に抑えなければならない。すべての診断、治療用の照射に際しては、臨床上の要求をみだしながら、生殖腺線量、皮膚線量および積算線量をできるだけ低く抑えるようにあらゆる努力を払わねばならないし、また被曝を減ずるようなどんな技術の改良をも利用すべきである。この点に関し章 E, ことに (36) から (81) 項と (133) から (152) 項に注意を喚起する。

(166) コリメーターやフィルター部分からの散乱線は最小にすべきである。

(167) あらゆる透視検査で、手動リセット式時間積算装置を使用すべきである。

(168) 目的とするラジオグラフィーの対象に適合した最高感度のフィルム、あるいはフィルム-増感紙の組合せを用いるべきである。写真現像処理の方法はそれにあわせて選択すべきである。

(169) 高感度蛍光板を用いるべきである。

(170) X線蛍光増倍管は、それを使用しないときよりも広範かつ長時間透視を可能にするためとか、操作者の眼の暗順応の必要性を除くためにではなく、むしろ患者のうける放射線量を減ずるために使用されるべきである。

(171) 利用線錐の中に生殖腺が入るときの放射線診断における高電圧技術の使用、焦点フィルム間距離の増加、固定および移動型グリッドの使用の制限、該当する場合にはたとえば、同時多層断層撮影のような改良された技術の導入に考慮が払われるべきである。

(172) 利用線錐の断面積は必要最小限の大きさに制限されるべきである。

(173) 実施しうるかぎりいつも、利用線錐から生殖腺をはずすように、またそれがうける迷放射線が最小となるように、患者を位置させるべきである。

(32) エネルギー 3 MeV までの X 線に対する防護に関する専門委員会Ⅲの報告

(174) 実施しうるときは、局所遮蔽によって生殖腺を防護すべきである。

(175) 接触ラジオグラフィーは危険であり、可能なかぎりいつもさけるべきである。

(176) 小児や妊婦の照射には特に慎重であるべきである。

(177) 検査をまっている患者の防護に対して考慮を払うべきである。

付 録

この付録は適切な防護の計算のための表と図を含んでいる。この「報告」の取り扱う範囲における防護の計算の目的には、ラド（またはレム）であらわされた臓器線量あるいは組織線量は、空气中でレントゲン単位で測られた照射線量と数値的に等しいものと仮定する。

表ⅠおよびⅡは適当な居在係数および使用係数のデータが得られない場合の遮蔽の設計の手引として使うためのものである。廻転照射の場合には使用係数が表中の値とかなり異なることがありうることに注意すべきである。

表Ⅰ 居 在 係 数

常時居在 ($T=1$)	制御室, 事務室, 机をおく広さのある廊下および待合場所, 暗室, 作業室および工作室, 看護婦詰所, 職業上被曝する職員が日常使用する休憩室や談話室, 居住に使われている部屋, 子供の遊び場所, 隣接建物の人の居るところ。
部分居在 ($T=\frac{1}{4}$)	机をおくには狭すぎる廊下, 便利室, 職業上被曝する職員が日常は使用しない休憩室および談話室, 病室および患者の使用する室, 運転者のいるエレベーター, 係員のいない駐車場。
臨時居在 ($T=\frac{1}{16}$)	小さすぎて将来も人の居在には適しない物置, 職業上被曝する職員が日常は使用しない便所, 階段, 自動式エレベーター, 歩道, 街路。

表Ⅱ 使 用 係 数

常時使用 ($U=1$)	歯科用施設以外の放射線室の床, 利用線錐に日常照射される放射線室のとびら, 壁および天井の部分。
部分使用 ($U=\frac{1}{4}$)	日常は利用線錐に照射されない放射線室のとびら, および壁の部分, 歯科用施設の床。
臨時使用 ($U=\frac{1}{16}$)	日常は利用線錐に照射されない放射線室の天井の部分。

ここに示した X 線減弱曲線はすべて相対的な透過ではなく, 一定の線源の

ばあいの防護障壁背後における照射線量率をあらわしている。相対的な透過は常に十分正確に知られているとは限らない。なぜなら減弱のない時の線量率は X 線管自身の透過などのような諸因子にひどく依存するであろうからである。いずれの場合にも曲線は広い線錐の状態を示している。

γ 線減弱曲線はすべて障壁の種々の厚さに対する相対的な透過で示してある。

どの程度の防護を要するかは稼動負荷、使用係数、居在係数、減弱係数および許容被曝のデータから計算することができる。

X 線および γ 線施設に対する必要な遮蔽の設計には、設計の目的のための許容線量 P が使われる。管理区域内では P は 0.1 r/週である。(ICRP 出版シリーズ 1 の (48) 項参照)。管理区域外で、特殊グループ B(a) および B(b) の人に対して年間線量 1.5 rem が勧告されている場所では P は 0.03 r/週にとる。年間 0.5 rem が勧告されている特殊グループ B(c) の人および一般集団中の個人に対しては、 P は 0.01 r/週にとる*。

X 線ならびに γ 線に対する一次防護障壁

防護障壁にゆるされる透過率 B は

$$B = \frac{P \cdot d^2}{WUT} \quad (1)$$

で与えられる。ここで d は線源から人の立ちいる場所までのメートルであらわされた距離。 W は週間稼動負荷 (γ 線源では 1 メートルにおける r/週, X 線源では週あたりの mA・分であらわす) である。 T は居在係数 (表 I) また U は使用係数 (表 II) である。 B は γ 線源に対しては透過率であらわされ、X 線源に対しては 1 メートルにおける r/mA・分の単位をもつことになる。

(1) 式で計算した B の値および該当する減弱曲線 (図 6-15) の使用によっ

* 未現像の写真乳剤はわずか 1 mr の照射でそこなわれることがある。

て、一次防護壁の厚さを決定することができる。なお WUT のいろいろな値に対する一次防護壁の必要量のいくつかを X 線に対しては表IVに、 γ 線に対しては表VIおよびVIIに示す。

障壁が表VIIIに示したような組成をもつならば、まず上述の方法で鉛の厚さを計算し、ついでこの表から障壁の厚さを算定することができる。ただしこの表のデータは細い線錐の状態で得られたものであるから、この厚さも近似的なものにすぎないであろう。

漏洩放射線に対する障壁

漏洩放射線の量 L (1メートルにおける r/時であらわす) の許容値は、種々の線源とX線管容器に対してこの「報告」の本文中に示してある。個々の適用のためにはこの L の値は製造業者からかあるいは容器の仕様から得ることができるであろう。 γ 線施設に対しては漏洩放射線の量は線錐制御機構を“ON”の位置にしたときのものが使われる。

週間漏洩放射線の量を P まで下げるような、許され得る障壁透過率 B_L は

$$B_L = \frac{P \cdot d^2}{L \cdot I \cdot t} \quad (2)$$

で表わされる。ここで t は線錐が“ON”である週当りの時間数である。X線施設については

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \quad (3)$$

となる。ここで I は最大漏洩の状況における mA であらわされた最高定格連続電流である。

漏洩放射線はすでに容器を通過することによって線質が硬くなっているから、障壁による減弱は該当した減弱曲線の厚い透過の終端における減弱と同様になるであろう。厚い透過の終端における HVL あるいは TVL は表 IV, VI および VII から得られる。(2) 式から計算される B_L の値に対応する HVL を

単位とした厚さ N は図 1 から求められる。そこで漏洩放射線に対する障壁の厚さは

$$N \cdot (\text{HVL}) \quad (4)$$

に等しいことになる。

散乱放射線に対する障壁

照射される物体からの散乱放射線は通常入射線雋より線量率が低く、かつ線質がやわらかいものである。もし散乱体が線源から 1 メートルの距離にあり、かつ利用線雋の中にあるならば、

$$B_s \cdot \frac{D_s}{D_u} = \frac{P \cdot d^2}{W \cdot T} \quad (5)$$

となる。ここで B_s は障壁を通じた散乱放射線の許されうる透過

率、 D_s は散乱体から 1 メートルの位置における障壁のない場合の散乱線量、 D_u は散乱体に入射する線量、 d は散乱体から人の立ちいる場所までの距離をメートルであらわしたものである。もし散乱体が線源から 50 cm のところにあるならば

$$B_s \cdot \frac{D_s}{D_u} = \frac{P \cdot d^2}{4 \cdot W \cdot T} \quad (6)$$

となる。

X 線源で、利用線雋と散乱線雋の間の角が 90° をなす場合には、 D_s/D_u は通常 0.001 未満であり、従って近似値としてこの値を使ってよいであろう。

500 kV までの X 線に対しては利用線雋の減弱曲線を用い、500 kV 以上の X 線に対しては 500 kV の曲線を用いてよい。(Braestrup and Wyckoff,

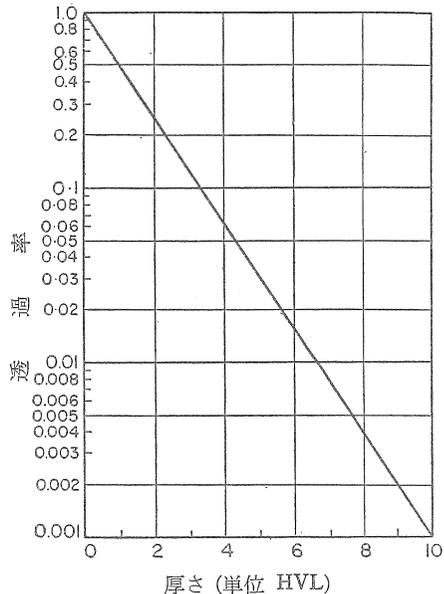


図 1. 透過率と、半価層 (HVL) を単位とした厚さとの関係

1958)

500 kV 以下の X 線に対しては (6) 式は次のように書ける。

$$(B_s)_{500} = \frac{250 \cdot P \cdot d^2}{W \cdot T} \quad (7)$$

1000 kV の X 線に対しては

$$(B_s)_{1000} = \frac{12 \cdot P \cdot d^2}{W \cdot T} \quad (8)$$

2000 kV の X 線に対しては

$$(B_s)_{2000} = \frac{P \cdot d^2}{W \cdot T} \quad (9)$$

3000 kV の X 線に対しては

$$(B_s)_{3000} = \frac{0.2 \cdot P \cdot d^2}{W \cdot T} \quad (10)$$

図 16—19 は一次線錐の中にある患者あるいは masonite ファントムから散乱する Co^{60} および Cs^{137} の γ 線の透過率をあらわしている。

二次防護障壁

散乱放射線および漏洩放射線に対する上述の規則は、この2つの別々の効果のどちらに対しても二次防護障壁の厚さを計算するのに使うことができる。このようにして別々に計算された障壁の厚さがほとんど等しいならば(すなわち、その差が 1 TVL 以下であるならば)、大きい方の障壁の厚さに 1/3 TVL を加えることによって必要な障壁の厚さの総計が求められる。しかし、もしどちらからの厚さが他方より 1 TVL 以上大きければ、厚い方だけで十分である。この大きい方の厚さは、一方の効果に由来する最大許容線量の透過に加えて、他の効果に由来する最大許容線量の 1/10 以上を透過させることはないであろう。この 1/10 の過剰分は計算に含まれた近似からみれば無視しうる。X 線に対する必要な二次防護障壁のいくつかを表 V に示してある。

