The cover features a solid orange background. On the left side, there are two thin white curved lines that sweep from the top towards the bottom. A small white dot is positioned on the inner curve of these lines. In the upper right corner, the text 'ICRP' is written in a large, bold, white sans-serif font. Below it, 'Publication 73' is written in a smaller, white, italicized sans-serif font. The main title is centered in the middle of the page in a large, black, sans-serif font. At the bottom center, the publisher's name is written in a smaller, white, sans-serif font. The lower half of the cover is decorated with several horizontal black lines that are not perfectly straight but have a slight downward slope from left to right, creating a layered, architectural effect.

ICRP

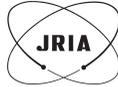
Publication 73

医学における 放射線の防護と安全

社団法人日本アイソトープ協会

医学における 放射線の防護と安全

1996年3月に主委員会によって採択されたもの



Japanese Translation Series of ICRP Publications
Publication 73

This translation was undertaken by the following colleagues.

Translated by

Yasuhito SASAKI *, Madoka TATENO

Supervised by

The Committee for Japanese Translation of ICRP Publications,
Japan Radioisotope Association

Hiomichi MATSUDAIRA* (Chair)	Tatsuji HAMADA (Vice-chair)	
Masami IZAWA**	Hideharu ISHIGURO	Jiro INABA*
Tomoko KUSAMA	Sukehiko KOGA**	Toshisou KOSAKO*
Yasuhito SASAKI*	Kazuyoshi BINGO	Tsuneo NUMAKUNAI
Kiyohiko MABUCHI*		

* ICRP member at the time.

** Former ICRP member.

邦訳版への序

本書は、ICRPの主委員会によって1996年3月に採択され、Publication 73として刊行された、ICRP専門委員会3の課題グループの報告書

Radiological Protection and Safety in Medicine

(*Annals of the ICRP*, 26, No. 2(1996)に発表)

を、ICRPの了解のもとに翻訳したものである。

訳文は東京大学医学部放射線科の、次の方々により作成された。

佐々木 康人，館野 円

この訳稿をもとに、ICRP勧告翻訳検討委員会において従来の訳書との整合性につき調整を行った。

本書は、ICRP 1990年勧告に述べられている放射線防護体系をいかに医学に適用すべきかを明らかにするために、まずその基本的事項を解説したものであって、続いて放射線診断、核医学及び放射線治療に関する課題グループの報告書が刊行される予定になっている。

平成9年9月

ICRP 勧告翻訳検討委員会

日本アイソトープ協会
ICRP 翻訳検討委員会

- 委員長 松平 寛通 (科学技術振興事業団)
副委員長 浜田 達二 ((財)原子力安全研究協会)
委員 伊沢 正実 (元放射線医学総合研究所)
石黒 秀治 (動力炉・核燃料開発事業団)
稲葉 次郎 (放射線医学総合研究所)
草間 朋子 (東京大学医学部)
古賀 佑彦 (藤田保健衛生大学)
小佐古敏荘 (東京大学原子力研究総合センター)
佐々木康人 (放射線医学総合研究所(東京大学医学部・兼任))
備後 一義 (日本原子力研究所)
沼宮内弼雄 ((財)放射線計測協会)
馬淵 清彦 ((財)放射線影響研究所)

目 次

	頁 (項)
序文	v
1. 緒 言	1 (1)
1.1 委員会の方針の生物学的根拠	2 (8)
1.2 委員会の方針の医学への特別な適用	3 (11)
2. 放射線量とリスクの定量化	4 (13)
2.1 線量計測量	4 (13)
2.2 リスクにもとづく諸量と出生後の被ばくによるリスクの推定値	5 (18)
2.3 出生前の被ばくによるリスクの推定値	8 (27)
3. 放射線防護の枠組み	9 (31)
4. 行為の正当化	12 (41)
4.1 ある決められた手法の一般的な正当化	12 (44)
4.2 個々の患者に対する手法の正当化	13 (48)
5. 防護の最適化	14 (49)
5.1 一般原則	14 (49)
5.2 最適化における拘束値の使用	16 (59)
5.3 医療被ばくにおける防護の最適化	17 (63)
5.4 職業被ばくにおける防護の最適化	18 (68)
6. 個人の線量限度	19 (71)
7. 介入による放射線防護	21 (78)
8. 防護の実際的方法	23 (83)
8.1 職業被ばく	23 (84)
8.2 公衆被ばく	24 (90)
8.3 志願者の被ばく	24 (93)
8.4 実施手引きと参考レベル	25 (96)

9. 事故と緊急事態	28 (107)
9.1 事故の予防	28 (110)
9.2 緊急時計画と影響の軽減	29 (117)
10. 制度上の措置	30 (119)
10.1 責任と権限	30 (120)
10.2 管理上の要件	30 (123)
10.3 教育と訓練	31 (128)
10.4 意図されている防護基準の遵守	31 (129)
引用文献	33
付属書A. 1990年勧告の要約	35 (S1)～(S51)
付属書B. 電離放射線の生物学的影響	47

序 文

1993年9月に国際放射線防護委員会は、医学における放射線の防護と安全に関する報告書を作成するため、専門委員会3の課題グループを設けた。その目的は *ICRP Publication 60* (ICRP, 1991 a) に記されている放射線防護の体系をどのように医学に適用すべきかを明確にすることであった。課題グループの構成員は以下の通りであった：

C. Zuur (委員長)	P. Ortiz
D.J. Allisy-Roberts	Y. Sasaki
G. Drexler (通信メンバー)	
F. Mettler (主委員会)	
J. Liniecki (査読者)	

委員会は、課題グループの提出した草案を検討した後、最終稿を作るために少人数からなる委員会と専門委員会3の合同課題グループを設けた。このグループの構成員は委員会側が F. Mettler (座長) と H. J. Dunster, 専門委員会3側が C. Zuur と H. Ringertz であった。

この報告書の作成中の専門委員会3の構成員は以下のとおりであった：

H. Jammet (委員長) [†]	S. Mattson
G. A. M. Webb (副委員長)	P. Ortiz
J. Lochard (事務局)	P. Pellerin
P. J. Allisy-Roberts	H. Ringertz
G. Drexler	M. Rosenstein
J. E. Gray	J.G.B. Russel
W. Jaschke	Y. Sasaki
E.I. Komarov	C. Zuur
G.J. Koteles	

[†]死去

1. 緒 言

(1) 電離放射線は19世紀末に発見された直後から医学に利用されてきた。国際放射線防護委員会(ICRP)は第2回国際放射線医学会議の決定に従って1928年に設立され、そのときは国際X線・ラジウム防護委員会と呼ばれた。当時のその勧告は医療行為のみに関するものであった。1950年にその組織と名称は変更された。その時以来、対象とする分野は広がり、今日では人が電離放射線にさらされるほとんどあらゆる状況を扱っている。委員会は国際放射線医学学会と特別な関係を保ちつづけており、患者の防護に関するいくつかの報告書を刊行してきた(たとえばICRP, 1982, 1985, 1987)。委員会には医学における放射線防護を専門とする常設の専門委員会(専門委員会3)がある。

(2) 委員会が医学における放射線防護に力を入れるのは、歴史的な経緯からだけではない。ますます多くの人々が医療行為からの電離放射線に被ばくし、多くの場合その個人線量は他のどんな人間活動による線量よりも高い。進んだ医療体制のある国々では、1年間の放射線検査の件数は人口1人あたり1に近づいている。さらに、同じ種類の検査により患者が受ける線量は地域によって大きく異なり、線量を減少させる大きな余地があることを示唆している。

(3) 医学における放射線被ばくは、おもに診断、集団検診、または治療を受ける人の被ばくである。しかし、医療職員および患者を助けて介護し、慰撫する他の人々も被ばくする可能性がある。こうした個人には、子供が診断を受けているあいだ子供をおさえる親、その他放射性薬剤の投与後または小線源照射治療中の患者に近づくことのある、通常は患者の家族または近しい友人が含まれる。一般公衆の構成員の被ばくも起こるが、ほとんどいつもごく微量である。医学における放射線防護はこれらすべての被ばくを扱わなければならない。

(4) 1990年に委員会はその基本勧告の抜本的改訂を行った。改訂された勧告は1991年にPublication 60(ICRP, 1991 a)として刊行された。この勧告は非常に広汎な状況と活動に適用することを意図している。電離放射線の生物学的影響および勧告の基礎となった、根底にある判断の説明などの話題についての参考資料も含まれている。

(5) その後委員会は、Publication 60からとくに医学の読者層向けに抜粋したもっと簡潔な報告書の作成が、医療の実施と管理に関係する人々に役立つであろうと結論した。そして作られたのがこの報告書である。委員会はこれにつづいて、放射線診断、核医学、および放射線治療の各分野における防護に関するもっと詳しい3つの報告書を作成することになっている。

(6) この報告書はPublication 60にある背景情報と方針策定の大部分を省略し、診療行為の場面にもっと直接的に関わるよう、いくつかの事項に追加を行った。国の政策とガイダン

2 1. 緒 言

スの策定に関係している人、あるいは専門的防護サービスを提供する読者には、Publication 60 を利用することを勧める。参照の便宜と勧告の全範囲を示すために、Publication 60 に含まれる“勧告の要約”を付属書 A として再掲した。

(7) この報告書は主として医学と歯学での放射線診断、核医学および放射線治療を含む放射線医学に直接関与している医師と物理学者およびこれらの分野で事業を行う機関の管理責任者に向けられたものである。また、これらの問題と関係する放射線防護に関わる国および国際的な規制機関および諮問機関の人々も対象としている。委員会は、この報告書が医学における教育と訓練にも寄与することを願っている。

1.1 委員会の方針の生物学的根拠

(8) 委員会勧告は電離放射線のみ適用され、今後は単に放射線と記す。その方針は放射線の生物学的影響についての入手可能な情報に直接もとづいている。以下の記述はきわめて単純化しており、委員会の方針の根拠を説明することのみを意図したものである。もっと完全な記述は Publication 60 にある。この報告書の付属書 B には、子宮内被ばくの影響に関する資料を含む定量的情報の主要な総説の文献表を載せてある。

(9) 放射線の生物学的影響は確定的影響と確率的影響の2種類に分類することができる。

(a) ある臓器または組織中の多数の細胞が死ぬ場合にのみ影響が現れるならば、その影響は放射線量があるしきい値を超えるとにだけ臨床的に観察できるであろう。このしきい値の大きさは線量率(すなわち単位時間あたりの線量)、臓器および臨床的影響に依存するであろう。線量がしきい値を超えて増加するにつれて、影響の発生確率は急速に1(100%)に上昇するであろう。つまり、被ばくした人々すべてにその影響が発現し、その影響の重篤度は線量の増加とともに増すであろう。委員会はこのような影響を確定的影響と呼ぶ。

(b) ただ1個の細胞のDNAに放射線損傷が起こってもなお再生可能な形質転換細胞を生じるという細胞生物学および分子生物学上のよい証拠がある。通常は非常に効果的な生体の防御機構があるにもかかわらず、必ずしも放射線に関連するとは限らない他の作用因子により促進されて、この種の損傷が悪性疾患の発生をもたらすわずかな確率が存在する。その確率は小さいので、悪性疾患は被ばくした人のうちわずかにしか発生しないであろう。最初の損傷が生殖腺の生殖細胞に生じれば、遺伝的影響が発生することがある。このような身体的と遺伝的の両方の影響を確率的影響と呼ぶ。

(10) 委員会の見解では、非常に低い線量でも、確率は非常に低くはあるが、放射線に起

因する確率的影響は起こりうると結論するための十分な証拠がある、つまり、これ以下ならばリスクが全くないと言えるしきい値はないであろうと考える。放射線による確率的影響の確率は線量とともに増加し、おそらく低線量域では線量に比例する。もっと高い線量および高い線量率では、この確率は線量とともに単純な比例よりもっと著しく増加することがしばしばある。確定的影響のしきい値に近いさらにもっと高い線量では、競合する細胞死のため、確率の増加はもっと緩やかになり、減少しはじめることもある。

1.2 委員会の方針の医学への特別な適用

(11) 医療行為には他の行為とは少し異なった放射線防護への取り組みを必要とするいくつかの特徴がある。第1に、患者の被ばくは意図的に与えるものである。放射線治療を除いて、目的は放射線量を与えることではなく、診断情報の提供またはインターベンショナルラジオロジー (IVR) の実施のために放射線を使用することである。それにもかかわらず、線量は故意に与えられ、意図する結果を損なわずに線量を無制限に減らすことはできない。第2に、患者には医療職員および看護職員との特別な関係が必要である。この理由のため、たとえば遮蔽物のようなこれらの職員を線源から防護するシステムは、患者の孤立感を最小にするように設計されるべきである。線源が患者の体内に存在する核医学と小線源照射治療の場合には、これはとくにあてはまる。第3に、放射線治療ではその目的は標的組織を破壊することである。周辺組織のいくらかの確定的損傷と遠方の標的外組織の確率的影響のいくらかのリスクは避けることができない。最後に、病院と放射線施設は公衆が適宜立ち入れるようであればならず、そのため公衆の被ばくは工業施設よりも管理するのが難しい。

(12) Publication 60 の勧告はこのような特徴を考慮に入れてはいるが、これらの特徴の大部分について特に扱ってはいない。この報告書はこれを補うことを意図している。

2. 放射線量とリスクの定量化

2.1 線量計測量

(13) 放射線防護に用いられる基本的な物理量は一つの臓器または決められた組織Tについて平均された吸収線量 D_T で、 D_T は臓器に吸収されたエネルギーをその臓器の質量で除したものである。吸収線量の単位はグレイ (Gy) と呼ばれる。