(38) エネルギー 3 MeV までの X 線に対する防護に関する専門委員会 III の報告

距離による防護

ある場合には距離のみで週間線量を 100 mr に減らし得るであろう。図 21 および 22 はこのような距離を示している。

電子線に対する防護

図 20 は種々の物質中の電子の飛程を示す。

患者の被曝線量の推定

図 32 および表 IX, X は患者の受ける線量を推定するのに役立つ。表 XI は各種の X 線検査によって受ける生殖腺線量の範囲を示す。

表 お よ び 図 の 一 覧 表

放射線の出力

X線:	一次線	図 2, 3, 4
γ 線:	一次線	表 III
	二次線	図 5

減 弱

X線:	一次線	図 6, 7, 8, 9, 10, 11
γ 線:	一次線	図 12, 13, 14, 15
	二次線	図 16, 17, 18, 19
β 線:	電子の飛程	図 20

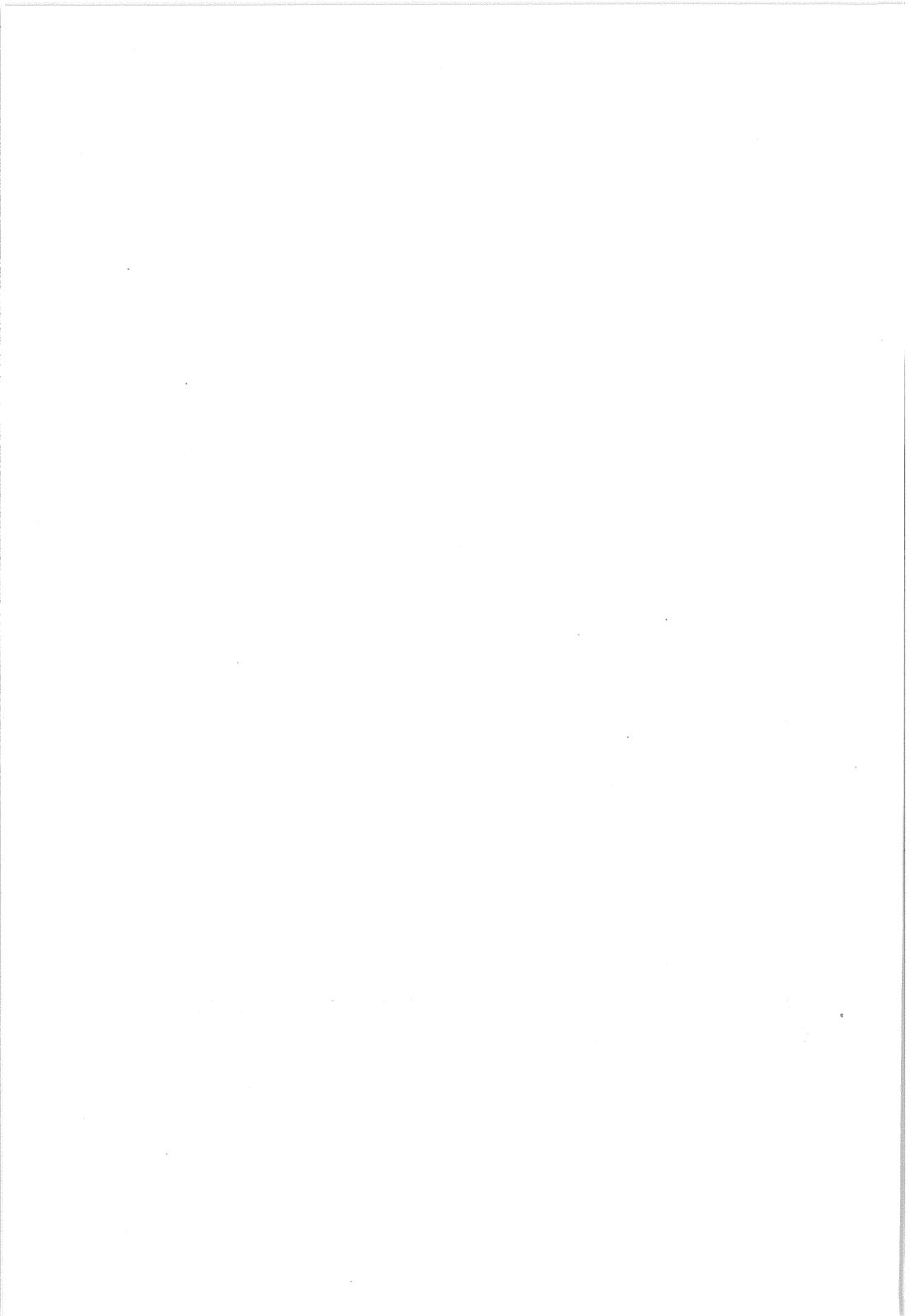
防護のデータ

X線:	距離による防護	図 21
γ 線:	距離による防護	図 22
X線:	障壁の厚さ	表 IV, V
γ 線:	障壁の厚さ	表 VI, VII
X線:	等価の厚さ	表 VIII

患者の被曝線量

皮膚線量	表 IX, X
生殖腺線量	表 XI
深部線量	図 23

『 これらの表および図は、あるものは公表されたデータからとったものであり、その場合にはデータの出所を示す引用文献を記しておく。



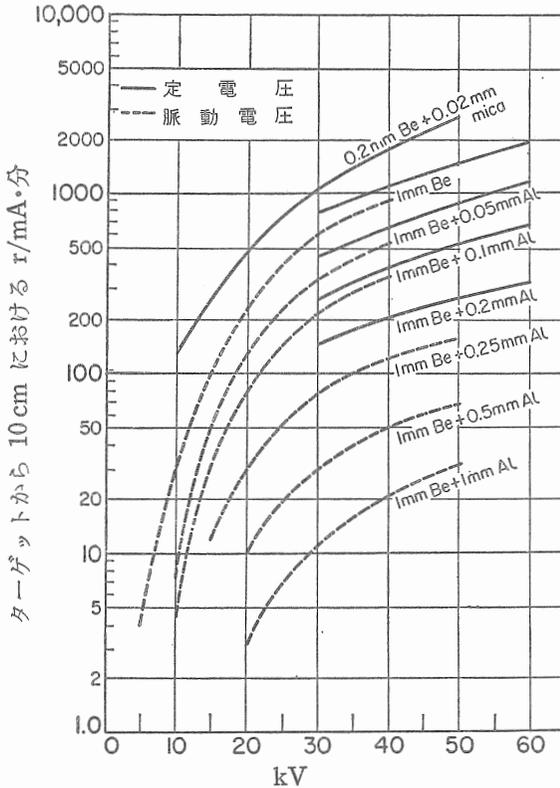


図 2. 一次 X 線の出力の近似値. タングステンのターゲットで Be 0.2 mm から Al 1 mm までの総透過をもつ X 線管からの一次 X 線の 10 cm の距離における空气中で測られた出力, 単位 $r/mA \cdot \text{分}$. タングステン以外のターゲット物質の場合の線量率を求めるには, この図から得られた数値に $Z/74$ をかければよい. ここで Z は問題となっているターゲット物質の原子番号であり, 74 はタングステンのそれである.

(脈動電圧: Jennings, 1950. 定電圧: Rogers, 1947)

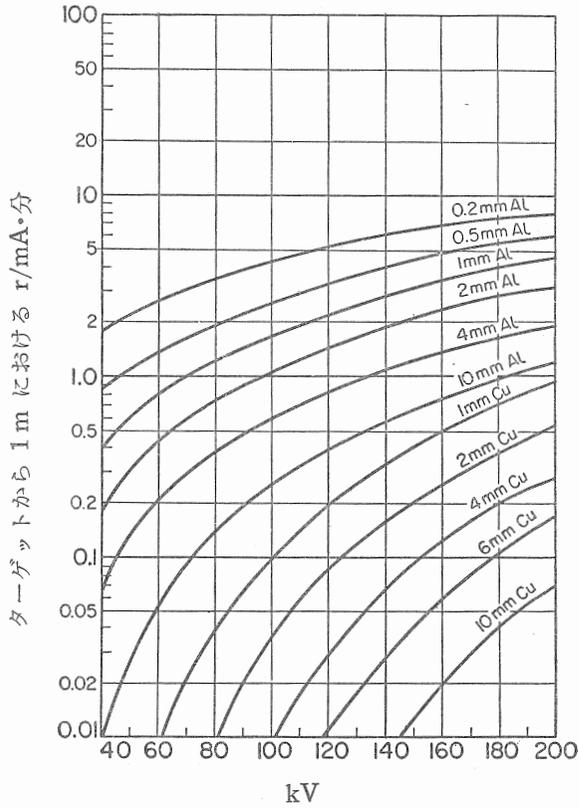


図 3. 一次 X 線の出力の近似値. タングステンのターゲットで Al 0.2 mm から Cu 10 mm までの総透過をもつ X 線管からの一次 X 線の 40~200 kV 定電圧の場合の 1 m の距離における空气中で測られた出力 (単位 r/mA·分)

(Al 透過板, 40~100 kV, および Cu 透過板, 40~200 kV: Taylor, 1950)

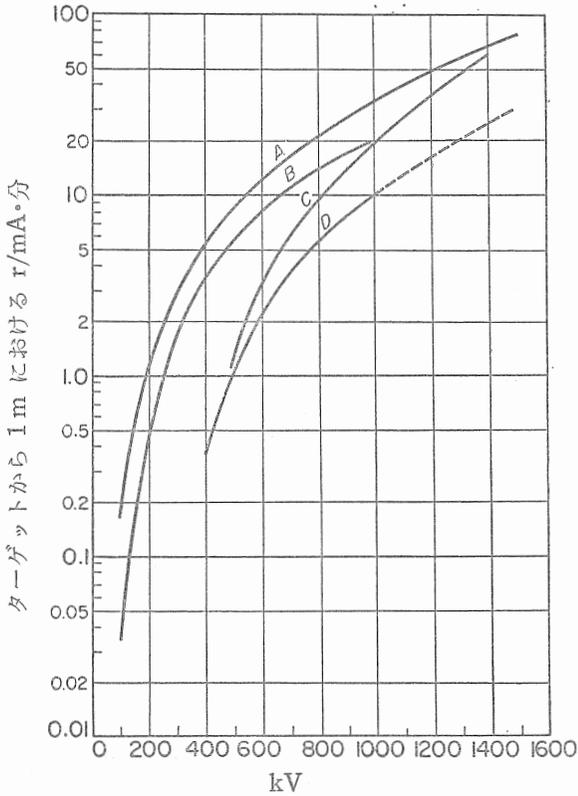


図 4. 一次 X 線の出力の近似値. 100~1500 kV 定電圧の場合の 1 m の距離における空气中で測られた一次線出力 (単位 $r/mA \cdot \text{分}$)

A: 総透過 Cu 0.5 mm, 反射型タングステンターゲット

(Kaye and Binks, 1940)

B: 総透過 Cu 2.5 mm, 反射型タングステンターゲット (van der Tuuk, 1933)

C: 総透過 W 2.8 mm + Cu 2.8 mm + 真鍮 2.1 mm + 水 18.7 mm, 透過型タングステンターゲット (Wyckoff *et al.*, 1948)

D: 総透過 Pb 2.0 mm + Fe 4.1 mm, 反射型金ターゲット (Phillips, 1944)

表 III 密封線源として使用される核種の比 γ 線放出

(ICRU 報告書 (近刊) より, 半減期は British Code of Practice 1957 より.
Cs¹³⁴: Gussew 1957.)

核種	γ 線の量子エネルギー (MeV) およびその放出確率	半減期	比 γ 線放出 $\frac{r}{c} \cdot \frac{m^2}{\text{時}}$
Fe ⁵⁹	0.19 (0.03) 1.098 (0.57) 1.289 (0.43)	47 日	0.68
Co ⁶⁰	1.173 (1) 1.332 (1)	5.3 年	1.31
Cs ¹³⁴	many lines	2.3 年	0.89
Cs ¹³⁷	0.66 (0.81)	30 年	0.34
Tm ¹⁷⁰	0.084 (0.03)	129 日	0.004
Ta ¹⁸²	many lines	111 日	0.61
Ir ¹⁹²	many lines	74 日	0.50
Au ¹⁹⁸	0.411 (0.95) 0.68 (0.01)	2.7 日	0.232
Ra ²²⁶	many lines	1590 年	0.825*

* 白金 0.5 mm のカプセル入り線源. この場合には単位は $\frac{r}{g} \cdot \frac{m^2}{\text{時}}$ である.

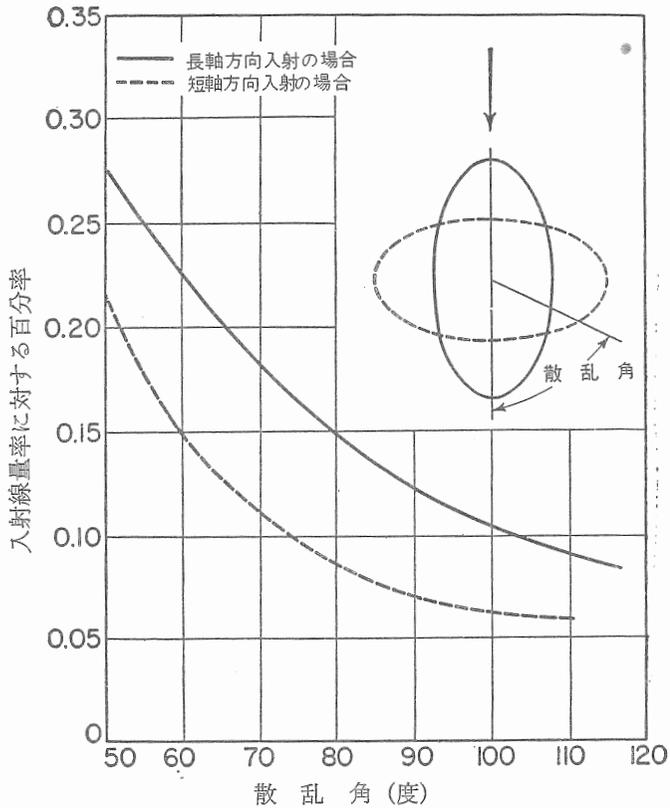


図 5. Co^{60} の散乱線. 種々の散乱角に対して, 入射線量率に対する百分率であらわされた masonite ファントムから 1 m の距離における散乱線. ファントムは長軸 36 cm, 短軸 20 cm の楕円柱. 距離 1 cm における照射野は 26×26 cm. (Dixon *et al.*, 1952)

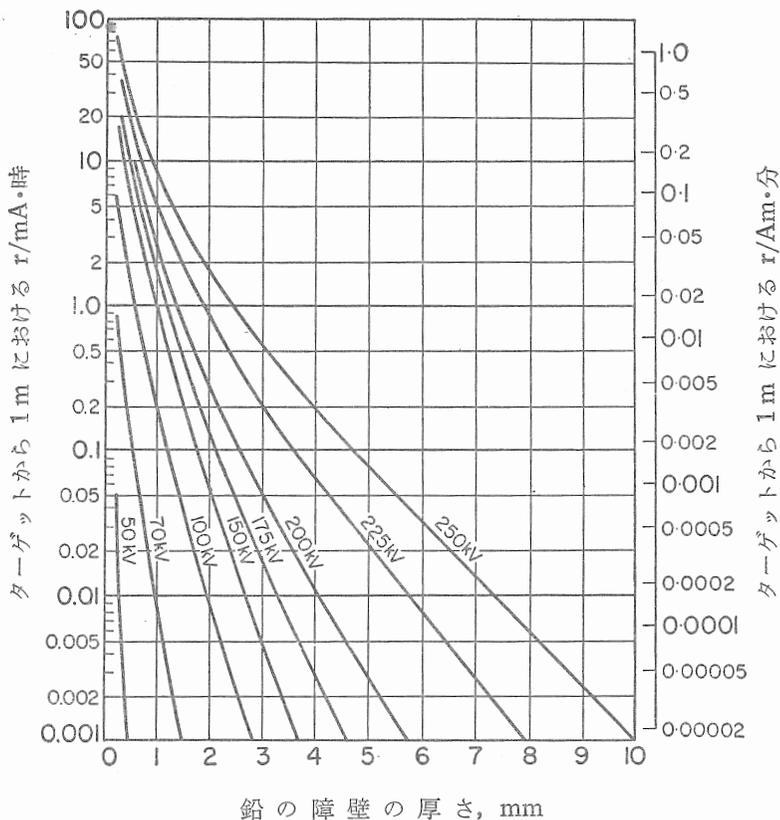


図 6. 50~250 kV X線の鉛による減弱.

これらの曲線は半波整流の高圧発生装置を用い、電子線に対して 90° の方向に出た X 線について得られたものである。X 線管自身の透過は 150~250 kV の曲線については Al 3 mm, その他の曲線については Al 0.5 mm であった。(Braestrup, 1944)

直流電圧の場合には、上記の脈動電圧のものより障壁を 10% 厚くする必要がある。

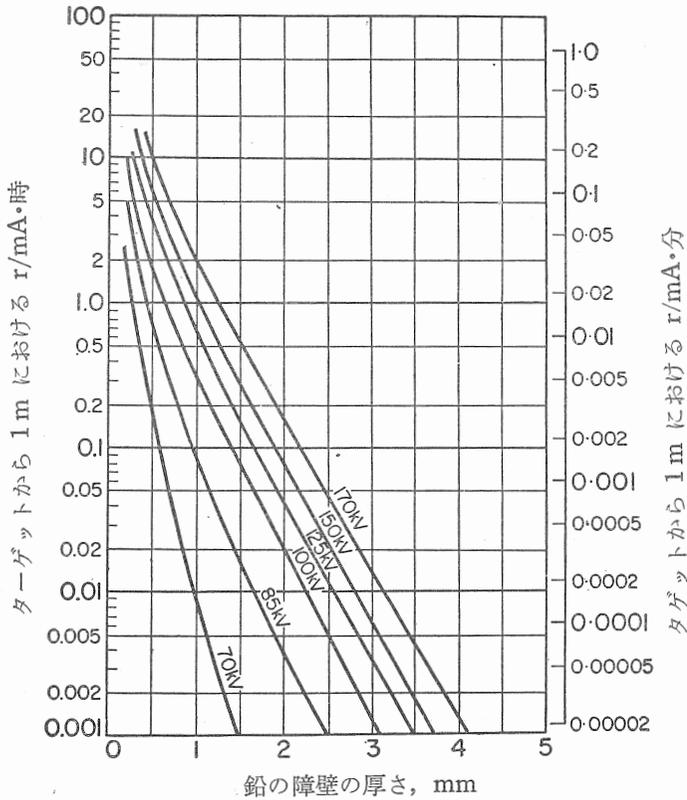


図 7. 70~170 kV X線の鉛による減弱. これらの曲線は定電圧発生装置を用い、電子線に対して 90° の方向に出た X線について得られたものである. X線管自身の戸過は約 Al 1 mm であった. (Thoraesus, 1959)

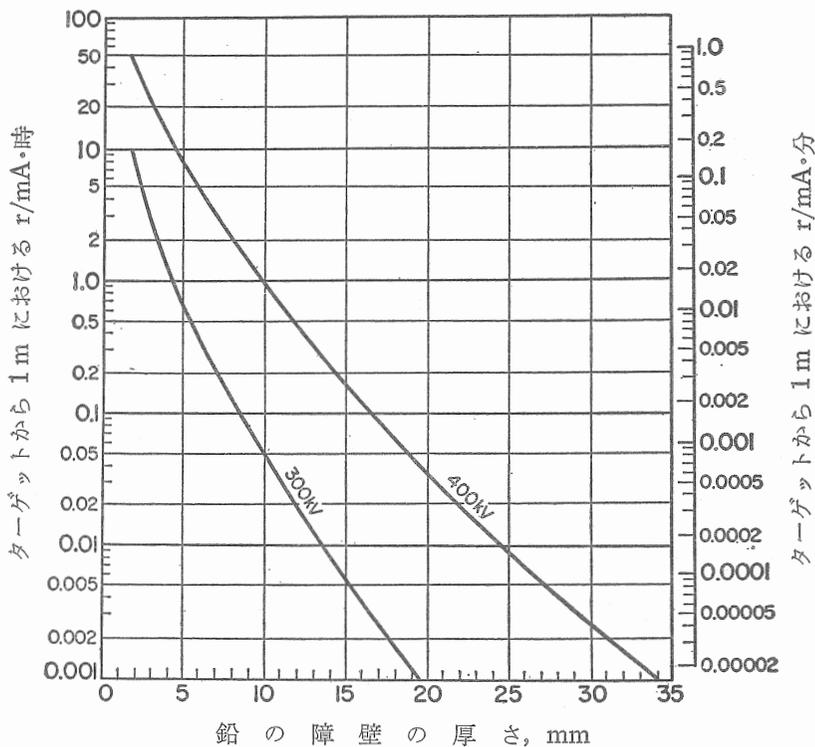


図 8. 300 および 400 kV X線の鉛による減弱。

これらの曲線は定電圧発生装置を用い、電子線に対し 90° の方向に出たX線について得られたものである。X線管自身の透過は約Cu 3mm。(Miller and Kennedy, 1955)

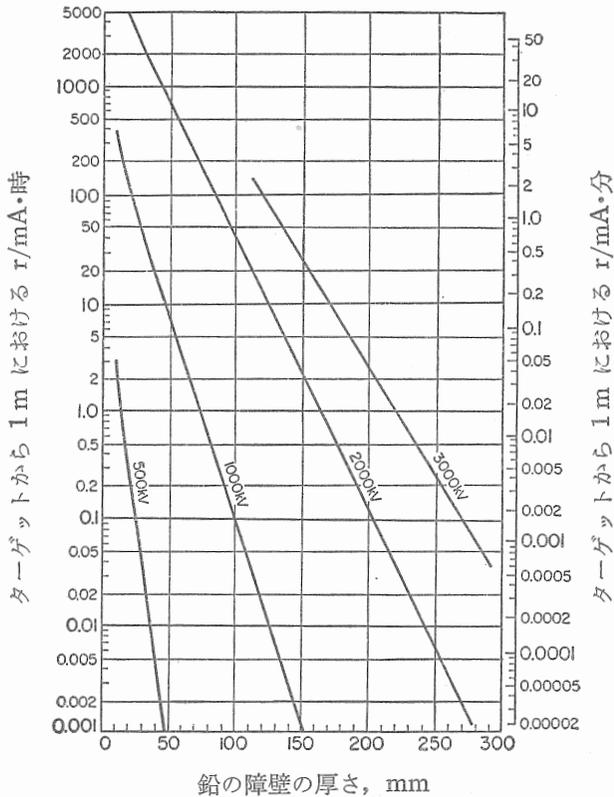


図 9. 500~300 kV X 線の鉛による減弱.