(14) ある種の放射線は確率的影響を生じるさい、他の種類の放射線よりも効果が大きい。このことを考慮するため、もう一つの量が導入された。これが等価線量 H_T で、ある臓器・組織の平均吸収線量に、次元のない放射線荷重係数 w_R を乗じたものである。医学で用いられるほとんどすべての放射線の放射線荷重係数は1であり、したがって吸収線量と等価線量は数値的に等しい。例外は放射線荷重係数が20の α 粒子と放射線荷重係数が身体に入射するさいのエネルギーに依存して5から20のあいだにある中性子である。吸収線量との混同を避けるため、等価線量の単位をシーベルト (Sv) と呼ぶ。

(15) 人体内の異なった臓器・組織が放射線に被ばくすると、異なる確率と異なった重篤度の害を生じる。委員会は害の確率とその重篤度の組み合わせを、健康の損害を意味する“損害”と呼ぶ。詳細はこの節の後の方で述べる。体内のすべての臓器・組織が等価線量による確率的影響の合計損害を反映するために、各臓器・組織の等価線量に組織荷重係数 w_T を乗じ、その結果を全身にわたって加算したものが実効線量 E である。 E は以下の式で与えられる、

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T$$

実効線量の単位をシーベルト (Sv) と呼ぶ。

これらの量のあいだの関係を図1に示す。実効線量に関するこれ以上の情報は2.2節にある。

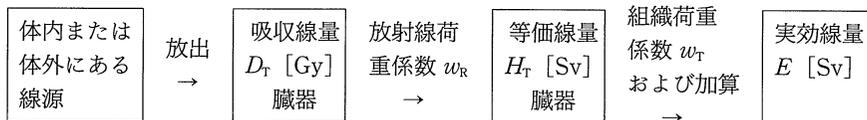


図1 吸収線量 D_T 、等価線量 H_T および実効線量 E の関係

(16) これらの線量計測量は個人に関係したものである。ある目的のためには、被ばくした個人の数を入れるのが有用である。こうして、集団実効線量が利用されるようになった。この量は単に個人のある決まったグループの平均実効線量とそのグループの人数との積である。

(17) 臓器の吸収線量と実効線量は直接に測ることはできない。そこで、これらに代わる測定可能な量が選ばれている。それらには、身体表面またはファントム内にある組織等価物質中の吸収線量といった単純な量が含まれる。

2.2 リスクにもとづく諸量と出生後の被ばくによるリスクの推定値

(18) 放射線防護における多くの目的のために、放射線被ばくの影響を推定する必要がある。委員会は、一般的な結論をだすために、可能な限り人の被ばくから観察されたデータを用いているが、ほとんどの場合、線量と線量率、そしてその結果として生ずる医学的影響の確率の大きさは疫学的情報を得ることができる大きさよりずっと小さい。そのため、疫学の結果をこれらの低線量・低線量率までいくらかの確信をもって拡張できるように、放射線影響の機構の生物学的研究で疫学を補わなければならない。さらに、疫学調査の追跡期間の長さが被ばく集団を死亡時まで調査するのに十分な長さであることはまれなので、不完全なデータから生涯リスクを推定するには予測モデルが必要である。最後に、調査される被ばく者集団は、リスクの推定が必要な集団と同一であることは決してないので、その結果を一つの集団から他の集団に転用しなくてはならない。

(19) 以上の理由から、委員会はそのリスク推定値を“名目”推定値と呼ぶ。これらの推定値は、ある実効線量とそれによる致死がんまたは被ばくした個人の子孫に重篤な遺伝的影響が生ずる生涯確率とを関連付ける係数として表わされる。その値は典型的な年齢分布および典型的な死亡率とがん自然発生率をもった、両性からなる一般化された集団に対するものである。この一般化集団は Publication 60 の中で定義され、5つの異なる国々の平均にもとづいたものである。

(20) 委員会が用いる損害という概念は、確率的影響による健康損害を意味する。これは、各臓器・組織に対する致死確率係数を、いろいろながんについての損失寿命の期待値と、追加的に起こるもっと害の少ない非致死性の症例を考慮するための係数で荷重することによって得られる。遺伝性障害も加えられている。損害は、15年の寿命損失を生じる1つの死亡と等価であると判断されるレベルのすべての害を生じる確率と理解するのが最もよい。組織荷重係数はこの意味の損害から得られたものである。臓器・組織の等価線量および実効線量について損害係数がある。詳細な情報は Publication 60 の付属書 B に与えられており、要約はこの表 1 にある。観察された人のデータは、ときには約 1 Gy を超える高線量と通例は高い線量率に関係したものであるが、ふつう経験されるもっと低い線量と線量率に対する表 1 の係数を導くために低減係数（線量・線量率効果係数 DDREF と呼ぶ）として 2 を適用した。低減された係数は、すべての診断線量と、放射線治療において標的組織から離れた組織におけるほとんどの線量にあてはまる。

6 2. 放射線量とリスクの定量化

(21) 表1の数値は全集団に関するものである。異なった年齢集団に対する数値は、被ばく時年齢と被ばくした臓器・組織とに依存する大きさで異なるであろう。幼児の被ばくでは、これらの係数はおそらくこれより大きく、2～3倍となろう。多くの一般的な診断検査では、この大きな係数は成人に比べて線量が減ることによって相殺されるであろう。被ばく時年齢60歳ぐらいでは、係数はおそらくもっと小さく1/3程度になる。もっと高い被ばく時年齢ではこの係数はさらに低い (Publication 60の付属書Cを参照)。

(22) 放射線医学での臓器線量の幅は広く、また年齢構成が違うにもかかわらず、集団実効線量と名目損害係数は、X線診断と核医学で被ばくする集団の損害のかなり良い指標である (UNSCEAR, 1993)。これらの量は、実効線量の計算から標的組織を除いても、放射線治療における損害の算定ではあまり満足なものではない。これは、標的容積外の臓器またはその一部への線量が確定的影響のしきい値に近いかまたはそれを超えることがあるからである。このような線量ではDDREFの使用は不適切なので、この場合損害係数は確率的損害を過小評価するであろう。この係数は確定的影響をなにも考慮していないから、確定的影響は別に考えなければならぬ。一方、治療患者の集団は一般集団とは年齢も余命も大きく異なっている。このため、損害係数は治療患者の大部分について損害を過大評価することになる。

(23) 表1の係数はすべて名目リスクに関連したものである。委員会は、このような一般化は放射線防護の目的に十分であると信じているが、もし各国のデータが得られるのならば、それらを代わりの値を導くのに用いることができる。

(24) 疫学から導かれたすべての推定値と同様、この係数も個人が名目集団の典型であると仮定できない限り、その個人に適用できない。しかしながら、もっと良いデータがないので、この係数は個々の患者の放射線被ばくによって起こりそうな影響を判断するための半定量的な根拠として用いることができる。

(25) 年齢分布が異なるため、作業者と公衆の損害係数はやや異なる。実効線量に対する損害係数は表2にまとめてある。

(26) 組織荷重係数は表1の損害係数から導かれている。もとのデータの不確実性のため、合計値への寄与は丸められ、臓器は以下に示す荷重係数をもたせた4群に分けてある。これらは、骨表面と皮膚の0.01、膀胱、乳房、肝臓、食道、甲状腺および残りの臓器の0.05、骨髄、結腸、肺および胃の0.12、そして生殖腺の0.2である。

表1 臓器等価線量と実効線量に対する名目致死係数および名目損害係数^a

臓器・組織	名目致死係数(%/Sv)	名目損害係数(%/Sv)
膀胱	0.30	0.29
骨髄	0.50	1.04
骨表面	0.05	0.07
乳房(女性のみ)	0.40	0.73
結腸	0.85	1.03
肝臓	0.15	0.16
肺	0.85	0.80
食道	0.30	0.24
卵巣(女性のみ)	0.20	0.29
皮膚	0.02	0.04
胃	1.10	1.00
甲状腺	0.08	0.15
残りの臓器 ^b	0.50	0.59
小計	5.00	5.92
生殖腺	重篤な遺伝性障害の確率 1.00	遺伝性損害 1.33
総計(丸めてある)	5.00 (致死がん, 全身均等被ばく)	7.3 (遺伝性障害を含む)

^a これらの名目係数は男女同数のすべての年齢の全集団に対する平均値である(女性のみに対する乳房と卵巣を除く)。男女同数の集団に対する乳房と卵巣の値を求めるには、表中のそれぞれの数値を2で割る必要がある。これらの係数は診断手法に伴う中くらいに低い線量と線量率にあてはまる。21項および22項も参照。

^b 計算の目的には、残りの臓器は副腎、脳、呼吸気道の胸郭外部分、小腸、腎臓、筋肉、膵臓、脾臓、胸腺および子宮から成っているとす。

表2 確率的影響に対する名目確率係数(単位実効線量あたりの確率)

被ばく集団	損害 ^a (%/Sv)			合計
	致死がん ^b	非致死がん	重篤な遺伝的影響	
成人作業員	4.0	0.8	0.8	5.6
全集団	5.0	1.0	1.3	7.3

^a 丸めた値。

^b 致死がんの合計に対しては、損害係数は確率係数に等しい。

2.3 出生前の被ばくによるリスクの推定値

(27) 妊娠中の患者または作業者の受胎産物の被ばくを制限するためには特別な努力が払われるが、いくらかの被ばくはやはり起こる。出生前被ばくの意味合いを以下にまとめる。付属書Bにもっと広範な情報の参考文献が載せてある。

(28) 放射線被ばくの受胎産物への影響は、受胎後いつ被ばくが起こったかに依存する。受胎につづく最初の3週間における胚の被ばくは出生後に確定的または確率的影響をもたらさそうにない。主要器官発生期の受胎後4-14週には、被ばく時に発達中の器官に奇形を生じるかもしれないことが動物のデータにより示唆されている。これらの影響はしきい値のある確定的な性格のものであり、動物実験から推定される人でのしきい値は0.1-0.5 Gyの範囲にある。

(29) 受胎後の第3週から妊娠終了までの期間を通じて、放射線被ばくはがんの確率の増加などの確率的影響を生じることがありうる。得られているデータには一致は見られないが、委員会は名目致死確率係数は小児と同程度であると仮定する。

(30) 広島・長崎で子宮内被ばくした小児の中に予想以上の知能指数(IQ)の低下が報告された。このデータは、線量の増加とともにIQの分布が全体として下方へシフトするという点で一致している。委員会はこのシフトが線量に比例すると仮定する。受胎後8から15週の期間、胎児への線量について1シーベルトあたりIQが約30点という係数になる。これに基づくと、100 mSv程度の線量で生じうるIQの変化は3点にも満たないであろう。IQのわずかな低下は臨床上確認することができない。受胎後16-25週の被ばくのIQに対する影響はもっと軽度であり、他の時期では観察されなかった。IQに関する観察はすべて高線量・高線量率に関するものである。

3. 放射線防護の枠組み

(31) Publication 60 で委員会は、放射線防護の主な目的に関するその見解を次のように述べている。

「放射線防護の主たる目的は、放射線被ばくを生ずる有益な行為を不当に制限することなく、人に対する適切な防護基準を作成することである。」(Publication 60, 15 項)

(32) 放射線の医学利用で生じたいいの状況において、放射線源は意図的に使われ、かつ制御の下にある。このような状況を委員会は“行為”と呼ぶ。状況によっては、線源の存在は選択の問題ではなく、線源はすでに存在していることがある。職場のラドンの存在はよくある例である。もう一つの例は、重大な事故につづく環境汚染である。これらによる被ばくは救済措置によって低減することはできるが、なくすことはほとんどできない。このような活動を“介入(intervention)”と呼ぶが、IVR(interventional radiology)と混同してはならない。

(33) 行為に関する委員会の防護体系の基本的要素は、Publication 60 の 112 項に掲げられている。それらは以下のように要約することができる。

- (a) 放射線被ばくを伴うどんな行為も、被ばくする個人または社会に対して、少なくともそれが引き起こす放射線損害を相殺するのに十分な便益を生むのでなければ採用すべきでない。(“行為の正当化”と呼ぶ。)
- (b) ある行為内のどんな特定の線源に関しても、経済的および社会的要因を考慮に加えた上、正味の便益を最大にするように防護を調整するため、すべての合理的な手段をとるべきである。(“防護の最適化”と呼ぶ。)
- (c) 最後に、いかなる個人についても、その人が被ばくするすべての行為の結果としてその人が受ける線量(医療被ばく以外の)に限度を適用すべきである。(“個人線量限度の適用”と呼ぶ。)

(34) 簡単な言葉でいうと、この枠組みは多くの人間活動、とくに医学に適用される次の 3 つの原則から導かれる：

- (a) 行為の正当化とは、益が害を上回ることを意味し、
- (b) 防護の最適化とは、益が害を上回る幅を最大にすることを意味し、
- (c) 線量限度の使用とは、最も大きく被ばくする個人についても防護の適切な基準がまもられることを意味する。

10 3. 放射線防護の枠組み

以下の章でさらに詳しく述べる。

(35) 放射線治療以外のほとんどの状況では、被ばく量を確定的影響のしきい値に近づける必要はない。それゆえ、委員会の方針は、線量をこのしきい値以下に押さえるように被ばくを制限することにある。確率的影響の可能性は完全には除けないので、不必要な被ばく源を避け、必要かあるいは不可避な被ばく源からの線量を低減するためのあらゆる合理的手段をとることがその方針である。

(36) 活動の実施に円滑に適合する実用的防護体系を作るためにこれらの原則を用いるにあたって、委員会は被ばくを3種類に分けている。すなわち、医療被ばく：主に診断または治療の一部としての個人の被ばく、職業被ばく：仕事において、かつ主として仕事の結果生じる被ばく、および公衆被ばく：ほかのすべての被ばく、である。防護体系は、ある点において、これらの被ばくの種類によって適用され方が違うので、その区別を明確にすることが重要である。

(37) 医療被ばくは基本的に以下のように限定される、

- (a) 集団検診および法律・医学的な目的を含む、診断および治療の目的で個人が受ける被ばく（便宜上、ここではこのような個人をすべて患者と呼ぶ）、および
- (b) 診断または治療を受けている患者の介護と慰撫のために病院または家庭で手伝う家族及び近い友人などの個人の、承知の上での自発的に受ける（職業被ばく以外の）被ばく。

志願者には直接の便益を与えない生物医学研究プログラムの一部として、その志願者が受ける被ばくも、委員会は医療被ばくと同じ基盤の上で扱う。

(38) どんな有害要因に対する職業的被ばくも作業中に起こるすべての被ばくと慣例上定義されているが、委員会は、職業被ばくという用語の使用を“操業管理者の責任であると合理的にみなすことのできる”被ばくに限定する。このことは、その場所で働いているすべての人が操業管理者の管理下にある線源により受ける被ばくは、雇用主がだれか、また彼らがその事業所の放射線作業に関わっているかどうかにかかわらず、職業被ばくとなることを意味する。職業被ばくの管理が不合理に複雑にならないように、8.1節に指定区域のシステムを提案する。

(39) 公衆被ばくはその他のすべての被ばくを含む。Publication 60には、地上の宇宙線などの、人が管理できない公衆被ばくを委員会勧告の範囲から除外することが暗に示されている。

(40) 装置と手順の設計およびその適用の計画において、事故被ばくおよび意図されていない被ばくにも注意を払うべきである。起こることが確実でないそのような被ばくを潜在被ばくと呼ぶ。潜在被ばくの制御には、生じる線量の大きさばかりでなく、その被ばくが発生する確率も考慮する必要がある。線量だけを考慮したのでは不十分である。潜在被ばくの使用は装

置とくに放射線治療装置を設計する場合に重要である。他の医学利用では、潜在被ばくを公式に用いる必要はめったにない（しかし、第9章も参照）。

4. 行為の正当化

(41) 原則として、どんな人間活動でも、その採用と継続の決定には、可能な選択肢の便益と不利益の検討が含まれる。この検討によって通常、害よりも益のほうが大きい多数の代替方法が用意される。たとえば、X線と超音波のどちらを用いるかなど、これらの選択肢のどれが“最良”のものかを判断するもっと手の込んだプロセスが必要であり、さらに複雑である。考察すべき害、もっと厳密には損害には、放射線に関連したものだけに限らず、その行為の他の損害や経済的・社会的費用も含まれる。ときには、放射線損害は損害の総計のごく一部を占めるにすぎないであろう。この理由から、委員会は“正当化”という言葉の使用を前述の諸段階の最初のものに限定する。すなわち、正味の利益がプラスであることのみを要求する。すべての利用しうる選択肢のうち最良のものを探すことは通例、放射線防護組織の責任を超える任務である。

(42) ある行為の正当化のために必要なアセスメントの多くは経験、専門的判断および常識にもとづいてなされるが、定量的決定支援技術も利用でき、もし必要なデータが手に入るのならばそれを考慮すべきである。

(43) 医療行為の正当化には3つのレベルがある。

- (a) 第1の最も一般的なレベルでは、医療における放射線の利用は益が害を上回るとして受け入れられる。その正当化は今では当然のこととされている。
- (b) 第2のレベルでは、たとえば問題となっている症状を示す患者の胸部X線写真のように、ある特定された目標を持つ特定の手法が定められ正当化される。この一般的正当化の目的は、多くの場合、放射線を用いる手法によって診断または治療が改善されるかどうか、あるいは放射線を受ける個人についての必要な情報が提供されるかどうかを判断することである。4.1節にもっと詳細を示す。
- (c) 第3のレベルでは、個々の患者ごとにその手法を適用することが正当化されるべきである。すなわち、個々の適用について、益が害を上回ることを判断すべきである。4.2節にもっと詳細を示す。

4.1 ある決められた手法の一般的な正当化

(44) 手法の一般的正当化は、ときには国の規制当局と連携した、国の専門家団体の問題である。ある医療行為からの総便益には、患者への直接的な健康上の便益だけではなく、患者

の家族と社会への便益も含まれる。医療では主な被ばくは患者に対するもの(医療被ばく)であるが、職員の被ばく(職業被ばく)とその医療と係わりのない公衆の構成員の被ばく(公衆被ばく)も考慮に入れるべきである。事故的な被ばくまたは意図されない被ばく(潜在被ばく)の可能性も考慮すべきである。現在の手法が有するリスクと有効性および新しい手法についての新しい情報が入るつど、これらの決定を見直すべきである。

(45) 医療行為における一般的正当化によって、すべての状況における最良の方法が必ずしも同じ選択にならないことを注意すべきである。たとえば、重症の肺疾患を診断するために行う胸部透視は害よりも益が大きいかもしれないが、十分な諸資材のある国では、胸部X線撮影が害に対する益の割合が大きいであろうという理由で選択されそうである。しかしながら、資材に乏しい国では、透視がやはり正味の益をもたらし、かつもっと良い代替手段が得られないならば、透視が選択されるかもしれない。

(46) 同様に、ある種のがんに対する日常的放射線集団検診の一般的正当化は、その国における発生頻度および発見された症例に有効な治療法が使える可能性に依存する。国によって違いがあるはずである。

(47) 患者の利益が主たる目標ではない診断研究の正当化には特別の考察が必要である。保険の目的のためにX線撮影を行う場合、保険会社が通常主たる便益を受けるが、検査を受ける個人にもいくらかの経済的な便益があることがある。法律-医学上の医療過誤賠償請求に対する防御手段として医師が命じる検査は、その患者個人にはほんのわずかな利点しかないであろう。

4.2 個々の患者に対する手法の正当化

(48) 一般的正当化のなされている単純な診断手法を、その手法がすでに一般的に正当化されている症状または適応のある患者に適用するにあたっては、必要な情報がこれまで得られていないことをチェックすれば十分で、それ以上に追加の正当化を行う必要はない。複雑な診断手法および治療に対しては、一般的正当化だけでは不十分なことがある。そのときには、放射線科医と担当医による個別の正当化が重要であり、得られる情報をすべて考慮に入れるべきである。これには、提案されている手法とあらゆる代替手法の詳細、個々の患者の特徴、予測される患者の線量、および過去に行ったかあるいはこれから行おうとする検査または治療に関する情報の入手の可能性が含まれる。

5. 防護の最適化

5.1 一般原則

(49) 防護の最適化は、放射線防護体系の最も強力な構成因子である。最適化は、建物、設備および手法の設計から日々の適用に至るまで、医学における放射線利用のあらゆる段階において行われるべきである。関連するあらゆる職務に取り掛かるさいの考え方の奨励から最適化の使用が始まる。その基礎を成す考え方は、“防護を改善するために自分がとることのできる何らかの合理的な手段はないか？”という言葉で表現できる。この文脈の中で、‘合理的な’は、‘合理的に実行可能な’としばしば置き換えられる。明らかに、‘合理的’という言葉の解釈には多くのことが依存している。目的は、改善が高価につきすぎたり、適用される手法を不当に複雑にしたり、あるいはその手法の便益を不当に減少させるものでないかぎり、その改善を行うことである。正当化と同様に、経験、専門家の判断、および常識が最適化手順の中で大きな役割を果たし、それらはすべて良い医療行為の慣行と一致する。

(50) 防護の最適化は通常、次の2つのレベルで適用される：(1)設備と施設の設計と構築、および(2)ここでは作業手順と呼ばれる日々の作業方法。医学以外の適用では、設計段階の方が通常はより大切である。なぜなら、設計により作業手順における人的要因の依存度が減るからである。医学においては、作業手順における防護の最適化にも力点が置かれるべきである。なぜなら、作業手順は患者のケアに直接影響するからである。

(51) 防護の最適化の基本目的は、ある行為内の放射線源の適用に関係する防護措置を、正味の便益が最大になるようなやり方で調整することである。行為の正当化におけるのと同じく、ある線源の適用の多くの点はその適用の正味の便益に影響するが、それらは放射線防護の範囲の外にある。これらには、管理体制、財政上の準備、および建物の設計と設置場所の多くの側面が含まれる。

(52) 関係する諸概念は簡単な言葉で述べることができるが、それらの実際の適用は単純な常識から複雑で定量的なプロセスまで広がりうる。ある線源に関係する防護の規定を選ぶにあたっては、つねにいくつかの選択肢のあいだの選択がある。あるものは採用できるかできないかの不連続な選択肢のあいだでの選択である。たとえば、X線撮影ではアルミニウムかカーボンファイバのいずれかのフィルムカセットを使用できる。他の選択は、たとえば遮蔽体の厚さあるいは透視検査の時間の選択といった、もっと量的なものである。

(53) どの防護選択肢を選ぶかによって、患者、職員、そしてときには公衆の被ばくレベ

ルが直接的に変わる。しかし、この選択はまた、防護に用いる資源の規模も変化させる。これらの資源は費用に直接はねかえることがあるが、職員や製造業者のその他の健康リスクといった、容易には定量化しにくい社会的費用を含むこともある。常識からすれば、一つの選択肢から次の選択肢への変更によって、少なくとも資源の余分な使用を補うだけの被ばくの低減を生じるべきである。この判断規準を使うことは、被ばくを次第に下げる一連の防護選択肢を、次の選択肢への移動がその結果の被ばく低減とひどく釣り合わない資源の投入によってのみ達成できるかもしれないようになるまで、順次考察すべきであることを意味する。そうやって防護は経済的・社会的要因を考慮に入れて最適化され、被ばくは合理的に達成できる限り(または合理的に実行できる限り)低い、ということができる。

(54) 医療行為にとくに関連した複雑な問題がもう一つある。すなわち、防護の選択肢の選びかたは確実に被ばくレベルと資源の使用に影響するということである。加えて、ときにはこれは着目する線源による成果またはサービスの質にも影響することがある。たとえば、患者の線量を減らすことは、透視やX線撮影で得られる情報の量または質の低下につながることもある。この場合、被ばくの低減はこの情報の減少と次の選択肢に移ることで必要となる余分な資源の両方を相殺するのに十分なものでなければならない。

(55) それゆえ防護の最適化には、被ばく、資源の使用、および最終成果の質の相対的重要性の慎重な考慮が含まれる。明らかにこれらの点はすぐに均衡のとれるものではない。それゆえ防護の最適化の多くは判断によって行われており、ときにはほとんど直感的なものである。しかしながら、この種の判断のためにはいくつかの型どおりの定量技術が存在する。これらは単純な費用・便益分析から非線形効用(優先度)関数を用いる多属性分析までいろいろである。委員会はICRP Publication 55「放射線防護における最適化と意思決定」(ICRP, 1989)の中で、これらの技術の順序だった取り組みかたを記した。医学ではこの順序だった技術は主に大型装置の設計に必要である。作業手順における防護の最適化は定性的な常識の判断に基づくのがもっと普通である。

(56) 形式的な最適化のアプローチは、防護の改善のために合理的なことを行うという原則を損じないようにすることが重要である。たとえば、防護選択肢の最良の選択をすることで、資金を含めた利用可能な資源について不合理な要求がなされることがある。その場合、最良の解決は事実上達成できないので、次善の解決を受け入れるのが適当であろう。防護の最適化とは、線量を“経済的・社会的要因も考慮に入れたうえで合理的に達成できる限り低く”保つと同じ意味である。

(57) 患者の防護においては、防護の最適化に用いられる諸量は一人の個人に関連することがしばしばある。しかしながら、いくつかの防護対策、とくに設計段階および日常の手順におけるものは、多くの個人の線量に影響するので、集団の費用と便益を考慮することが必要に

なる。損害の費用が集団線量から導かれるときには、防護の最適レベルを捜し求める状況を規定することが大切である。たとえば、放射線医学全体による集団被ばくの減少を目指すのは誤りであろう。なぜなら、多くの国では利用できる放射線医学を増加しようと目指しているはずだからである。総集団線量は、当然ながら、医療ケアの増加とともに増加する。集団被ばく線量に係わる最適化を行う場合、適切なのは一つの行為あたりの集団線量、たとえば決まった種類および検査の件数あたりの集団線量である。

(58) ある行為が最初正当化されていないように見える場合、防護の最適化は正味の利益をプラスにし、それによってその行為を正当化することで十分なことがある。ある行為が正当化されているように見られるならば、防護の最適化の適用(そして、すべての関連要因の考慮)は正味の便益を増加することができるだけであり、防護の最適化によりその行為が正当化されなくなることは決してない。