500 および 1000 kV の曲線は定電圧発生装置を用い、電子線に対して 0° の方向に出た X 線について得られたものである。

X 線管自身の河過はタングステン 2.8 mm, 銅 2.8 mm, 真鍮 2.1 mm および水 18.7 mm であった。(Wyckoff *et al.*, 1948)

2000 kV の曲線は定電圧装置を用い、電子線に対して 0° の方向に出た X 線についての測定から広い線錐の場合へ補外して得られたものである。X 線管自身の河過は鉛 6.8 mm と等価であった(Evans *et al.*, 1952)。

3000 kV の曲線は大きい照射野についての値にもとづいている。防護の計算をするときに考慮されねばならぬ多くの半価層の平均値は鉛 15 mm である。(Kaye and Binks, 1940; Wachsman and Dimotsis, 1957)

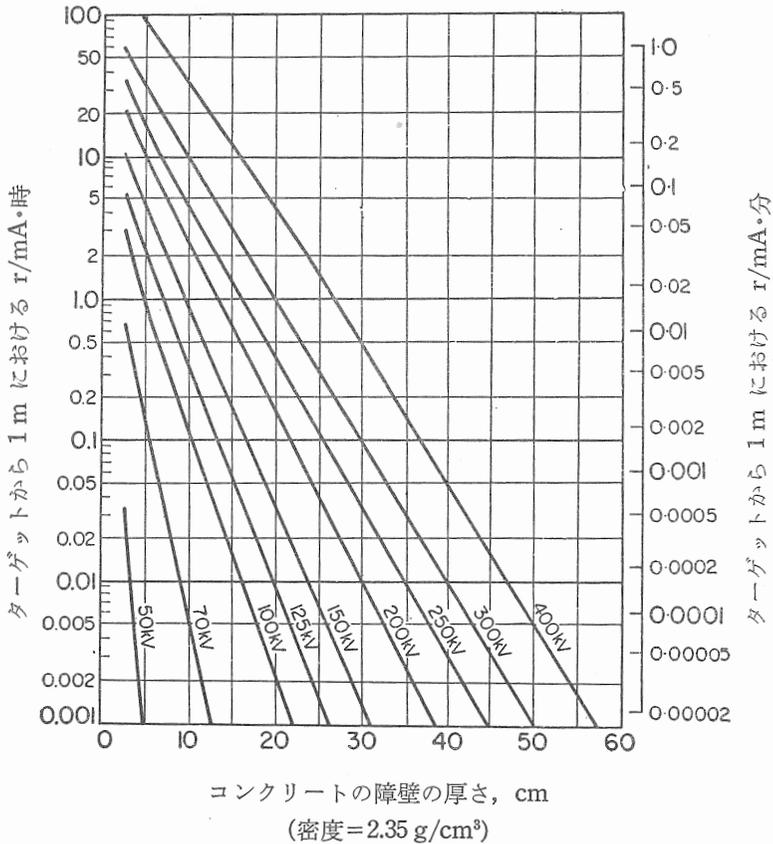
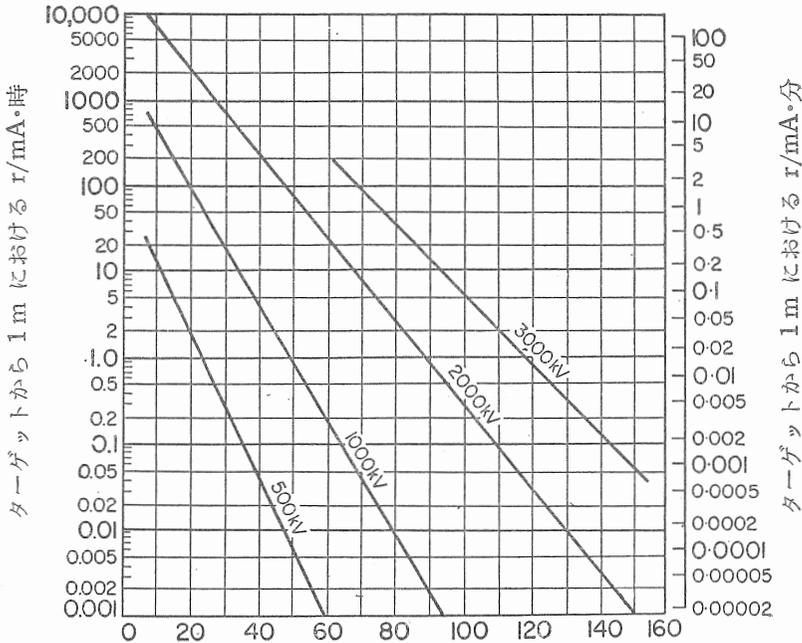


図 10. 50~400 kV X 線のコンクリートによる減弱.

これらの測定は電子線に対して 90° の方向に出る X 線についてなされた。50 から 500 kV までの曲線は半波整流の発生装置による。総透過は Al 1~3 mm の間であった。(Trout, Kelley and Lucas, 1959)

400 kV の曲線は定電圧発生装置で得られたデータから補間したものである。X 線管自身の透過は約 Cu 3 mm (Miller and Kennedy, 1955)



コンクリートの障壁の厚さ, cm (密度=2.35 g/cm³)

図 11. 500~3000 kV X 線のコンクリートによる減弱.

500 および 1000 kV の曲線は定電圧発生装置を用い、電子線に対して 0° の方向に出る X 線について得られたものである。X 線管自身の透過は、タンダステン 2.8 mm, 銅 2.8 mm, 真鍮 2.1 mm および水 18.7. (Wyckoff *et al.*, 1948).

2000 kV の曲線は定電圧発生装置を用い、電子線に対して 0° の方向に出た X 線を用いた測定から広い線錐の場合へ補外して得られたものである。X 線管自身の透過は鉛 6.8 mm と等価であった。(Evans *et al.*, 1952).

2000 kV の曲線は大きい照射野についての値にもとづいている。防護の計算をするときに考慮されねばならぬ多くの半価層の平均値はコンクリート 75 mm である。(Wachsmann and Dimotsis, 1957; Goldie *et al.*, 1954)

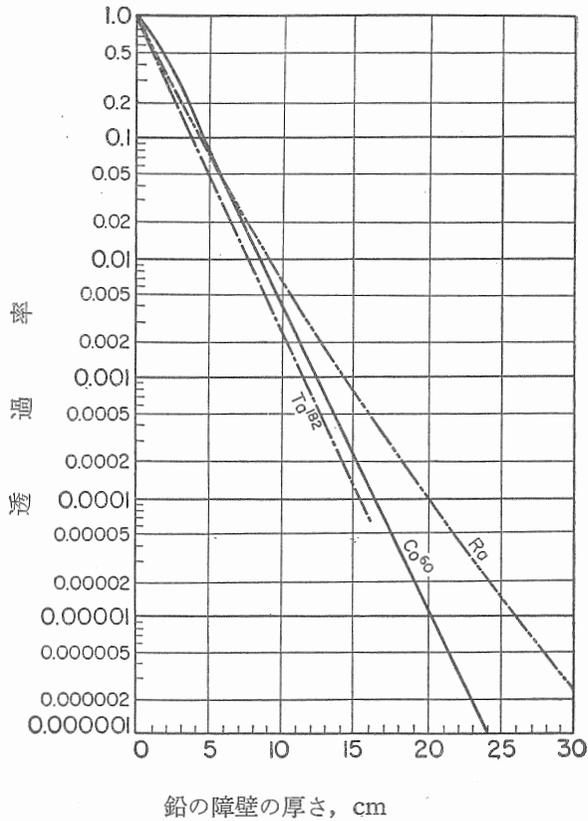


図 12. ラジウム, Co⁶⁰ および Ta¹⁸² の γ 線の鉛に対する透過率.
(Ra および Co⁶⁰: NBS Handbook 54. Ta¹⁸²: West, 1953)

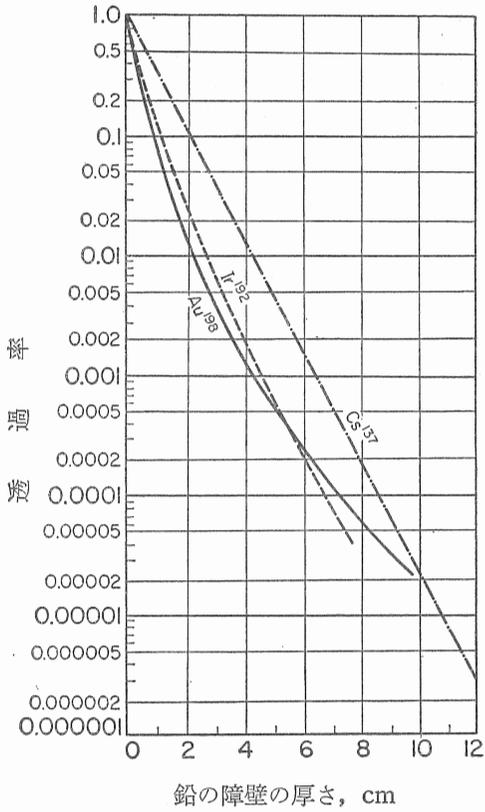


図 13. Cs¹³⁷, Ir¹⁹² および Au¹⁹⁸ の γ 線の鉛に対する透過率。

(Cs¹³⁷: NBS Handbook 54. Ir¹⁹²: Ritz, 1958. Au¹⁹⁸: Kirn *et al.*, 1954)

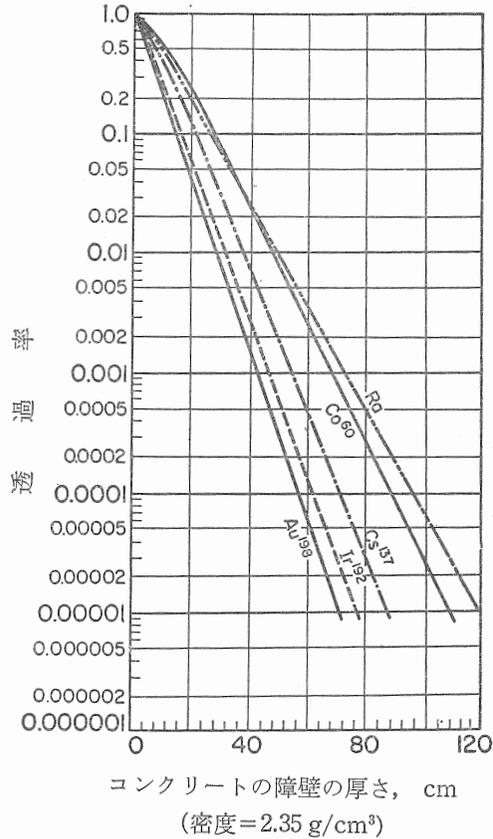


図 14. ラジウム, Co^{60} , Cs^{137} , Ir^{192} および Au^{198} の γ 線のコンクリートに対する透過率.

(ラジウム, Co^{60} および Cs^{137} : NBS Handbook 54. Ir^{192} : Ritz, 1958. Au^{198} : Kirn *et al.*, 1954)

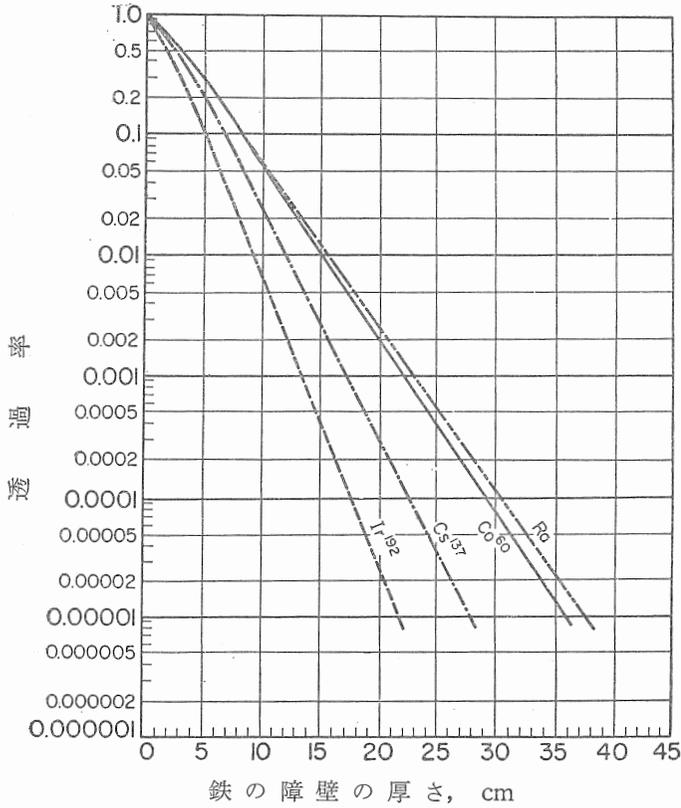


図 15. ラジウム, Co^{60} , Cs^{137} および Ir^{192} の γ 線の鉄に対する透過率.

(Ra, Co^{60} および Cs^{137} : NBS Handbook 54, Ir^{192} : Ritz, 1958)

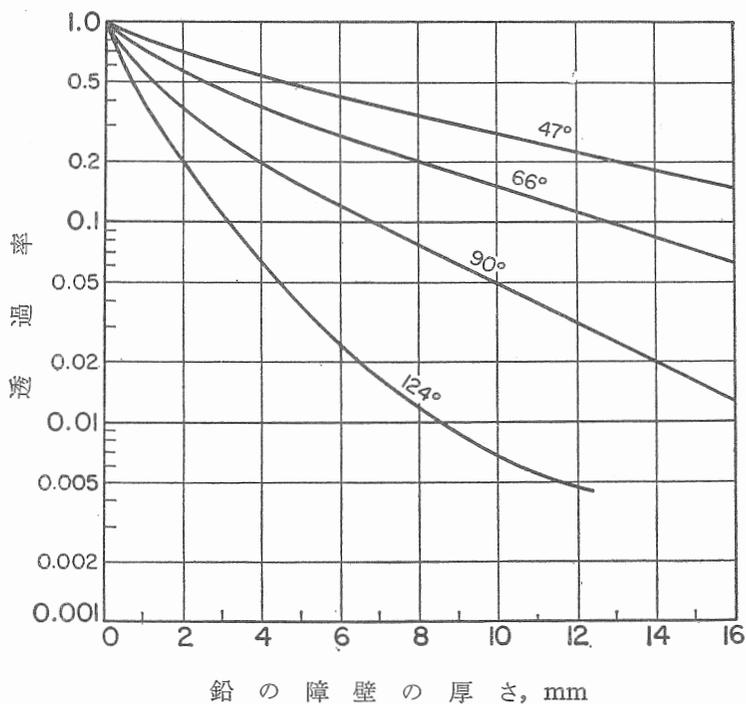


図 16. 散乱放射線の透過率. 一次線錐中におかれた masonite フェントムから 47°, 66°, 90° および 124° の方向に散乱された Co^{60} の γ 線の鉛に対する透過率. (Dixon *et al.*, 1952)

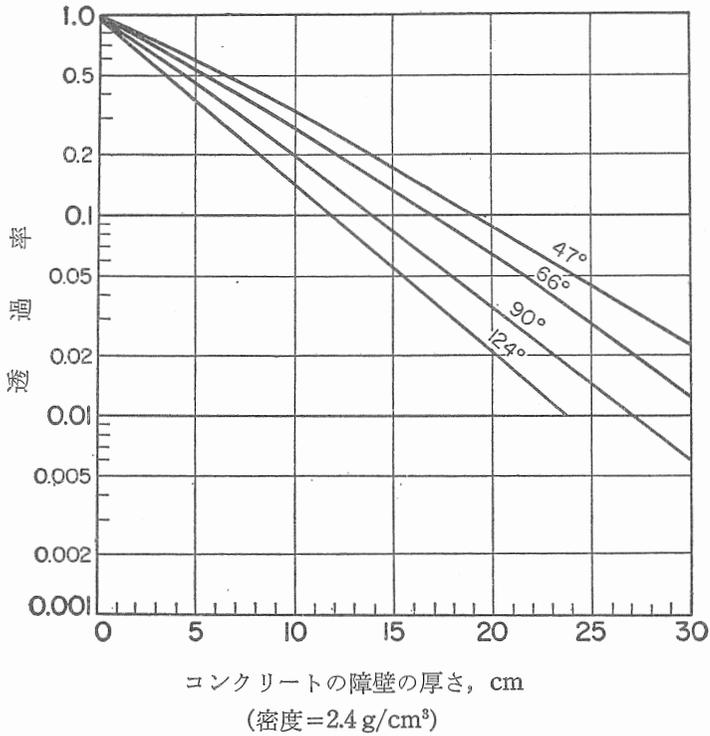


図 17. 散乱放射線の透過率. 一次線錐中におかれた masonite ファントムから 47°, 66°, 90° および 124° の方向に散乱された Co^{60} の γ 線のコンクリートに対する透過率. (Dixon *et al.*, 1952)

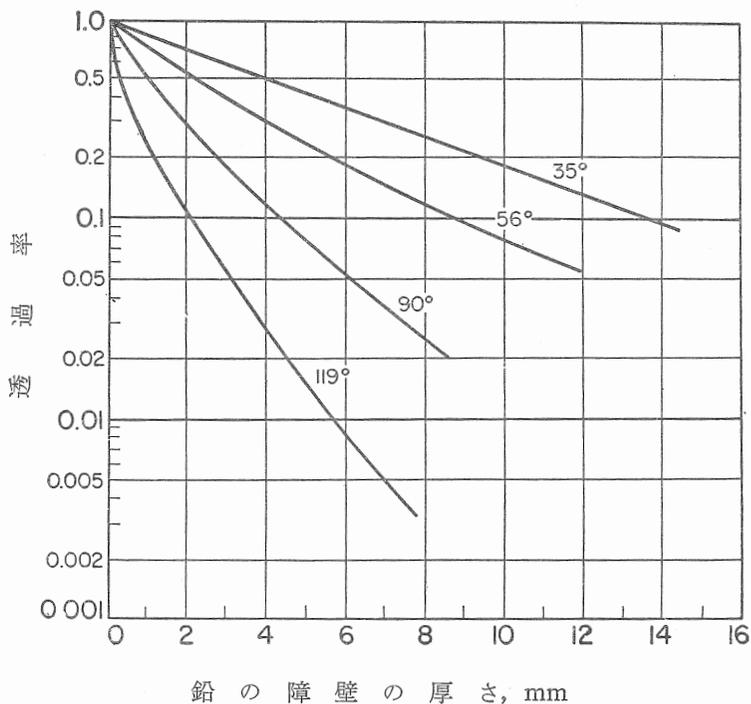


図 18. 散乱放射線の透過率. 斜めにおかれたコンクリートの障壁から 35°, 56°, 90° および 119° の方向に散乱された Cs¹³⁷ の γ 線の鉛に対する透過率.

(Frantz and Wyckoff, 1959)

直径 20 cm の照射野の場合, コンクリートの壁から 1 m の距離における散乱線の線量率は,

散乱角 119° では入射線量率の約 0.4%

散乱角 90° では入射線量率の約 0.5%

散乱角 56° では入射線量率の約 0.9%

散乱角 35° では入射線量率の約 1.1%

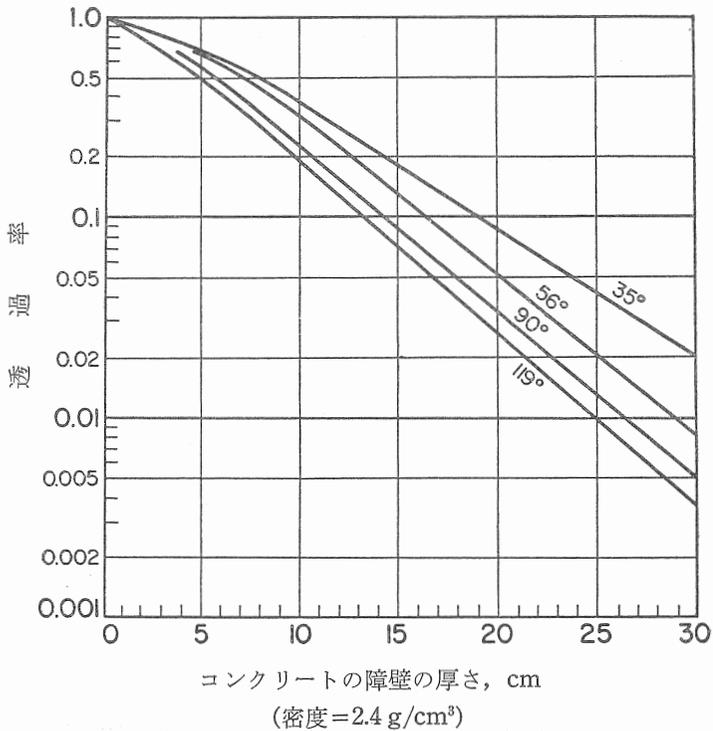


図 19. 散乱放射線の透過率. 斜めにおかれたコンクリートの障壁から 35°, 56°, 90° および 119° の方向に散乱された Cs^{137} の γ 線のコンクリートに対する透過率. (Frantz and Wyckoff, 1959)

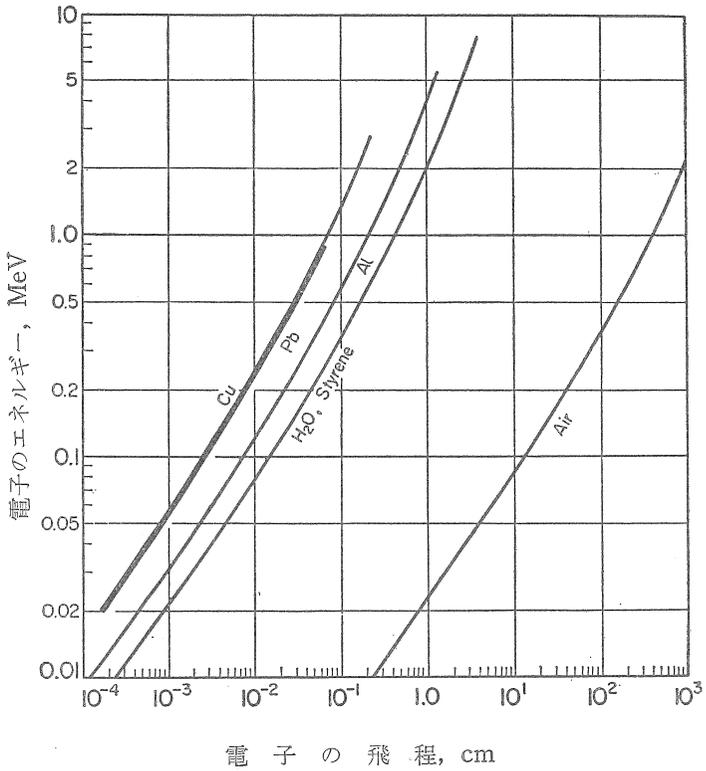


図 20. Pb, Cu, Al, 水, スチレンおよび空気中における電子の飛程. (Nelms, 1956)