5.2 最適化における拘束値の使用

(59) 防護の最適化には、しばしば集団の損害と集団の便益の均衡をとることが含まれる。この均衡は、それだけ切離して利用した場合、個人を適切に防護しなくなることがある。とくに、行為の便益と被ばくの損害が別々の個人にもたらされ、そのためある程度の不公平が生じることがある。個人への損害が低いレベルでない限り、便益と損害の均衡をとるこの方法は倫理的な問題を提起する。委員会は、以前の勧告(ICRP, 1977)で、個人に対し必要な余分の防護を与えるために線量限度を用いていた。Publication 60ではもっと柔軟性を与えるため、線源関連の線量拘束値を導入した。この線量拘束値は、防護の最適化で考察される複数の選択肢を、個人線量はその線量拘束値を超えることにならないものに限定する機能を持っている。線量拘束値は線源、作業、および防護を最適化しようとする状況に固有のものである。これは前向きに用いられるべきであって、後ろ向きに適用される一種の補助的線量限度として用いるべきではない。

(60) 拘束値には、個人が被ばくするおそれのあるいろいろな行為から彼が受ける被ばくの合計が線量限度を超えないことを確実にするという第二の機能もある。

(61) 患者の防護においては、損害と便益を同一の個人である患者が受け、患者の線量は主に医学的な必要性により決定される。それゆえ患者への線量拘束値は不適切であり、職業被ばくと公衆被ばくにおけるその重要性とは対照的である。それにもかかわらず、診断による医療被ばくのある程度の制限は必要であり、診断参考レベルの使用を8.4節で勧告する。その他の医療被ばく、たとえば家族や友人の被ばくおよび直接志願者に便益をもたらさない生物医学研究プログラムのための志願者の被ばくでは、不公平を制限するために、また線量限度の形でさらなる防護がないという理由で、線量拘束値が必要である。

(62) 拘束値の選択については Publication 60 に記述されている。よく管理された活動から得られそうな個人の線量レベルについては、結論に達することが多くの場合可能である。この情報を類似の活動に対する線量拘束値を確立するのに用いることができる。活動の種類は、IVR といったように、かなり広い用語で特定すべきである。線量拘束値は通常、国または地方のレベルで定めるのが適切であろう。

5.3 医療被ばくにおける防護の最適化

(63) 医療被ばくをもたらしほほどの手法は明確に正当化されており、またこうした手法は普通被ばくする個人に直接の便益をもたらし、医療被ばくでは他の放射線源利用よりも防護の最適化にあまり注意が払われてこなかった。X線診断には、正当化の手順に加えて、線量低減の余地がかなりある。簡単で低コストの方法が診断情報を失うことなく線量を減少させるために利用できるが、これらの方法が用いられている程度はさまざまである。

(64) 医療被ばくにおける防護の最適化は必ずしも患者の線量の減少を意味しない。たとえば、X線診断機器はしばしば画像のコントラストと解像度を向上させるために散乱防止グリッドを使用しているが、グリッドを用いないと線量は1/4ないし1/2に減少できるようである。散乱線が問題となる成人の腹部のX線撮影には、グリッドを使わないと画質の劣化が線量低減の便益を過大に相殺し、正味の便益は減るであろう。防護の最適化ではグリッドの除去は求められないであろう。小児のX線撮影では散乱線がもっと少ないので、グリッドの除去による線量低減の便益は画質のわずかな劣化によって完全に相殺されることはない。したがって、防護の最適化ではグリッドの除去による線量の低減が求められる。

(65) 診断情報の損失と患者の線量の低減との定量的な均衡をとることは難しい。診断性能規準を使って、線量をその規準がちょうど達成される点まで減少させるほうがときにはもっと容易であることがある。このような打ち切り法は、診断情報の劣化がほとんど受け入れられなくなるまでその劣化を無視することになるので、防護の最適化の最良の方法ではない。

(66) 放射線治療では標的組織への線量と身体他の部位への線量を区別する必要がある。標的組織の線量が少なすぎれば治療効果はあがらない。その場合、被ばくは正当化されなかったであろうし、防護の最適化は生じない。治療では、標的容積外の組織の防護は、防護の最適化と同じ目的を含むとみなせる線量計画の主要な部分である。

(67) 患者の介護と慰撫を助ける個人の被ばく（職業被ばく以外の）も医療被ばくである。この定義には診断または治療のための核医学的処置ののち退院した患者の家族や友人も含まれる。これらの人々に対する防護の最適化の手順は、その被ばくを線量限度で制限する必要がないことを除いて、公衆被ばくと同じである。しかしながら、最適化の手順には線量拘束値(8.3節参照)を含めるべきである。生物医学研究の志願者の被ばくも8.3節で扱う。

5.4 職業被ばくにおける防護の最適化

(68) 多くの場合、医療職員および補助職員の職業被ばくの防護の最適化は、他の職業と同様に行って十分であろう。しかし、防護上の手はずにより患者のケアが制限されるときは、防護選択肢にいくらかの制限を適用しなければならないことがある。たとえば、作業者を高線量区域から立ち退かせることは可能であるが、患者は目の届くところにいる必要があり、このため一部の遮蔽物に用いる材料が限定される。患者にとって重苦しい隔離を避けるため、遠隔照射装置への立ち入りはインタロック付きの扉ではなく、ゲート付き迷路であることが多いであろう。こうした制限に留意すべきであるが、防護のレベルをはなはだしく損なうべきでない。

(69) 線源アフターローディングシステムを用いない小線源照射治療は看護職員の線量制限に重大な問題を提起する。ふつうは防護の最適化によりアフターローディングのほうが指示されるであろう。

(70) 線量拘束値の使用は職員組織に大きく依存するであろう。X線診断にのみまたはそれを主として従事する人々に対する防護の最適化に用いられる拘束値は低くすることができる。小線源照射治療の看護職員の防護にはもっと高い値が適切であることがある。拘束値を選択するさい、1年の間にいくつかの職種のあいだを移動する被雇用者に注意を払わなければならないであろう。

6. 個人の線量限度

(71) 委員会は職業被ばくと公衆被ばくに対する個人の線量限度を、この限度をわずかに超えた被ばくが続けば、それに関連した行為から加わるリスクが通常の状態では‘容認不可’と合理的に記述することのできる程度のものになるように設定した。行為の採択と継続使用は選択の問題であることは、行為の定義が暗に意味している。

(72) 患者の線量が適切に正当化されているという前提で、医療被ばくに線量限度を適用するのは適切ではない。なぜなら、このような限度は往々にして益よりも害が多いであろうからである。限度があると、ときには診断情報が得られず、またすべての放射線治療は行えなくなろう。さらに、医療被ばくの便益と損害は同一の個人つまり患者にもたらされ、不公平はない(8.3節も参照)。

(73) 線量限度は医学的手法による職業被ばくと公衆被ばくに適用されるものであるが、しかしながら多くの場合、防護の最適化が行われることで今や線量限度はあまり意味のないものになっている。

(74) 委員会の勧告する線量限度を表3に記す。簡単に言えば、職業被ばくの実効線量限度は年間20 mSvであって、連続した5年間の実効線量の合計が100 mSvを超えない、すなわち年平均20 mSvという前提で、単一年につき50 mSvまでという柔軟性を設けてある。眼の水晶体(1年に150 mSv)、皮膚(1年に500 mSv)、および手足(1年に500 mSv)には追加の限度が適用される。その理由は、これらの組織が実効線量の限度によって適切に防護されないことがあるからである。公衆被ばくの線量限度は、1年間につき、また‘特別な場合’に用いることのできる5年間の平均で、1 mSvの年限度として表わされている。

(75) 個人の線量が線量限度を超えたという理由だけでその被ばくに特別な制限を加える必要はない。そのような事が起こった場合には、当該被ばく者に制限または罰則を課すのではなく、その施設の防護上の設計と操業の面の徹底的な検査が、通常は規制機関によって、行われるべきである。もし線量が不明で高いと考えられるときには、医師の診察を受けさせるのが適切であろう。

(76) 職業上被ばくする妊娠女性の受胎産物に厳密な線量限度を採用することには実務上の問題があるようである。妊娠初期は、男性も女性も本質的には同じ職業人に対する通常の防護で十分である。妊娠が申告されて雇用主に報告されたら、受胎産物への追加の防護を考慮すべきである。委員会は、委員会の現在の助言は時にあまりにも厳しく解釈されていたと考える。今では、妊娠作業員の作業条件は、妊娠の申告後において、妊娠の残りの期間中の受胎産物の

表3 線量限度の勧告値^a

適用	線量限度	
	職業被ばく	公衆被ばく
実効線量	決められた5年間の平均が1年あたり20mSv ^b	年1 mSv ^c
年等価線量		
目の水晶体	150 mSv	15 mSv
皮膚 ^d	500 mSv	50 mSv
手先, 足先	500 mSv	—

^a これらの限度は、特定の期間の外部被ばくからの該当する線量と、同一期間内の摂取による50年預託線量（子供に対しては70歳まで）との合計に適用される。

^b 実効線量は任意の1年に50 mSvを超えるべきでないという付加条件がつく。妊娠女性の職業被ばくには追加の制限が適用される。

^c 特殊な状況下では、5年間にわたる平均が年1 mSvを超えなければ、単一年にこれよりも高い実効線量が許されることがありうる。

^d 実効線量の制限により、確率的影響に対し皮膚は十分に防護される。局所的な被ばくについては、確定的影響を防ぐため追加の限度が必要である。

追加の等価線量が約1 mSvを超えることがないようにすべきである、と勧告する。この勧告の解釈において、妊娠女性に対し不必要な差別を生じないことが重要である。

(77) 委員会は、“防護体系の使用、とくに線源関連線量拘束値の使用により、妊娠している女性の雇用に特別な制限を必要とせず、通常は（この勧告の）遵守が適切に保証されるであろう”という委員会の見解を再度強調したい。

7. 介入による放射線防護

(78) 介入とは、事故または放射線源の誤使用による線量あるいはその影響を減らすためにとられる救済活動に用いられる用語である。介入はその救済活動による益が害を上回るときにのみ指示される。介入を行うという決定は、達成できる線量または影響の減少に左右されるべきである。その後起こる事故の確率を減少させるための対策も大切であるが、これは介入の一部ではない。

(79) 医学では、このような介入は放射性物質に対してのみあてはまる。事故と過誤は X 線発生装置や加速器で起こることがあるが、照射を停止させることは容易であり、介入には至らない。分割照射の放射線治療では、初期の分割照射での誤りはその後の分割照射で修正できるが、これは介入としてでなく線量計画の一部と考えたほうがよい。

(80) 医学における介入のいくつかの例をここに示す。

- (a) 放射性ヨウ素の過剰投与または誤投与による線量は、ヨウ化カリウムまたはヨウ素酸カリウムの形で安定ヨウ素を早期に投与し、甲状腺の放射性ヨウ素の摂取量を減らすことにより低減されることがある。
- (b) 紛失した小線源照射治療用線源による線量は、線源の所在を突き止める措置をとり、また被ばくのおそれのある人々へ警告することによって減らすことができる。
- (c) 核医学において放射性物質を多量にこぼしたことによる線量は、汚染箇所を早く隔離し、職員と患者を適切な管理のもとで立ち退かせることで低減することができる。
- (d) 遠隔照射用線源の不適切な処分とそれにつづく損傷または誤った取り扱いによる線量は、重大かつ広範囲であることがある。公共領域での主な対策には、避難、所有物の破壊、かなり広い区域の除染を含めなければならないことがある。広範囲のモニタリングプログラムも不可欠であろう。ICRP Publication 63 (ICRP, 1991 c) に、そのような介入を正当化する回避線量レベルについてのガイダンスが記されている。

(81) これらすべての状況において介入を行う決定は、放射性物質を扱ういかなる作業とも同じ方法に基づいている。放射性物質を多量にこぼした場合におけるような対策の大部分は緊急時計画に決めておくべきであり、公式の介入レベルを引き合いに出すことなく直ちに発動すべきである。

(82) ほかの作業場と共通することであるが、高ラドン地域にある病院や類似の医療施設では、通常低い階の室内ラドン濃度が高いことがある。とりうる救済措置についてのガイダン

22 7. 介入による放射線防護

スがICRP Publication 65(ICRP, 1993)に示してある。介入を考慮すべきラドン濃度の下限値は国の当局が設定すべきである。

8. 防護の実際的方法

(83) この章では放射線の医学利用における職業被ばくと公衆被ばくに適用できる防護の主な方法を扱う。患者防護の詳細は、X線撮影または核医学のように、医学の個々の分野に通常特有のものであるので、扱っていない。委員会は、今後の報告書でこれらの分野における防護をもっと詳細に扱うつもりである。

8.1 職業被ばく

(84) 医学における職業被ばくの管理は、作業場所を2つのタイプすなわち管理区域と監視区域に指定することで単純化でき、またより効果的にできる。管理区域とは、軽微な事故が発生する可能性を含む通常の作業条件の区域であって、放射線被ばく管理をとくに目的とする十分に確立された手順と慣行に従うことが作業者に要求される区域である。監視区域とは、その作業条件が監視のもとにあるが、通常は特別な手順を必要としない区域である。この決定は操業上の経験と判断に基づくのが最も良い。非密封放射性物質による汚染の問題がない区域では、指定される区域は、場合により境界の線量率で定められることがある。線源を移動使用するときには指定区域の決定に柔軟性が必要である。

(85) 管理区域の入口には、被雇用者とくに保守職員に対し、その区域内では特別の手順が適用され、放射線源が存在する可能性があることを示す標識をつけるべきである。監視区域での条件は、いかなる被雇用者も最小限の手続きで入室できるようにすべきである。

(86) 指定区域外では、線源からの線量率と非密封放射性物質による汚染のリスクが十分低く、通常の条件下では、その施設で働く人々の防護のレベルが公衆被ばくに求められるレベルと同程度であることが保証できるようにすべきである。これらの作業者の被ばくは、低いレベルではあるがやはり職業被ばくである。