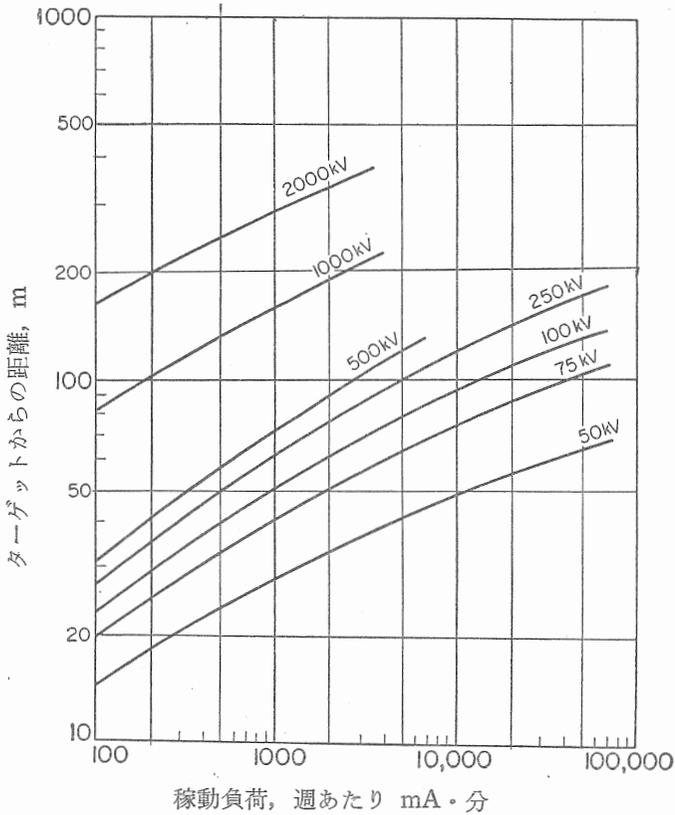


図 21. 50~2000 kV X線の距離による防護. これらの曲線は利用線錐の線量が 100 mr/週になる距離をあらわしている. 透過は図 6, 8 および 9 のものと仮定した. 縦軸距離の値は, 距離のほかに空気吸収をも考慮して計算した. 空気吸収は, その X 線が, 図に示された管電圧のときの連続 X 線の最短波長の 2 倍の波長をもつ単色 X 線であると仮定して決定した.

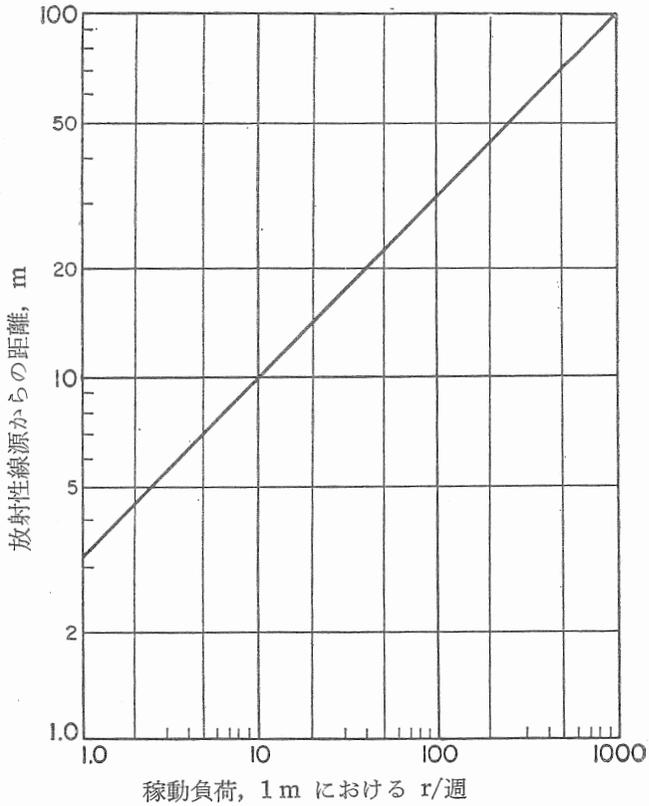


図 22. γ 線の場合の距離による防護.

照射線量率を 100 mr/週に減らすのに必要な距離. この曲線は逆自乗則にもとづいたもので, 空気の吸収を含んでいない. 100 m 以上の距離では空気の吸収の重要性が次第に増すからそれを考慮すべきである.

表 IV. 100 mr/週の場合に必要なとされる一次防護障壁

表の値は管理区域における設計目的の値, 100 mr/週にまで照射線量を減らすのに必要な遮蔽をあらわしている。管理区域外での必要な遮蔽を計算するには, 週間照射線量を約 30 mr に減らすためには $\frac{1}{2}$ TVL を, 10 mr に減らすためには 1TVL を加える必要がある。

管電圧 (定電圧)	WUT (mA・分/週)	ターゲットからそれぞれの距離における鉛の一次防護障壁の必要な厚さ (mm)					ターゲットからそれぞれの距離におけるコンクリート (2.35 g/cm ³) の一次防護障壁の必要な厚さ (mm)						
		TVL	1 m	2 m	3 m	5 m	10 m	TVL	1 m	2 m	3 m	5 m	10 m
50 kV	10,000	0.2	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	2	7	6	5	4	3
	3,000		0.6	0.5	0.4	0.3	0.2		6	5	4	3	2
	1,000		0.5	0.4	0.3	0.2	0.1		5	4	3	2	1
	300		0.4	0.3	0.2	0.2	0.1		4	3	2	2	1
	100		0.3	0.2	0.2	0.1	0.1		3	2	2	1	1
70 kV	10,000	0.5	1.6	1.3	1.1	0.9	0.7	4	14	12	10	8	6
	3,000		1.4	1.1	0.9	0.7	0.5		12	10	8	6	4.5
	1,000		1.1	0.9	0.7	0.5	0.4		10	8	6	4.5	3.5
	300		0.9	0.7	0.5	0.4	0.2		8	6	4.5	3.5	2
	100		0.7	0.5	0.4	0.3	0.1		6	4.5	3.5	2.5	1
85 kV	10,000	0.8	2.7	2.2	1.9	1.5	1.1	6.5	23	19	16	13	9.5
	3,000		2.3	1.8	1.5	1.2	0.8		19.5	15.5	13	11	7
	1,000		1.8	1.4	1.1	0.9	0.6		15.5	12.5	9.5	8	5
	300		1.4	1.1	0.8	0.6	0.4		12.5	9.5	7	5	3.5
	100		1.1	0.8	0.6	0.4	0.2		9.5	7	5	3.5	2
100 kV	10,000	0.85	3.3	2.8	2.5	2.1	1.6	7	26.5	22	20	17	13
	3,000		2.9	2.4	2.0	1.7	1.2		23	19	16	14	10
	1,000		2.5	2.0	1.6	1.3	0.8		20	16	13	10.5	6.5
	300		2.0	1.5	1.2	0.9	0.5		16	12	10	7.5	4
	100		1.6	1.1	0.8	0.6	0.3		13	9	6.5	5	2.5
125 kV	10,000	0.9	3.7	3.2	2.8	2.5	1.9	7	30	26	24	21	16.5
	3,000		3.3	2.7	2.4	2.0	1.5		27	23	20	17	13
	1,000		2.8	2.3	1.9	1.6	1.0		24	19	16.5	14	9
	300		2.4	1.8	1.5	1.1	0.7		20	16	13	10	6
	100		1.9	1.4	1.1	0.8	0.4		16.5	12	10	7	3
150 kV	10,000	0.9	3.9	3.4	3.1	2.7	2.1	8	33	29	26	23	18
	3,000		3.5	2.9	2.6	2.2	1.6		30	25	22	19	14
	1,000		3.0	2.5	2.2	1.7	1.2		25.5	21	19	14.5	10.5
	300		2.6	2.1	1.7	1.3	0.8		22	18	15	11	7
	100		2.2	1.6	1.3	0.9	0.5		19	14	12	8	4
200 kV	30,000	2	8	6.5	6	5	4	9	49	42	39	34	30
	10,000		7	5.5	5	4.2	3.3		44	37	34	30	25
	3,000		6	4.5	4	3.3	2.5		39	32	29	25	21
	1,000		5	3.8	3.3	2.7	1.8		34	27	25	22	16
	300		4	3.0	2.5	1.9	1.2		30	23	21	17	12
100	3.3	2.4	1.9	1.3	0.9	25	20	17	13	8			
250 kV	30,000	3	13.5	12	10.5	9	7.5	10	55	49	45	41	35
	10,000		12	10.5	9	7.5	6		50	45	40	35	30
	3,000		10.5	8.5	7.5	6	4.5		45	39	35	30	25
	1,000		9	7	6	5	3.5		40	34	30	26	20
	300		7.5	5.5	4.5	3.5	2.5		35	28	25	20	15
100	6	4.5	3.5	2.5	1.5	30	25	20	15	10			
300 kV	30,000	6	24	20	18	15.5	12	10	58	51	48	44	38
	10,000		21	17	15	12.5	9.5		53	46	43	39	32
	3,000		18	14	12	10	7		48	41	38	33	28
	1,000		15	11.5	10	7.5	5		43	36	33	29	23
	300		12	9	7.5	5.5	3.5		38	32	29	24	18
100	9.5	7	5.5	4	2.5	33	28	24	19	15			

表 V. 100 mr/週の場合に必要なとされる二次防護障壁

表の値は管理区域における設計目的の値、100 mr/週にまで照射線量を減らすのに必要な遮蔽をあらわしている。管理区域外での必要な遮蔽の計算をするには、週間照射線量を約 30 mr に減らすためには $1TVL$ を、10 mr に減らすためには $1TVL$ を加える必要がある。(TVL の値については表 IV をみよ)

管電圧 (定電圧)	WUT (mA・分/週)	ターゲットからそれぞれの距離における鉛の 二次防護障壁の必要な厚さ (mm)					ターゲットからそれぞれの距離におけるコン クリート (2.35 g/cm ³) の二次防護障壁の必 要な厚さ (mm)				
		1 m	2 m	3 m	5 m	10 m	1 m	2 m	3 m	5 m	10 m
50 kV ¹	10,000	0.35	0.25	0.2	0.1	0	3.5	2.5	2	1	0
	3,000	0.25	0.15	0.1	0.1	0	2.5	1.5	1	0	
	1,000	0.2	0.1	0.1	0	0	2	1	1	0	
	300	0.1	0	0	0	0	1	0	0	0	
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
70 kV ¹	10,000	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	7	5.5	4	2.5	1
	3,000	0.7	0.5	0.3	0.1	0	5.5	4	2.5	1	
	1,000	0.5	0.3	0.1	0	0	4	2.5	1	0	
	300	0.3	0.1	0	0	0	2.5	1	0	0	
	100	0.1	0	0	0	0	1	0	0	0	
85 kV ¹	10,000	1.4	1.0	0.8	0.4	0.2	12	8	6.5	4	2
	3,000	1.1	0.7	0.4	0.2	0	9	6	4	2	
	1,000	0.8	0.4	0.2	0	0	6.5	4	2	0	
	300	0.4	0.2	0	0	0	4	2	0	0	
	100	0.2	0	0	0	0	2	0	0	0	
100 kV ¹	10,000	1.6	1.1	0.9	0.5	0.2	13	10	7	4	2
	3,000	1.2	0.8	0.5	0.2	0	10	7	4	2	
	1,000	0.9	0.4	0.2	0	0	7	4	2	0	
	300	0.5	0.2	0	0	0	4	2	0	0	
	100	0.2	0	0	0	0	2	0	0	0	
125 kV ¹	10,000	1.8	1.4	1.0	0.5	0.2	14.5	11	8	4	2
	3,000	1.4	0.9	0.5	0.2	0	11	7.5	4	2	
	1,000	1.0	0.5	0.2	0	0	7.5	4	2	0	
	300	0.5	0.2	0	0	0	4	2	0	0	
	100	0.2	0	0	0	0	2	0	0	0	
150 kV ¹	10,000	1.9	1.5	1.0	0.6	0.2	15	11	8	5	2
	3,000	1.5	0.9	0.6	0.2	0	11	7.5	5	2	
	1,000	1.0	0.6	0.2	0	0	8	5	2	0	
	300	0.6	0.2	0	0	0	5	2	0	0	
	100	0.2	0	0	0	0	2	0	0	0	
200 kV ²	30,000	5.1	3.9	3.2	2.6	1.6	36	29	25	22	15
	10,000	4.1	3.0	2.4	1.8	0.8	31	24	20	16	9
	3,000	3.2	2.2	1.6	0.9	0.3	26	19	15	10	5
	1,000	2.4	1.4	0.9	0.3	0	21	14	10	5	0
	300	1.6	0.7	0.3	0	0	15	8	5	0	0
250 kV ²	30,000	7.5	6.0	5.0	4.0	2.5	37	31	27	23	17
	10,000	6.2	4.8	3.8	2.7	1.2	32	26	22	18	10
	3,000	5.0	3.6	2.6	1.4	0.5	27	21	17	11	5
	1,000	3.8	2.4	1.4	0.5	0	22	16	11	5	0
	300	2.5	1.0	0.5	0	0	17	9	5	0	0
300 kV ²	30,000	14.5	11	9.5	7.5	5	40	32	28	25	19
	10,000	12	8.5	7	5	3	34	27	24	19	14
	3,000	9.5	6	5	3	1	28	22	19	14	8
	1,000	7	4	3	1	0	24	16	14	8	0
	300	5	2.5	1	0	0	19	12	8	0	0

この表の数字は散乱放射線および漏洩放射線の両方を考慮してある。1 m における散乱放射線は入射線量の 0.1 % と仮定した。漏洩放射線を計算するために最高定格をそれぞれ、診断用防護用 X 線管容器 (1) については毎時 180 mA・分、治療用防護用 X 線管容器 (2) については毎時 900 mA・分と仮定した。

表 VI. 週 100 mr の場合に必要とされる Co-60 の遮蔽

(Braestrup and Wyckoff, 1958)

WUT*	近 似 値		線源と人の立ちいる場所との間の距離 (m)											
	HVL	TVL												
80,000			1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16				
40,000				1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16			
20,000				1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16		
10,000					1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16	
5,000						1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16
2,500							1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11
1,250								1	1.4	2	2.8	4	5.6	8
620									1	1.4	2	2.8	4	5.6
310										1	1.4	2	2.8	4
障壁の型			鉛 の 厚 さ (cm)											
一 次	1.2	4.0	22.7	21.5	20.3	19.1	17.9	16.7	15.5	14.3	13.1	11.9	10.7	
漏 洩† 0.1%	1.2	4.0	10.7	9.5	8.4	7.3	6.2	4.9	3.6	2.2	0.8	0	0	
散 乱‡														
30°	1.02	3.40	12.4	11.3	10.3	9.2	8.2	7.2	6.2	5.1	4.1	3.1	2.1	
45°	0.87	2.90	9.8	8.9	8.1	7.2	6.3	5.4	4.5	3.7	2.8	1.8	1.1	
60°	0.75	2.50	7.8	7.0	6.3	5.6	4.8	4.1	3.3	2.6	1.8	1.1	0.4	
90°	0.43	1.45	3.7	3.2	2.8	2.4	1.9	1.5	1.1	0.7	0.3	0.1	0	
120°	0.20	0.65	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7	0.5	0.35	0.2	0.1	0	0	
150°	0.14	0.45	0.9	0.8	0.7	0.55	0.45	0.3	0.2	0.1	0.05	0	0	
障壁の型			コンクリート (密度=2.35 g/cm ³) の厚さ (cm)											
一 次	6.6	21.8	122	116	110	104	97	91	85	79	72	66	60	
漏 洩† 0.1%	6.6	21.8	60	54	48	41	34	27	19.5	12	4.5	0	0	
散 乱‡														
30°	6.3	20.8	79	73	67	60	54	48	41	35	29	22	16	
45°	6.1	20.3	70	64	58	52	46	39	33	27	21	15	9	
60°	5.9	19.2	62	56	50	45	39	33	27	21	15	9	2.5	
90°	4.6	15.8	44	39	35	30	25	21	16	11	6	1	0	
120°	4.3	14.7	39	35	30	26	21	17	13	8.5	4	0	0	
150°	3.8	12.5	32	28	25	21	17	13	10	6	2	0	0	

註 10 mr/週に下げるとするには 1 TVL を加える。

* W =稼働負荷 (1m における r/週), U =使用係数, T =居在係数

† 線源容器の漏洩放射線をさす。

‡ 大照射野 (直径 20 cm) ならびに線源-散乱体間距離 50 cm. これらの値はコリメーターおよびフロントムからの散乱を含む。

表 VII. 100 mr/週の場合に必要なとされる Cs-137 の遮蔽

WUT*	近 似 値		線源と人の立ちいる場所との間の距離(m)											
	HVL	TVL	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16	16	16	16	16
24,000														
12,000			1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16	16	16	16
6,000				1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16	16	16
3,000					1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16	16
1,000						1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16
750							1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11
375								1	1.4	2	2.8	4	5.6	8
									1	1.4	2	2.8	4	5.6
障壁の型	鉛 の 厚 さ (cm)													
一 次	0.65	2.1	10.6	10.0	9.4	8.7	8.1	7.5	6.8	6.2	5.6	4.9	4.2	
漏 洩† 0.1%	0.65	2.1	4.3	3.6	3.0	2.4	1.7	1.1	0.5	0	0	0	0	
散 乱‡														
35°	0.45	1.5	5.4	5.0	4.5	4.0	3.6	3.1	2.7	2.3	1.8	1.4	0.9	
56°	0.38	1.3	4.2	3.8	3.4	3.0	2.6	2.2	1.8	1.5	1.1	0.8	0.5	
90°	0.22	0.7	2.1	1.9	1.7	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	0.3	0.2	
119°	0.13	0.4	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1	0.05	
障壁の型	コンクリート (密度=2.35 g/cm³) の厚さ (cm)													
一 次	4.9	15.8	88	83	78	73	68	63	58	53	49	44	39	
漏 洩† 0.1%	4.9	15.8	39	34	29	24	19	14	6	0	0	0	0	
散 乱‡														
35°	4.9	15.5	61	56	51	47	42	38	33	28	23	19	14	
56°	3.8	12.5	49	45	41	37	33	30	26	22	19	15	11	
90°	3.6	12.0	42	39	35	31	28	25	21	17	14	10	6	
119°	3.3	11.2	39	36	32	29	25	22	19	15	12	8	4	

註 10 mr/週に下げするためには 1 TVL を加える。

* W =稼働負荷 (1 m における r/週), U =使用係数, T =居在係数

† 線源容器の漏洩放射線をさす。

‡ 大照射野 (直径 20 cm) ならびに線源-散乱体間距離 50 cm. これらの値はななめにおかれたコンクリート散乱体からの散乱のみを含む。

表 VII. 細い線錐の状況における種々の防護物質の鉛当量

大抵の場合、遮蔽は広い線錐に対してつくられねばならない。従ってこれらのデータは単なる参考としてのみ用いられるべきである。

(Kaye, Binks and Bell, 1938)

物 質	平 均 密 度 (g/cm ³)	鉛当量	物質の等価の厚さ			
			X 線の kV _p			
			150	200	300	400
鉄	7.9	mm	mm	mm	mm	mm
		1	11	12	12	11
		2	25	27	20	18
		3	37	40	28	23
		4	50	55	35	28
		6			48	38
		8			60	45
		10			75	55
		15			75	
バリウムコンクリート またはプラスター——	3.2	1	10	14	14	13
粗い BaSO ₄ 2 容		2	21	30	27	24
細かい BaSO ₄ 2 容		3	35	45	40	35
セメント 1 容		4	50	60	50	45
あるいは		6			70	65
粗い BaSO ₄ 1 容		8			90	80
細かい BaSO ₄ 1 容		10			120	100
セメント 1 容		15				140
レンガ (黄色上質レンガ)	1.6	1	130	130	100	90
		2	240	240	150	130
		3	340	340	200	160
		4		430	240	180
		6			320	240
		8			390	290
		10			460	340
		15				450

表 IX. 大照射野で種々の管電圧，汜過および距離の場合の 1 mA
あたりの皮膚線量の近似値 (r/分)

定電圧	総汜過*	ターゲットから各距離における mA あたりの r/分				
		20 cm	35 cm	50 cm	70 cm	100 cm
60 kV	1 mm Al	25	8	4	2	1
	2 mm Al	12	4	2	1	0.5
	4 mm Al	6	2	1	0.5	0.25
80 kV	1 mm Al	35	12	6	3	1.5
	2 mm Al	25	8	4	2	1
	4 mm Al	12	4	2	1	0.5
100 kV	1 mm Al	50	16	8	4	2
	2 mm Al	35	12	6	3	1.5
	4 mm Al	20	6	3	1.5	0.8
120 kV	1 mm Al	75	25	12	6	3
	2 mm Al	50	16	8	4	2
	4 mm Al	30	10	5	2.5	1.2

* 勧告された最小汜過については (38) 項をみよ。

表 X. 種々の X 線検査の場合の一回照射あたりの皮膚線量の例

どの特別な X 線検査についても、一回照射あたりの皮膚線量は表の値より 10 倍以上異なることがありうる。

検査の型	kV _p	mA _s	FSD (cm)	ゲリッド	総透過の近似値 (mmAl)	備考	皮膚線量 (r)	文献
腕関節, 前後	55	140	65	—	1.5	スクリーンなし	1.1	Eggert, 1951
手および腕関節, 前後	46	50	60	—	4	スクリーンなし	0.1	Ardran <i>et al.</i> , 1953
胸部, 背腹	65	30	130	—	1.5		0.11	Eggert
胸部, 背腹	90	3	160	—	4		0.006	Ardran <i>et al.</i>
胸部, 間接撮影	90	160	70	+	1	レンズ光学系 1:2	4	Lorentzon, 1958
胸部, 間接撮影	110	10	90	+	2	反射光学系 1:0.75	0.3	Lorentzon
頭蓋骨, 後前	60	120	接 触		1.5		54	Eggert
頭蓋骨, 後前	60	100	50	+	1.5		2.8	Eggert
頭蓋骨, 後前	75	30	60	+	2		1.2	Mayer-Zakovsky, 1950
骨盤, 腹背	68	100	50	+	1.5		4.4	Eggert
骨盤, 腹背	75	50	74	+	4		0.32	Ardran <i>et al.</i>
骨盤, 側面	85	250	63	+	4		3.0	Ardran <i>et al.</i>
腰椎, 側面	85	72	75	+	1		2.45	Trout <i>et al.</i> , 1952
腰椎, 側面	130	10	75	+	3		0.40	Trout <i>et al.</i>
胃, 背腹	85	50	50	+	1.5		3.0	Eggert
胃, 背腹	90	20	46	+	5		0.27	Ardran <i>et al.</i>
妊娠, 背腹	75	240	40	+	1.5		22	Eggert
妊娠, 腹背	90	350	90	+	2		7	Mayer-Zakovsky
妊娠, 側面	90	300	40	+	1.5		33	Eggert

透視: kV, mA・分および総透過について本当の値がわかっているならば、表 IX から定電圧に対する皮膚線量の近似値を計算することができる。Larsson (1958) は種々の透視台について透視の 1 分あたりの線量を測定した。その線量率は、たとえば 80 kV, 2 mA で 3 r/分から 15 r/分までばらついた。

この線量率の大きいばらつきは透過、電圧波形、焦点皮膚間距離、寝台板での減弱の差異と、kV および mA の指示の誤差による。

表 XI. Hammer-Jacobsen および Lars-Eric Larsson による患者に
 ついての実例による検査 1 回あたりの生殖腺線量

(Exposure of Man to Ionizing Radiation Arising from Medical
 Procedures, a Report of ICRP and ICRU, 1957.)