(87) すべての職業被ばくにおける一つの難しい決定は、個人モニタリングを行うべき作業者の選定である。この決定は次の3つの主要因に左右されるべきである：(1)該当する限度との関連で、予期される線量または摂取量のレベル、(2)その線量と摂取量における、起こりそうな変動、および(3)モニタリングプログラムを構成する測定と解釈手順の複雑さ。この第3の要因のため、外部被ばくのモニタリングは放射性物質の摂取に対するものと異なった取り組み方になる。外部被ばくの個人モニタリングはかなり単純で、資源の大きな投入を必要としない。医学では、管理区域で働くすべての人に個人モニタリングを行うべきである。監視区域でいつも働く人には、彼らの線量が常に低いことが明らかな場合を除き、個人モニタリングを考慮す

べきである。内部被ばくのモニタリングはもっと複雑で、とくに汚染管理に関連して管理区域に指定され、有意な摂取が予期される理由のある区域でいつも働く作業者にのみ日常的に行うべきである。摂取量の個人モニタリングのガイダンスはICRP Publication 54(ICRP, 1988)に示してある。

(88) 個人モニタリングプログラムは、被ばく管理のための情報を提供するという主な機能のほか、作業場所の分類の確認や作業状況の変動の検出にも役立つことがある。それはまた、安心のためにも役にたつし、最適化プログラムを見直すためのデータを提供することもある。

(89) 医学のいくつかの分野では職業被ばくの管理がとくに重要である。その一つは、アフターローディング技術によって挿入されたのではなく、線源が刺入された小線源照射治療の患者の看護である。2番目は透視中の患者の触診である。3番目は心臓カテーテル検査におけるようなIVRである。これらの手法のすべてにおいて、注意深い遮蔽と時間の制限が必要である。結果の慎重な吟味を伴う個人モニタリングも重要である。小線源照射治療では、線源を頻繁に注意深く数え直すことが不可欠である。

8.2 公衆被ばく

(90) 公衆が病院へ入ることや、放射線室に立ち入ることは、制限されていないわけではないが、工場の操業中に通常行われている制限に比べて病院はもっと開放的である。非指定区域への公衆の立ち入りに制限を課すような放射線防護上の根拠はない。公衆の立ち入り時間は限られているため、もしそれが患者や訪問者の利益であるならば、監視区域についても同様な方針を採用することができる。管理区域とくに小線源照射治療と核医学の区域への公衆の立ち入りは患者の訪問客に限るべきであり、彼らにはその行動の制限について助言を与えるべきである。

(91) 核医学部門からの廃棄物により公衆にいくらかの被ばくを生じることがあるかも知れない。下水への排出と焼却炉からの気体状放出物の潜在的影響を算定すべきである。これらの経路による処分に許される放射能と固体廃棄物の処分について制限を課すべきである。

(92) 待合室および公共輸送機関で公衆構成員が受ける偶発的な被ばくは、がんの治療中の患者を除いて、核医学患者の移動に特別な制限を必要とするほど高くはない(8.3節も参照)。

8.3 志願者の被ばく

(93) 生物医学研究で志願者を使うことは、医学と人間の放射線生物学とに大きく寄与している。これらの研究のあるものは疾病の研究に直接の価値があり、また他のものは医薬品の代謝、および、作業場所または環境の汚染から人が吸収するかもしれない放射性元素の代謝に関する情報を提供する。これらの研究のすべてが医療機関で行われるわけではないが、委員会

はすべての志願者の被ばくを医療被ばくのように扱う。

(94) 生物医学研究で志願者を用いることの倫理的および手続的側面は ICRP Publication 62 (ICRP, 1991 b) で委員会により扱われている。最も重要な側面は、志願者が事情を知った上で自由な選択をすることを保証する必要性、その研究の社会的価値と結びついた線量拘束値の採用、および研究の計画や実施に影響を与えることのできる倫理委員会の利用である。倫理委員会が放射線防護上の助言を容易に得られるようにしておくことが重要である。

(95) 患者の介護と慰撫を助ける友人や親族も志願者であるが、患者とそれを看護する人々の両方に直接の便益がある。このような人々の被ばくは医療被ばくと定義されているが、患者の訪問者と核医学患者が退院したときの自宅における家族との両方に対して防護の方針を決めるさい用いるために線量拘束値を設定すべきである。こうしたグループには小児が含まれることがある。委員会はこのような拘束値を勧告しなかったが、1件につき数 mSv 程度の値が合理的と思われる。この拘束値は厳密に使用すべきものではない。たとえば、重症の子供の両親にとっては、もっと高い線量でもおそらく適切であろう。

8.4 実施手引きと参考レベル

(96) 放射線防護における多くの決定は、個々の場合に毎回評価と意思決定のプロセスを繰り返す必要がないように標準化することができる。これを遂行する最も簡単な方法は、完全な評価の代わりとして用いることのできる測定可能または評価可能な量の一連の数値を設定するという基本方針を用いることである。

(97) 実施手引きは、被雇用者および設備・施設の設計者に向けられた管理上の方針を述べたものである。それらは、しばしば施設管理者がその範囲内で操業することを望む年間線量として示される。これらの値は限度でも目標値でもなく、合理的に遂行できるときにはいつでももっと良くするという、優先する要件により補うべきである。

(98) 参考レベルは、それを超えたら何か特定の対策または決定を実行すべき測定量の値である。これらには、それ以上で数値を記録に残し、それ以下の値は無視すべき記録レベル、それを超えたら原因または結果の意味を吟味すべき調査レベル、それ以上である種の救済活動の実行を考慮すべき介入レベル、および、もっと一般的に、特定の行動を起こすべき対策レベルがある。これらのレベルを利用することで、不必要なまたは実りのない作業を避け、資源の有効利用の一助とすることができる。それらはまた、潜在的な高リスク状況に注意を向けることにより放射線防護にも役立てることができる。

(99) 一つの特別な形の参考レベルがX線診断と核医学診断に適用される。Publication 60で委員会は、いくつかの普遍的な診断手法に適用するため、適切な専門家組織または規制機関が選択した線量拘束値または調査レベルの使用を考慮すべきである、と勧告した。これらは、

しっかりした臨床上の判断によって指示されるならばもっと高い値を許容するため、柔軟性をもって適用されるべきである。この勧告はここでさらに詳しく述べる必要がある。

(100) 委員会は今回、患者に診断参考レベルを用いることを勧告する。これは調査レベルの一つの形であり、普通は空気中または単純な標準ファントムあるいは代表的患者の体表面における組織等価物質中の吸収線量といった、容易に測定できる量に適用される。核医学では、この量は通常投与された放射線量であろう。どちらの場合も、診断参考レベルは、患者の線量または投与放射線のレベルが異常に高い状況を確認するための簡単なテストとしての使用を意図したものである。もし、ある手法が常に対応する診断参考レベルを超えることが見つかったら、防護が十分最適化されているかどうかを調べるためにその手法と装置をその施設で検討すべきである。もし十分最適化されていなければ、線量低減のための措置をとるべきである。

(101) 診断参考レベルは専門家の判断を補うものであり、医学の良否の境界線を設けるものではない。これを規制目的または商業目的に用いるのは不適切である。

(102) 診断参考レベルは医療被ばくに適用され、職業被ばくと公衆被ばくには適用されない。それゆえ、線量限度や拘束値とは何の関わりもない。理想的には診断参考レベルは包括的な防護の最適化の結果であるべきである。実際にはこれは実現が困難であり、患者で観察された線量分布のあるパーセンタイル（百分位数）点として初期値を選ぶのがもっと簡単である。必要とされる安定性と観察された線量分布の長期的変化の妥協点を表わすこの初期値は、専門の医学団体で設定され、ときどき見直されるべきである。選ばれた初期値は国または地域に特有のものであろう。

(103) 原理的には、それ以下では線量が低すぎて良好な画質を提供できないような比較的低い参考レベルを選ぶことができるかもしれない。しかし、線量以外の要因が画質に影響するので、このような参考レベルは設定することが非常に難しい。それにもかかわらず、もし観察された線量または投与量が一貫して診断参考レベルよりも十分低いならば、得られた画質をその施設で検討すべきである。

(104) 診断参考レベルは、通常用いられる種類の診断検査と大まかに決められた型式の装置にのみ関係づけて定めるべきである。このレベルは、精密に用いるように意図されたものではなく、またレベルを多様化するとその有用性は減るであろう。

(105) 参考レベルは治療に対しては不適切である。標的組織の線量は線量計画手順の一部として各患者個人に対して選ばれており、治療効果を得るのに十分な大きさでなければならない。

(106) 参考レベルを用いる状況の多様性およびそれらと線量限度および線量拘束値との関係が、ときどき混乱を引き起こしている。表4の要約は役に立つかもしれない。

表4 線量限度、拘束値および参考レベルの特徴

量	特徴
<u>制限値</u>	
線量限度	国の当局が設定し、強制力あり。職業被ばくおよび公衆被ばくに適用されるが、医療被ばく（患者の線量）には適用されない。
線量拘束値	防護の最適化の重要な一部で、前向きにのみ使用。国の当局または操業管理者により設定される。職業被ばくと公衆被ばく、および生物医学研究と患者を非職業的に介護する志願者に適用される。
<u>参考レベル</u>	
診断参考レベル	専門家団体により設定される。助言的。患者の線量または放射性薬剤の摂取量に適用。もし常にこれを超えるならば、施設での検討が必要である。
記録レベル	操業管理者または国の当局により設定され、些細な情報を記録から除外できる。助言的だが、一貫して適用すべきである。個人と作業場所のモニタリングにとくに関連させて、主として職業被ばくに適用される。
調査レベル	操業管理者により設定され、これを超えた場合、その施設での調査(多くの場合、非常に簡単な)が必要。主として職業被ばくに適用される。
介入レベル	国の当局により設定され、公衆被ばくにおいて特定の対策により避けることのできる線量に適用。しばしば強制力をもつ。
対策レベル	特定の対策を要求するレベルで、とくに介入の発動の決定に使われる。その場合、測定可能な量（たとえば線量率または放射能濃度）に関係づけられ、それを超えたら介入レベルより大きい線量を下げ的可能性のある適切な対策がおそらくとられる。

9. 事故と緊急事態

(107) すべての被ばくが予告されたとおりに起こるとは限らない。装置の故障，人の過失，火災などの外部事象またはこれら3つすべての複合による事故的な被ばくがありうる。その事象の起こる前は，被ばくの可能性はあるが，被ばくするという確証はない。年間の発生頻度が1より小さいようなこうした被ばくを潜在被ばくと呼び，避けられない小さな過失の発生を含む通常作業に由来する被ばくと区別する（第3章も参照）。このような事象は安全解析（失敗とその結果の確率を推定する解析）により予知が可能であるが，その詳細と発生の時期は予言できない。しかしながら，ときには潜在被ばくの確率とその大きさの両方ある程度制御することが可能である。この段階では，2つの目標すなわち予防と軽減があるべきである。予防は放射線被ばくを引き起こすかあるいは増加させる一連の事象の確率を減少させることである。軽減はそのような一連の事象のどれかが実際に生じた場合に被ばくを制限し減少させることである。

(108) 潜在被ばくを形式的に定義するには，ある線量をもたらす事象の確率，その線量に伴う害の種類の特定，およびその線量が実際に生じた場合に害が起きる条件付き確率を明確に述べる必要がある。これらの成分は，リスクのある個人に害が起こる全確率を与えるために総合することができる。この総合は，その確率が安全評価によってのみ評価できるので，限られた有用性しかない。確率の大きさの推定値は確かめることができない。さらに，線量が実際に生じれば状況は変わる。線量が小さくない限り，その線量の大きさと生じる結果が主な問題点となる。事象が起こりそうにないという事実はもはや関心の外である。

(109) このような複雑さのため，潜在被ばくを定量的に使用するには限界がある。医療では潜在被ばくを型どおりには用いず，事故的で意図されていない線量の起こる確率と大きさを減少させる合理的手段を全てとることで，多くの場合十分であろう。

9.1 事故の予防

(110) 事故の予防は装置と施設および作業手順の設計の不可欠な部分であるべきである。後で考えればよい余分なことを考えるべきでない。

(111) 事故の予防の主要点は，長い間，失敗の結果に対して多重の安全装置を用いることとされていた。このやり方は今では戦略との類似から‘深層防護’と呼ばれ，一つの失敗が重大な結果をもたらすのを防ぐことを目指している。装置の設計によりなされる防護もあり，作業手順による防護もある。

(112) 事故の予防の主眼は、治療においては装置と手順に置かれるべきであるが、診断装置による事故にも注意を払うべきである。

(113) 治療装置は、設計仕様外の要求を自動的に拒否するかまたは指示の妥当性に疑問を呈することで、操作者の過失を減らすように設計されるべきである。困いは、患者を不当に孤立させることなく、照射中に職員を外に排除するように設計されるべきである。

(114) 治療装置は設置後および変更後に校正すべきであり、性能の有意な変化を検出できるような標準的試験手順により点検を日常的に行うべきである。

(115) とくに放射線治療においては、重要な決定は独立した確認を受けるよう作業手順によって要求すべきである。患者の本人であることの確認および指示された治療方法との正しいつながりは二重にチェックすべきである。核医学治療では、用いる放射性薬剤とその放射能が正しいかどうか二重のチェックを行うべきである。

(116) 治療に使われる放射線源は、誤って放置されたり誤って使用されると非常に重大な被ばくを起こしうる。小線源照射治療用線源は頻繁かつ徹底的に数のチェックを行うべきであり、その最終的な処分についての規定を作るべきである。患者の遺体を扱うときには、刺入された線源または治療レベルの放射能の放射性薬剤が存在する可能性を考慮すべきである。

9.2 緊急時計画と影響の軽減

(117) 事前の注意にも拘わらず、人間の活動には事故がつきものである。緊急時計画は不可欠である。放射線防護の側面は、施設の一般的な事故時計画の重要な一部であるべきである。計画の策定は、事故につながるかもしれない過失の詳しい調査の結果と、そのような事故のとりうる形態と重篤さに依存して行うべきである。予兆のない事故はまれであり、過去の事象を検討することが、緊急時手順の策定に大きな効果があろう。

(118) 緊急時計画は、事故の影響の軽減に備えるものであるべきである。計画は明確に記述し、定期的に演習すべきである。これらの計画の目的を関係者に明確にすべきである。

10. 制度上の措置

(119) 放射線防護および、もっと一般的にいうと、高い安全水準の達成は、人々の遂行能力に決定的に依存する。制度上の措置は、その遂行能力に大きな影響を与えることができる。これらの措置は国々のあいだおよび一国内のいろいろな種類の施設のあいだで大きく異なる。ここでは一般的なガイダンスを示すにとどめる。

10.1 責任と権限

(120) 放射線被ばくの満足な管理を達成し維持するための第1の責任は操業を行う機関の管理組織体に直接かかっている。病院、またときには個人の医療施設でも、患者に責任をもつ医療職員と、施設の一般的経営および財務に責任のある管理者という二重の管理システムがあることがある。責任は行動する権限を持つものだけが行使できるので、放射線被ばくを生ずる手法の実施責任の明確なラインを確立することが不可欠である。とくに、放射線を用いる手法を依頼する担当医、手法を実施する放射線科医、および資源を提供する管理者のそれぞれの責任を明確にすることが大切である。

(121) 政府には、放射線防護の政策を含む医療政策の国家的枠組みを決める機関を設置し、または認定する責任がある。国の当局は、環境汚染を起こすような重大な事故が発生し、関係する管理組織体がないときには、行動に直接の責任を負わなくてはならないこともある。規制機関および諮問機関はそれらの要件と助言に責任があるが、このことは操業管理者の責任を減ずるものではない。

(122) すべての組織では、責任とそれに付随する権限は、含まれる義務の複雑さに応じた範囲で外部に委任されている。この委任がうまくいっていることを定期的に検査すべきである。それぞれの組織の最高責任者にまっすぐにつながる遡及的な責務の明確なラインが存在すべきである。責任の委任はその責務を減じるものではない。

10.2 管理上の要件

(123) 要件、作業指示書、規制文書、およびその他の管理上の方策は重要であるが、これらだけでは放射線防護と安全の適切な水準を達成するには十分でない。企業内のすべての人、個々の作業員と彼らの代表者から上級管理者までが、防護と事故防止を彼らの毎日の任務の肝要な部分と考えるべきである。近年、このような姿勢はセーフティカルチャーとして知られるようになった。

(124) セーフティカルチャーは非常に大切であるが、それだけで十分ということはない。管理活動により常に再生しなければ、その有効性は失われる。医学では、患者に便益があれば医療職員の防護の無視は正当化されるという伝統により、セーフティカルチャーは軽視されることがある。放射線防護の観点からはこのような伝統はもはやほとんど妥当でない。患者の要求によって医療職員の防護が損なわれる必要のあるような状況はめったにない。

(125) セーフティカルチャーは明確な作業指示書を発行することと、防護の最適化を含む放射線防護を扱う公式の管理体制を作ることで補強すべきである。これらの指示書は、装置と施設全体の設計に適用されるあらゆる要件を考慮すべきであり、点検と保守などの副次的な作業も含むべきである。もし適切ならば、管理体制内に放射線安全委員会を設け、放射線防護の手はずに助言を与えるようにすべきである。管理体制と作業指示書の詳細は操業する組織の形態と規模に依存するであろうが、小さなまたは非公式の組織においてもその重要性は認識されるべきである。

(126) 管理体制は防護と健康のための職業的なサービスの提供も含むべきである。大きな施設ではこのサービスは組織の主要構成部分であることがある。小さな施設では、外部の契約者がこのサービスを提供できる。このサービスは防護の事項に関して専門的助言を提供し、また必要なモニタリング設備を整えるべきである。このサービスは作業者がその任務に適合しているかどうかを判定するための通常の職業的保健監視も提供すべきである。今では、この判定に作業環境の放射線成分が有意に影響することはきわめてまれである。それゆえ、保健監視のレベルは、国が求めない限り、職業被ばくによって決められるべきでない。

(127) 自分の仕事の放射線安全に懸念を持つ作業者に医学上のカウンセリングを行うための規定を設けるべきである。これらの作業者には、妊娠しているかまたはその可能性のある女性および放射線生物学研究プログラムで故意に被ばくした志願者も含まれよう。核医学処置の後患者が帰宅するとき、家族に対し必要な助言ができるような規定も設けるべきである。

10.3 教育と訓練

(128) 一つの重要な要請は、医療における将来の専門家および技術職員に放射線防護の教育と訓練を施すための十分な資源を供給することである。訓練のプログラムには新入職員全員のための初等訓練と、定期的な更新および再訓練を含めるべきである。

10.4 意図されている防護基準の遵守

(129) 放射線防護に関係するすべての組織は、自身の目標と手順を遵守していることを実証する義務を持つべきである。これらの組織は、会計監査に似た機能を持つ、組織構造と手順とを見直すシステムを確立すべきである。こうしたすべての実証の手順には放射線安全委員会

を含めるべきであり、また安全対策の検討による潜在被ばくの考慮も含む必要がある。実証手順には、品質保証プログラムおよびある種の査察を含めるべきである。

(130) 品質保証プログラムは、企業のすべての機能において意図されている基準を維持するために不可欠である。この適用範囲にはとくに放射線防護と安全を含めるべきである。

(131) 基準化はまた、十分な防護レベルの維持において主要な役割をも果たすことができる。あまり重要でない改善のために一時的な修正を行うより、使い慣れた基準化された手順を用いる方が良いことがしばしばある。手順を頻繁に変えることは間違いのもとになりやすい。

(132) どんな実証のシステムにも記録の保存が含まれる。職業被ばくを記録する必要性は、通常は規制当局が定めるであろう。診断による被ばくを測定する必要はほとんどないが、もし被ばくが測定されていれば、診断参考レベルとの比較の記録を保存すべきである。放射線治療においては線量計画のデータ、投与放射能(核医学の場合)および、治療患者については退院時の放射能を患者記録に含める必要がある。

引用文献

- ICRP (1977). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 26. *Annals of the ICRP* **1**(3), Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (1982). Protection of the Patient in Diagnostic Radiology. ICRP Publication 34. *Annals of the ICRP* **9**(2-3), Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (1985). Protection of the Patient in Radiation Therapy. ICRP Publication 44. *Annals of the ICRP* **15**(2), Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (1987). Protection of the Patient in Nuclear Medicine. ICRP Publication 52. *Annals of the ICRP* **17**(4), Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (1988). Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers : Design and Interpretation. ICRP Publication 54. *Annals of the ICRP* **19**(1-3), Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (1989). Optimization and Decision-Making in Radiological Protection. ICRP Publication 55. *Annals of the ICRP* **20**(1), Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (1991 a). 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Annals of the ICRP* **21**(1-3), Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (1991 b). Radiological Protection in Biomedical Research. ICRP Publication 62. *Annals of the ICRP* **22**(3), Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (1991 c). Principles for Intervention for Protection of the Public. ICRP Publication 63. *Annals of the ICRP* **22**(4), Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (1993). Protection against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65. *Annals of the ICRP* **32**(2), Elsevier Science Ltd, Oxford.
- UNSCEAR (1993). Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1993 Report to the General Assembly with Annexes. United Nations, New York.

付属書A 1990年勧告の要約

この付属書はICRP Publication 60の勧告の要約であり、Publication 60における主要な勧告と新しい概念を含んでいる。要約にある表はすべてこの報告書の本文中に記したので、この要約からは除いた。

緒 言

(S1) この勧告は、規制機関、諮問機関、および管理組織体とその専門職員の役に立つことを意図している。勧告は電離放射線と人の防護のみを扱う。委員会は、電離放射線は恐怖ではなく注意をもって取り扱う必要があり、そして、放射線のリスクは他のリスクと釣り合いを保つべきであることを、強調する。放射線防護は科学的考察に基づくだけでは実施することはできない。関係者はすべて、いろいろな種類のリスクの相対的重要性およびリスクと便益とのバランスについて価値判断をしなければならない。

放射線防護に用いられる諸量

(S2) 委員会は、物質の小体積内における事象の統計的分布に基づく微視的な線量計測量の方が最終的にはより適当であるかもしれないことを認識しているが、ここでは巨視的な線量計測量を使用する。放射線防護における主要な線量計測量は、組織・臓器の平均吸収線量 D_T すなわち単位質量あたりに吸収されるエネルギー；組織・臓器の等価線量 H_T すなわち放射線荷重係数 w_R で吸収線量を重みづけしたもの；そして、実効線量 E すなわち組織荷重係数 w_T で等価線量を重みづけし、全組織について総和をとったもの、である。ある放射性核種の摂取後の実効線量率の時間積分は預託実効線量 $E(\tau)$ と呼ばれ、ここで τ は摂取に続く積分期間（年で表わす）である。吸収線量の単位はグレイ(Gy)、等価線量と実効線量の単位はともにシーベルト(Sv)である。放射線荷重係数と組織荷重係数の値は、この報告書の本文の第2章に与えられている（14項および26項を参照）。

(S3) 他の有用な量は集団実効線量すなわちあるグループ内の平均実効線量とそのグループの人数との積である。多少の条件付きではあるが、この量は集団あるいはグループに対する被ばくの全影響を表わすものと考えることができる。

(S4) 委員会は“線量”を、関連する線量計測量のいずれにも適用できるような総称として用いる。委員会はまた“被ばく”という用語を、放射線あるいは放射性物質にさらされる過程を表わす包括的な意味で用いている。この意味での重要性は、被ばくの結果もたらされる線

量によって決まる。

放射線防護の生物学的側面

(S5) 電離放射線は照射された組織に確定的影響と確率的影響の両方を引き起こす。放射線防護は、線量限度をしきい値以下に設定することにより確定的影響を避けることを目的とする。確率的影響は、低い頻度ではあるが非常に低い線量においても起こると考えられるため、すべての線量域で考慮されてきた。

(S6) 確定的影響は細胞が殺される結果生じ、線量が十分に大きければ、組織の機能を損なうのに十分な細胞損失を引き起こす。小線量では障害を生ずる確率はゼロであろうが、線量があるレベル（臨床的影響に関するしきい値）を超えると、障害発生の確率は急速に 1 (100%) にまで増加する。しきい値を超えると障害の重篤度は線量とともに増大する。これらの影響のしきい値は数グレイの線量あるいは年あたり数分の 1 グレイの線量率であることが多い。

(S7) 広島と長崎において受胎後 8-15 週という決定的な期間に子宮内で被ばくした子供達についての重要な所見によると、線量の増加に応じて知能指数分布は下方にシフトし、もっと高い線量を受けたあとには重度精神遅滞の確率が増加する結果となりうる。この影響は、知能指数のシフトが認められる最低線量をしきい値とする確定的影響であると推定される。

(S8) 確率的影響は、照射された細胞が殺されるのでなく修飾された結果起こるものであろう。修飾された体細胞は、その後長い遅延期間ののちがんとなるかもしれない。修復機構と防御機構があるために、この状態を生ずることはめったにない。しかしながら、放射線によるがんの確率は線量の増加分とともに増加し、おそらくしきい線量は存在しない。がんの重篤度は線量に影響されない。この損傷が遺伝情報を後の世代に伝える機能をもつ細胞に生ずるならば、その影響はすべて被ばくした人の子孫に現れ、この影響には多くの異なる種類と重篤度のものがあるかもしれない。この種の確率的影響は“遺伝的影響”と呼ばれる。

(S9) ICRP は、おもに日本の原爆被ばく者の研究と UNSCEAR, BEIR 等の機関によるその研究の評価に基づいて、致死がんの確率を推定した。これらの委員会は、1985 年までに蓄積されたデータ、新しい線量算定体系 (DS 86)、および、相乗モデルあるいは修正相乗モデルによる生涯予測を考察して、高線量・高線量率被ばくのもとでの生涯のがんのリスクを推定した。ICRP は、線量反応関係および線量と線量率の影響に関する利用可能な実験的情報を検討したあと、最も可能性のある線量反応関係は低 LET 放射線に対しては線形二次関数の形であると結論づけた。低線量あるいは低線量率における一次項の係数は、高線量・高線量率でのリスク推定値を線量・線量率効果係数 (DDREF) 2 で割ることによって得られる。作業員集団および一般集団に対する名目致死がん確率は若年層の感受性が高いことから若干異なっており、これを表 S-3 (省略。本文の表 2 を参照) に示す。委員会は、原爆被ばく者のデータの解析を進めて、

この致死がんのリスクが臓器間でどのように分布しているか、また、これらの各臓器におけるがんによる寿命損失の長さを独自に推定した。

(S 10) 重篤な遺伝的影響の推定値も、動物における遺伝的影響の実験データの UNSCEAR と BEIR による評価に基づいている。その結果によると、これらの推定値は、人におけるこれに相当する影響より小さくないことを示唆している。低線量・低線量率に対して、すべての世代における重篤な遺伝的影響（このうち優性突然変異と X 染色体連鎖突然変異によるものがその半分、重篤度で重みづけした多因子性疾患が約半分である）に対する確率係数が、作業者集団と一般集団の両者について表 S-3（省略。本文の表 2 を参照）に与えられている。