検 査	検査あたりの生殖腺線量 (mrad) (最小および最大の値)	
	男 性	女 性
下行性腎盂造影術	20— 3900	60—4100
尿道膀胱造影術	200—17000	200—1600
腰 部	20— 3600	30— 450
大 腿 骨	50— 3500	20— 100
骨 盤 計 測		400—2500
骨 盤	50— 2800	70— 300
腰椎およびせん椎	70— 1200	500— 900
腹 部	40— 2700	20—1300
子宮卵管造影術		140—6700
バリウム注腸	50— 500	1100—2900
バリウム粥	2— 30	8— 80
胸 部	1— 3	3— 10
胆嚢造影術	1— 10	10— 40

検査 1 回あたりの生殖腺線量の値の大きいばらつきは主に、使われる技術の大きいがいによる。

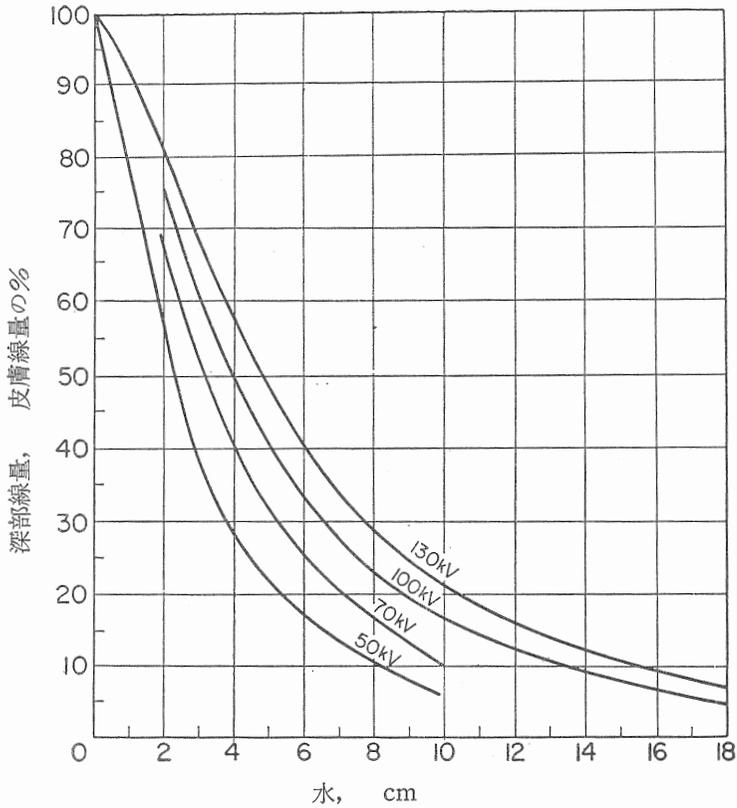


図 23. 50~130 kV の脈動電圧において発生する X 線の深部線量. 総透過は 50 kV に対しては約 1.5 mm Al. 70 kV 以上に対しては 2 mm Al. 照射野 20×25 cm, 焦点皮膚間距離は 75 cm. (Trout, Kelley and Cathey, 1952)

文 献 — 覽 表

- G. M. ARDRAN and H. E. CROOKS, A comparison of radiographic techniques with special reference to dosage, *Brit. J. Radiol.* 26 (1953), pp. 352-357.
- W. BINKS, Protection in industrial radiology, *Brit. J. Radiol.* 16 (1943), pp. 49-53.
- C. B. BRAESTRUP, Industrial radiation hazards, *Radiology* 43 (1944), pp. 286-292.
- C. B. BRAESTRUP and H. O. WYCKOFF, *Radiation Protection*, Springfield, Illinois, 1958.
- W. R. DIXON, C. GARRETT and A. MORRISON, Room protection measurements for Co-60 teletherapy units, *Nucleonics* 10 (March 1952), pp. 42-45.
- J. EGGERT, *Einführung in die Röntgenphotographie*, Leipzig, 1951.
- W. W. EVANS, R. C. GRANKE, K. A. WRIGHT and J. G. TRUMP, Absorption of 2 MeV constant potential roentgen rays by lead concrete, *Radiology* 58 (1952), pp. 560-567.
- F. FRANZ and H. O. WYCKOFF, Attenuation of scattered cesium-137 gamma rays, *Radiology* 73 (1959), pp. 263-266.
- C. H. GOLDIE, K. A. WRIGHT, J. H. ANSON, R. W. CLOUD and J. G. TRUMP, Radiographic properties of X-rays in the two- to six-million volt range, *Bull. Am. Soc. Testing Materials*, Oct. 1954, pp. 49-54.
- N. G. GUSSEW, *Leitfaden für Radioaktivität und Strahlenschutz*, Berlin, 1957.
- HER MAJESTY'S STATIONERY OFFICE, LONDON, *Code of Practice for the Protection of Persons Exposed to Ionizing Radiations* (1957).
- ICRP and ICRU, Exposure of man to ionizing radiation arising from medical procedures, a report of ICRP and ICRU, *Physics in Medicine and Biology* 2 (1957), pp. 107-151.
- I. L. O. Model Code, International Labour Office, Geneva. *Manual of Industrial Radiation Protection*, Part II: *Model Code on Safety Regulations (Ionizing Radiations)* 1959.
- W. A. JENNINGS, Physical aspects of the roentgen radiation from a beryllium window tube operated over the range 2—50 kV_p for clinical purposes, *Acta Radiologica* 33 (1950), pp. 435-484.

- G. W. C. KAYE and W. BINKS, The emission and transmission of X- and gamma-radiation, *Brit. J. Radiol.* 13 (1940), pp. 193-207.
- G. W. C. KAYE, W. BINKS and G. E. BELL, The X-ray and gamma-ray protective values of building materials, *Brit. J. Radiol.* 11 (1938), pp. 676-685.
- F. S. KIRN, R. J. KENNEDY and H. O. WYCKOFF, The attenuation of gamma rays at oblique incidence, *Radiology* 63 (1954), pp. 94-104.
- L. -E. LARSSON, *Radiation Doses to the Gonads of Patients in Swedish Roentgen Diagnostics*, Stockholm 1958.
- L. LORENTZON, Personal communication, 1958.
- E. G. MAYER and J. ZAKOVSKY, *Anordnung der normalisierten Röntgenaufnahmen*, Wien-München, 1950.
- W. MILLER and R. J. KENNEDY, X-ray attenuation in lead, aluminium and concrete in the range 275-525 kV, *Radiology* 65 (1955), pp. 920-925.
- NATIONAL BUREAU OF STANDARDS Handbook 54: Protection against radiations from radium, cobalt-60, and cesium-137.
Handbook 60: X-ray protection.
- ANN T. NELMS, Energy loss and range of electrons and positrons, *Nat. Bur. Stand. Circular* 577 (1956).
- R. PHILLIPS, *Supervoltage X-ray Therapy*, London 1944.
- V. RITZ, Broad and narrow beam attenuation of Ir-192 gamma rays in concrete, steel and lead, *Non Destructive Testing* 16 (May-June 1958), pp. 269-272.
- T. H. ROGERS, High-intensity radiation from beryllium-window X-ray tubes, *Radiology* 48 (1947), pp. 594-603.
- L. S. TAYLOR, *Medical Physics* (edited by O. GLASSER), II (1950), pp. 901-902.
- R. THORAEUS, Attenuation of roentgen radiation in lead at 70 to 1400 kV, *Acta Radiol.* 51 (1959), pp. 473-478.
- E. DALE TROUT, J. P. KELLEY and A. C. LUCAS, Broad beam attenuation in concrete for 50-300 kV_p X-rays and in lead for 300 kV_p X-rays, *Radiology* 72 (1959), pp. 62-67.
- E. DALE TROUT, J. P. KELLEY and GEORGE A. CATHEY, The use of filters to control radiation exposure to the patient in diagnostic roentgenology. *Am. J. Roentgen and Rad. Ther.* 67 (1952), pp. 946-963.
- J. H. VAN DER TUUK, Messungen an Röntgenstrahlen bis 1 Million Volt.

- Fortschr. Röntgenstr.* 58 (1938), Tagungsheft, pp. 84-86.
- F. WACHSMANN and A. DIMOTSI, *Kurven und Tabellen für die Strahlentherapie*, Stuttgart, 1957.
- R. WEST, *An Isotope Handling Calculator*, A. E. R. E. I/R 1063, Harwell, 1953.
- H. O. WYCKOFF, R. J. KENNEDY and J. R. BRADFORD, Broad and narrow beam attenuation of 500 to 1400 kV X-rays in lead and concrete, *Radiology* 51 (1948), pp. 849-859.

補 遺

訳語について

この「報告」には、まだ定訳のない術語が多く現われ、翻訳に苦勞したが、そのうちのいくつかに関しては、原語と対照して示しておくのが適当であろう。

稼働負荷 work-load

居在係数 occupancy factor

常時居在 full occupancy

部分居在 partial occupancy

臨時居在 occasional occupancy

使用係数 use factor

障 壁 barrier

(壁 wall と区別して)

いれもの enclosure

(容器 housing または container と区別して)

線 錐 beam

(“線束”と呼んでもよい。たまたま訳稿で最初“線錐”に統一したので、そしてこの語は頻度が多くて、変更は混乱を生じ易いので、そのままにしておいた。)

利用線錐 useful beam

迷放射線 stray radiation

比 γ 線放出 specific gamma-ray emission

1/10 価層 tenth-value layer



エネルギー3 MeVまでのX線、ならびに密
射線源からの β 線および γ 線に対する防護

昭和37年8月30日 第1刷発行

編 集	山 崎 文 男
責 任 者	玉 木 英 彦
整 版 者	有限 会社 鈴山堂整版所 東京都新宿区小川町2-3

発 行 所	社 団 法 人 財 団 法 人	日 本 放 射 性 同 位 元 素 協 会 仁 科 記 念 財 団
		東 京 都 文 京 区 駒 込 上 富 士 前 町 31 理 化 学 研 究 所 3 7 号 館 電 話 (941) 6030, 7400

三陽社印刷・製本