(S 11) 委員会は、損害という用語を有害な健康影響の発生確率とその影響の重篤度の判断との組み合わせを表わすものとして用いる。損害はさまざまな側面を有していることから、一つの量を選択して損害を代表させることは望ましくないため、委員会は多次元的概念を選択することとした。損害の主要な成分は、放射線の寄与による致死がんの確率、寄与非致死がんの荷重された確率、重篤な遺伝的影響の荷重された確率、および、障害が発生した場合の寿命損失の長さ、の 4 つの確率的量である。作業者集団および一般集団の両者に対する低線量でのこの総合損害の値も表 S-3（省略。本文の表 2 を参照）に示す。

(S 12) 委員会はまた、各組織・臓器における致死がんの確率をまず考慮し、非致死がんに対する適切な係数（各がんの重篤度（致死割合）により決定される）を乗じ、重篤な遺伝的影響の確率を加え、寿命損失の相対的長さについて補正することにより、組織・臓器における損害の分布を評価した。臓器間における総合損害のこの分布は、適切に丸めたあと、表 S-2（省略。本文の表 2 を参照）に示す組織荷重係数 w_T として表わされている。

(S 13) 実効線量は、身体のすべての組織・臓器の荷重された等価線量の和である。それは次式で与えられる。

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T$$

ここで、 H_T は組織・臓器 T の等価線量、 w_T は組織・臓器 T の荷重係数である。実効線量はまた、身体のすべての組織・臓器の二重に荷重された吸収線量の和として表わすこともできる。

放射線防護の概念的枠組み

(S 14) 放射線防護の体系は、益が害を上回ることを目指すべきであり、正味の便益を最大にする防護の手段を要求すべきであり、そして、個人と社会全体の間での利害の矛盾に由来する不公平を制限することを目的とすべきである。

(S 15) 人間活動のあるものは総放射線被ばくを増加させる。委員会はこれらの人間の活動を“行為”と呼ぶ。他の人間活動は、現在ある被ばくの原因に影響を与えて総被ばくを減らす

ことができる。委員会はこれらの活動を“介入”と記す。

(S 16) 委員会は被ばくを3種類に区分する。第一は職業被ばくで、これは仕事に、主として仕事の結果起こる被ばくである。第二は医療被ばくで、おもに診断または治療の一部として患者が受ける被ばくである。そして、第三は公衆被ばくで、第一、第二以外のすべての被ばくを含む。

(S 17) 行為においても介入においても、多くの場合、被ばくが起これ、その大きさが、ある程度の誤差はあっても予測できることは実際上確実であろう。しかしながら、被ばくが起こる可能性はあるが、起こるということは確実ではないことがある。委員会は、このような被ばくを“潜在被ばく”と呼ぶ。

行為における防護の体系

(S 18) 提案された行為および継続している行為に関して委員会が勧告する放射線防護体系は、次の一般原則に基づくものである。

- (a) 放射線被ばくを伴うどんな行為も、その行為によって、被ばくする個人または社会に対して、それが引き起こす放射線障害を相殺するのに十分な便益を生むのでなければ、採用すべきでない。(行為の正当化。)
- (b) ある行為内のどんな特定の線源に関しても、個人線量の大きさ、被ばくする人の数、および、受けることが確かでない被ばくが起こる可能性、の3つすべてを、経済的および社会的要因を考慮に加えたうえ、合理的に達成できるかぎり低く保つべきである。この手順は、本来の経済的、社会的な判断の結果生じそうな不公平を制限するよう、個人に対する線量に関する限定(線量拘束値)、あるいは、潜在被ばくの場合には個人に対するリスクに関する限定(リスク拘束値)によって、拘束されるべきである。(防護の最適化。)
- (c) 関連する行為すべての複合の結果生ずる個人の被ばくは線量限度に従うべきであり、また潜在被ばくの場合にはリスクの何らかの管理に従うべきである。これらは、通常の状態ではいつも、どの個人も、これらの行為から容認不可と判断されるような放射線リスクを受けることが確実にならないようにすることを目的とする。すべての線源が線源での措置によって管理が可能とは限らないので、線量限度を選択する前に、関連するものとして含めるべき線源を特定する必要がある。(個人線量限度および個人リスク限度。)

介入における防護の体系

(S 19) 介入に関して委員会が勧告する放射線防護体系は、次の一般的原則に基づくものである。

- (a) 提案された介入は、害よりも益の方が大きいものであるべきである。すなわち、線量を

引き下げた結果生ずる損害の減少は、この介入の害と社会的費用を含む諸費用とを正当化するのに十分なものであるべきである。

- (b) 介入のかたち、規模、および期間は、線量低減の正味の便益、つまり放射線損害の低減の便益から介入に関する損害を差し引いたもの、を最大とするように、最適化されるべきである。

線量限度は介入の場合には適用されない。原則(a)と原則(b)から、介入が適切な状況に対する手引きとなる介入レベルを導くことができる。これを超えれば重篤な確定的影響が起こるために介入がほとんど必ず正当化されるような、あるレベルの予測線量があろう。

(S 20) 防護のどんな体系も、行為におけるその体系の有効性の総合的評価を含むべきである。これは、達成された線量の分布と、潜在被ばくの確率を制限するためにとられた手段の評価に基づくべきである。重要な点は、基本原則は一貫した体系として扱うべきであることである。どの一部分も分離して扱うべきでない。

職業被ばくの管理

線量拘束値

(S 21) 最適化の重要な特徴は、線量拘束値の選択、すなわち、最適化手順の中で考察される選択肢の範囲を制限するために用いられる、線源関連の個人線量値の選択である。多くの種類の職業について、良好に管理された操業で受けそうな個人線量レベルについての結論を得ることが可能である。この情報は次に、その種類の職業に対する線量拘束値を決めるのに利用できる。職業の種類は、X線診断部門での作業、原子力発電所の日常運転、または原子力発電所の点検および保守といった、かなり広い表現で規定されるべきである。日々の被ばく管理の一部として規制機関によって定められる限度および特定の操業に対し管理者によって使われる制限は、ここで用いられる意味での拘束値ではない。一般に、これら限度と制限は最適化の結果を基礎として定めるべきである。線量拘束値は、通常、国レベルまたは地方レベルで定めることが適切であろう。

線量限度

(S 22) 職業被ばくに適用される線量限度は表 4-2 (省略。本文の表 3 を参照) にまとめられている。

(S 23) 線量限度が職業被ばくの管理の一部として必要なのは、線量拘束値の選択に限定を課すため、および、最適化の適用における判断の誤りを防ぐためである。

(S 24) 線量限度を決めるにあたって、委員会の目的は、ある決まった 1 組の行為について、また規則的で継続する被ばくについて、これを超えれば個人に対する影響は容認不可と広くみ

なされるであろうようなレベルの線量を確定することである。過去に委員会は、ある被ばくの影響を判断する基礎として、死亡あるいは重篤な遺伝性疾患の放射線寄与確率を用いてきた。この量は依然として主要な因子ではあるが、委員会はもはや損害を記述するのに十分なものとはみなしていない。

(S 25) 委員会は、いかなる1年間にも実効線量は50 mSvを超えるべきでないという付加条件付きで、5年間の平均値が年あたり20 mSv(5年に100 mSv)という実効線量限度を勧告する。5年という期間は、たとえば始期を定めた暦上の5年間という具合に、規制機関によって決められるべきであろう。委員会は、この期間をまず取り入れてこれをさかのぼって適用することは期待しない。またこれらの勧告された線量限度は、最適化のための線量拘束値が1年につき20 mSvを超えるべきでないことを暗に意味している。

(S 26) ある管理期間内に被ばくが線量限度を超えた場合、個々の事例において医学的な助言がある場合は別として、その後その作業者の被ばくに特別の制限を加える必要はない。そのようなことが起こった場合には、当該被ばく者に制限または罰則を課すのではなく、その施設における防護上の設計と操業の面の徹底的な調査が、通常は規制機関によって、行われるべきである。もし線量がわからない場合または線量が高いと考えられる場合には、医師の診察を受けさせることも考えるべきである。

(S 27) 規制機関によって特別に規定された場合を除き、勧告された限度はあらゆる職業被ばくに適用すべきである。既存の工場と設備での操業において、厳格さの増大にすみやかに対応することが困難であるという理由で、規制機関が一時的に勧告値よりも高い線量限度値の使用を望むことがあることを委員会は認識している。しかしそのような措置はあくまでも一時的なものと考えられるべきである。

(S 28) 線量限度は、経済的および社会的要因を考慮に加えたうえで合理的に達成しうるかぎり低いレベルの線量の達成を目指す、防護体系の一部を構成しているにすぎない。それは目標とはみてはならない。委員会の見解では、線量限度は、規則的な、長期におよぶ、そして計画的な職業被ばくが、ちょうどぎりぎり耐えうると合理的にみなすことのできる点を表わしているのである。

(S 29) 実効線量の制限により、実効線量が限度値で長期間続いたと仮定しても、実効線量に寄与しない眼の水晶体と局所的な被ばくとなることの多い皮膚とを除くすべての組織・臓器に確定的影響を起ささないことは確実である。眼の水晶体と皮膚については、それぞれの線量限度が必要であり、その年限度は、眼の水晶体に対しては150 mSv、皮膚に対しては、被ばくの面積に係わりなく、任意の1 cm²にわたり平均して500 mSvである。

(S 30) 内部被ばくについては、年摂取限度(ALI)は20 mSvという預託実効線量に基づいている。摂取量の推定値は、ある程度の柔軟性を与えるために5年間にわたって平均してもよ

い。ラドンに対する職業上の限度は現在再検討されている。その間は、Publication 47(ICRP, 1986)に記載された数値が依然として有効である（現在では Publication 65 (ICRP, 1993)を参照）。

女性の職業被ばく

(S 31) 妊娠していない女性に対する職業被ばくの管理の基礎は男性の職業被ばくの場合と同じである。委員会は、女性一般に対する特別な職業上の線量限度を勧告しない。

(S 32) いったん妊娠が申告されれば、妊娠の残りの期間中に女性の腹部〔軀幹下部〕の表面に対して 2 mSv という補助的な等価線量限度を適用し、また放射性核種の摂取を ALI の約 1/20 に制限することにより、受胎産物を防護すべきである。委員会は、委員会の防護体系の使用、とくに線源関連線量拘束値の使用により、妊娠している女性の雇用に特別な制限を必要とせず、通常はこの限度を十分に守ることができるであろうということを強調したい。そこで、雇用のおもな判断基準は、不慮の高線量被ばくおよび大量摂取の可能性が大きくないような職種での雇用であるべきである、ということである。妊娠した女性を就かせるべきでない高線量・高リスクの職業は規制機関が決めるべきである。

医療被ばくの管理

(S 33) 医療被ばくをもたらす行為の正当化については、行為は広義に定義すべきである。しかし、診断、治療のいずれであれ個々の手法は別々の決定にゆだねられるため、個々の手法についてケースバイケースにさらに正当化を適用する機会がある。このことは、通常症状に判断の根拠をおく単純な診断手法には必要ないが、複雑な検査および治療に対しては重要であると思われる。

(S 34) X線診断においては、防護の最適化の技法を用いることによる線量低減のかなりの余地が残されている。いくつかの日常的な診断手法に適用するために、適切な職業的機関または規制機関により選定された線量拘束値または調査レベルの使用を考慮すべきである。それらは、確固たる臨床判断により必要とされればもっと高い線量が許されるよう、柔軟に適用すべきである。

(S 35) 志願者の被ばくをもたらす科学的研究および臨床的研究の場合のように、被ばくする個人に直接の利益をもたらすことを意図していない医療行為の場合の防護の最適化においても、拘束値を考慮すべきである。

(S 36) 医療被ばくは普通、被ばくする個人に直接の便益をもたらすことを意図している。その行為が正当化されておりかつ防護が最適化されていれば、患者の線量は医学上の目的と両立する程度の低さであろう。したがって、委員会は、医療被ばくに対しては線量限度を適用す

べきでないことを勧告する。なお、職業被ばくまたは公衆被ばくに適用される線量限度への適合性をみる際には、診断または治療の過程で患者が受ける線量を含めるのは適切でない。

(S 37) 妊娠していると推定される女性の腹部に被ばくをもたらす診断行為と治療行為は、有力な臨床的適応がないかぎり避けるべきである。妊娠している可能性に関する必要な情報は患者自身から得るべきである。最近の月経が予定された時期になく、関係する情報が他にない場合には、その女性は妊娠中と仮定すべきである。

公衆被ばくの管理

(S 38) すべての通常状態における公衆被ばくの管理は、環境よりもむしろ線源に対する管理によって行われる。管理はほとんどすべて、拘束値を組み込んだ最適化手順と規制機関の決めた限度の使用により達成される。ある単一の線源による被ばくに関して均質なグループを構成する個人を1クラスにまとめて分類するとしばしば便利である。そのようなグループがその線源から最も高い被ばくを受けるグループならば、それは決定グループとして知られているグループである。線量拘束値は、防護を最適化しようとしている線源からの決定グループ内の平均線量に適用されるべきである。

線量限度

(S 39) 公衆被ばくの線量限度の適用範囲は行為の結果もたらされる線量に限定される。唯一利用できる防護措置が介入のかたちをとるような状況で受ける線量は適用範囲から除外される。潜在被ばくには別な注意を払わなければならない。住居内および屋外のラドン、すでに環境中に存在する自然または人工の放射性核種、およびその他の自然放射線源による被ばくは、介入によってのみ影響を与えることのできる状況の例である。それゆえ、これらの線源からの線量は公衆被ばくに関する線量限度の範囲の外である。介入の実施には職業被ばくが関与するので、それに応じて取り扱うべきである。

(S 40) 委員会は今回、公衆の被ばくに関する限度は、1年について1 mSvの実効線量として表わされるべきであることを勧告する。しかしながら、特殊の状況下では、5年間にわたる平均が年あたり1 mSvを超えなければ、単一年ではもっと高い実効線量が許されることもありうる。

(S 41) 実効線量限度を選ぶにあたって、委員会は、これを使うかどうかは選択の対象である意図的な行為の結果として生ずる継続的被ばくに関して、容認不可よりわずかに下の、ある値をさがしてきた。これは、住居内のラドンのような、他の線源からのもっと高い線量は容認不可とみなすべきであるということの意味してはいない。これらの線源の存在は好ましくないかもしれないが、選択の対象ではない。この線量は介入によってのみ管理することができるが、

介入は望ましくない性質も含んでいる。

(S 42) 眼の水晶体および皮膚は、確定的影響については実効線量限度によって必ずしも防護されるとは限らないので、これらの組織に対しても限度が必要である。委員会は、水晶体に対して年限度は 15 mSv、皮膚に対しては被ばく面積にかかわらず任意の 1 cm² に対して 50 mSv と勧告する。勧告された限度値は表 S-4 (省略。本文の表 3 を参照) にまとめて示されている。

潜在被ばく

(S 43) 潜在被ばくは、行為に適用される防護体系の一部としてまず対処すべきであるが、被ばくが実際に起きた場合には介入に至る可能性があることを認識すべきである。この段階では、予防と軽減の 2 つの目標があるべきである。予防は、放射線被ばくを生じさせたり増加させたりするおそれのある事象シーケンスの確率を低減することである。軽減は、これらのシーケンスのうちどれかが実際に生じたならば、被ばくを制限しかつ低減することである。介入が不要となるかもしれないように事故シーケンスの影響を低減するために、設計および作業段階で多くのことを行うことができる。

(S 44) 実際の被ばくへの対処と潜在被ばくへの対処に厳密な一貫性を維持するには、損害が生ずることになる状態の発生確率を損害の概念に含めるように拡張することが必要であろう。これを達成するための手法は今なお開発中である。この問題に対する包括的なアプローチには多属性分析の適用が必要である。

(S 45) 事象が万一発生したとしても線量が小さいならば、もっと単純なアプローチが個人被ばくにも集団被ばくにも適用できる。線量が発生したとして、それが線量限度を超えないようであれば、予想線量とその発生確率との積を、起こることが確実な線量とみなして用いることは妥当である。そして、正当化と最適化の従来からの手順を適用することができる。

介入における防護体系

(S 46) 介入プログラムが発動されるのに先立って、提案された介入が正当化されること、すなわち、害より益が大きいこと、また介入のかたち、規模および期間が、防護を最適化するように選択されていることを示すべきである。正当化と最適化のプロセスがともに防護措置に適用されるので、決定にいたるさいにはこれらをあわせて考慮する必要がある。正当化は、介入の各要素すなわち各防護措置の不利益が、達成されると思われる線量の低減によって十二分に相殺されるものであることを決定するプロセスである。最適化は、最大の正味の便益が得られるように措置の方法、規模および期間を決定するプロセスである。簡単にいえば、たとえば不安を考慮した社会的費用を含む費用といった同じ言葉で表わした不利益と便益の差が、採用

された各防護措置に対してプラスとなり、またその措置の詳細を決定することにより最大となるようにすべきである。

住居におけるラドン

(S 47) 住居におけるラドンは、ラドンによる個人線量および集団線量がともに他のほとんどの線源によるものより高いことから、特別な注意を要する。もし既存の住居の改善が必要であれば、住居の改造または居住者の生活用式の変更といった介入によって行わなければならない。

(S 48) 委員会は、既存の住居における救済措置をどのようなときに要求しまたは助言するかを決定するさいに一助となる対策レベルの使用を勧告した。対策レベルの選定は複雑で、被ばくのレベルによるだけでなく考えられそうな対策の規模にも依存し、後者は地域社会と個人にとって経済的な係わり合いがある。新築住居については、選定された地域での新しい住居の建設に対する指針と規定は、それらの住居の中で被ばくが、ある選定された参考レベルよりほとんどの場合低くなりうるように作ることができる。委員会はしかるべき時期に改訂勧告を刊行することを考え、現在の経験をさらに検討することを始めている。その間は ICRP Publication 39(ICRP, 1984)を引き続き用いるべきである（現在では Publication 65(ICRP, 1993)を参照）。

事故後の介入

(S 49) ある介入プログラムの中に含まれる個々の防護措置の便益は、その防護措置により達成されまたは期待される線量の低減、すなわち回避される線量に基づいて判断されるべきである。そこで、各々の防護措置はそれ自体の利点について考察されなければならない。しかしながら、これに加えて、関連するすべての被ばく経路を通して受ける線量を、それが防護措置の対象となるかならないかに関係なく評価すべきである。もしある人々の全線量が緊急時においても容認できないほど高いならば、その全線量に大きく寄与する部分に影響を与えるような追加の防護措置をとる可能性を至急に検討すべきである。重大な確定的影響または高い確率で確率的影響を引き起こすような線量に対しては、このような検討が必要であろう。

(S 50) 緊急時の間と救済措置時における緊急チームの職業被ばくは作業管理により制限することができる。重大事故時においては、防護の長期的なレベルを下げることなく、平常状況に対する管理をいくらか緩めることが許される。この緩和において、事故の制御と即時かつ緊急の救済作業における被ばくは、線量評価によって制限することがめったにできない人命救助を例外として、約 0.5 Sv を超える実効線量とならないようにすべきである。皮膚の等価線量は、この場合も人命救助を除き、約 5 Sv を超えることは許されるべきでない。緊急事態がいったん

制御されたならば、救済作業における被ばくは行為に伴う職業被ばくの一部として扱われるべきである。

委員会勧告の実際的履行

(S 51) 勧告の第7章は運用レベルの放射線防護の重要性を強調し、規制機関の要求と委員会の勧告をもとに、これをどのように展開すべきかについて示す。委員会は現在では管理区域および監視区域の設定は設計段階において、もしくは、操業経験と判断に基づき操業管理者によってそれぞれの場所で、決定されるべきであると勧告する。予想線量に基づく作業条件の分類はもはや勧告しない。この章は線量の測定（モニタリングと記録保存）および医学的サーベイランスについての助言を与えている。また、緊急時計画の立案と規制要件からの免除の根拠についても論ずる。この章は行為と介入の両方を扱う。

引用文献

- ICRP (1984). Principles for Limiting Exposure of the Public to Natural Sources of Radiation. ICRP Publication 39. *Annals of the ICRP* 14(1), Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (1986). Radiation Protection of Workers in Mines. ICRP Publication 47. *Annals of the ICRP* 16(1), Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (1993). Protection against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65, *Annals of the ICRP* 23(2), Elsevier Science Ltd, Oxford.

付属書 B 電離放射線の生物学的影響

信頼すべき総説の注釈付き目録

電離放射線の生物学的影響に関する情報が放射線防護に関係する場合、その総説の所在をこの文献目録に示してある。情報源は国際放射線防護委員会(ICRP)および国際連合原子放射線の影響に関する科学委員会(UNSCEAR)である。

各項目の記述内容は、原文のページ数と主な話題である。引用文献はこの付属書の終わりの文献表にある。

ICRP Publication 60, 国際放射線防護委員会 1990 年勧告(ICRP, 1991a)

第3章(ページ数14)には、放射線の人への生物学的影響のまとめがある。確定的影響と確率的影響が、身体的影響と遺伝的影響の両方および出生前被ばくと出生後被ばくの両方について扱われている。リスクの量的推定値が示されている。

付属書B(ページ数70)には、第3章を支持するもっと詳細な資料がある。

電離放射線に伴うリスク(ICRP, 1991b)

本書には個別の著者による5つの論文と、放射線影響に関するICRP専門委員会1の課題グループのガイダンスが載っている。これらの論文は専門委員会1が承認したものであり、Publication 60中の資料をさらに支持している。論文は次のとおりである：

- A. C. Upton：放射線の発がん効果に関するリスクの推定値(ページ数30)；
- C. E. Land and W. K. Sinclair：低線量放射線被ばくに伴う全がん死亡率に対するいろいろな臓器部位の相対的寄与(ページ数27)；
- B. Modan：低線量放射線の疫学的研究：方法論的問題の評価(ページ数15)；
- K. Sankaranarayanan：電離放射線のヒトにおける遺伝的影響(ページ数20)；
- W. J. Schull：電離放射線と発達中の人々の脳(ページ数24)。

電離放射線の遺伝的影響と身体的影響(UNSCEAR, 1986)

本書は国連総会への定期報告書の一つであり、その付属書には世界的な放射線被ばくのレベルと生物学的影響の広汎な科学的総説が載っている。この報告書の多くの点は1993年と1994年のUNSCEAR報告書(下記参照)に取って代わられたが、動物実験データに関連し、さらに

人に関する結論の要約も含まれる付属書C, 出生前被ばくの生物学的影響(ページ数104)は今でも適切である。

電離放射線の線源と影響とリスク(UNSCEAR, 1988)

付属書G, 高線量の人への早期影響(ページ数103)は, 全身の線量と臓器線量の両方を扱っている。これには診断指標と生物学的線量計測についての資料が含まれる。付録には, チェルノブイリ事故の犠牲者の被ばくと治療から得られた所見が報告されている。

電離放射線の線源と影響(UNSCEAR, 1993)

この報告書の5つの付属書が参照に値する。

*付属書E, 放射線発がんの機構(ページ数68)には, 発がんの分子生物学の充実した記述的概説がある。

*付属書F, 放射線の確率的影響に対する, 線量及び線量率の影響(ページ数111)には, 人の高線量の疫学データをよりよく解釈する目的で, 分子生物学, 細胞生物学, マイクロドシメトリおよび疫学が関連づけて論じられている。

付属書G, 放射線の遺伝的影響(ページ数75)は, 人の遺伝機構の型と遺伝的障害の自然発生率の説明に始まり, リスク推定値に至る。人の直接のデータはないので, これらは動物実験から得られたものである。

付属書H, 発達中の人への放射線の影響(ページ数63)には, 子宮内での脳の発達を述べ, また定量的リスク推定値を含めた放射線誘発異常の説明がある。

付属書I, 小児の晩発性確定的影響(ページ数53)には, 確定的影響の一般的記述につづいて, 身体的主要臓器・組織の晩発影響が扱われている。

電離放射線の線源と影響(UNSCEAR, 1994)

1993年報告書の続きであるこの報告書には, 2つの付属書があり, そのどちらも医学における放射線防護といくらかの関係がある。

*付属書A, 放射線発がんの疫学的研究(ページ数173)では, 疫学の役割, 方法および限界についての有益な紹介の後, 高LETおよび低LET放射線の両方による内部被ばくと外部被ばくの疫学的研究のまとめと解析がなされている。固形腫瘍と白血病のデータはともに0.2Gyの低線量まで有意なリスクがあり, さらにいくらか低い線量でも多少のリスクがあることを示している。このデータは, ICRP Publication 60で用いられたリスク推定値を修正する必要性を示唆していない。

付属書B, 細胞と生物体における放射線に対する適応応答(ページ数87)の結論するところ

によれば、DNA の修復機構の誘発を含む、放射線被ばくに対する細胞の適応応答には確かな証拠があるが、生物体全体に対する何らかの便益が被ばくの有害影響より大きいと結論づけるのは時期尚早であろう。

一般的コメント

ここに挙げた諸文献は、広汎な研究から得られた放射線リスクに関する見解には大まかなコンセンサスがあることを示している。相反するデータは注意深く検討し、その研究に方法論的弱点がある場合にのみ捨てた。

委員会は、Publication 60 および関連するリスクについての出版物に加えて、アスタリスク(*)をつけた論文を一般的な参考資料としてとくに推奨する。

参考文献

- ICRP (1991 a). 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Annals of the ICRP* **21**(1-3), Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (1991 b). Risks Associated with Ionising Radiations. *Annals of the ICRP* **22**(1), Pergamon Press, Oxford.
- UNSCEAR (1986). Genetic and Somatic Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1986 Report to the General Assembly with Annexes. United Nations, New York.
- UNSCEAR (1988). Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1988 Report to the General Assembly with Annexes. United Nations, New York.
- UNSCEAR (1993). Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1993 Report to the General Assembly with Annexes. United Nations, New York.
- UNSCEAR (1994). Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1994 Report to the General Assembly with Annexes. United Nations, New York.

医学における放射線の防護と安全

平成 9 年 9 月 20 日 初版第 1 刷発行
平成 19 年 9 月 20 日 初版第 2 刷発行 ④

翻訳および発行 社団 法人 日本アイソトープ協会

〒113-8941 東京都文京区本駒込二丁目 28 番 45 号

TEL 代表 (03) 5395-8021

出版 (03) 5395-8082

E-mail syuppan@jrias.or.jp

URL <http://www.jrias.or.jp>

発売所 丸善株式会社

© Japan Radioisotope Association, 1997 Printed in Japan

印刷・製本 コンテンツワークス株式会社

ISBN978-4-89073-101-5 C3340