

厚生労働科学研究費補助金研究報告書
(地域医療基盤開発推進研究事業)

医療放射線の安全確保に関する研究
(H19-医療-一般-003)

別冊

平成20年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 細野 眞

平成21年(2009)3月

別冊

- (1) ICRP103 仮訳 ----- 1-130
- (2) ICRP103 付録A 電離放射線に起因する健康リスクに関する生物学的
および疫学的情報 仮訳 ----- 131-236
- (3) ICRP103 付録B 放射線防護に使用される量 仮訳 ---- 237-318
- (4) BSS draft version 1.0 仮訳 ----- 319-402
- (5) BSS draft version 1.0 と従来のBSS(SS 115) の比較 -- 403-509

ICRP 紀要

PUBLICATION 103

国際放射線防護委員会

2007 年勧告

編集

J. VALENTIN

国際放射線防護委員会の依頼により
ELSEVIER が発行

国際放射線防護委員会 2007年勧告

ICRP Publication 103

2007年3月 委員会により承認

概要

放射線防護システムに関するこの改訂された勧告は、委員会が刊行した従来の1990年勧告と正式に差し替へ、1990年以降に発行された放射線源による被ばくの管理に関する追加ガイダンスを更新して統合し、且つ発展させるものである。

従って本勧告は、放射線被ばくの生態及び物理的過程に関する最新の科学情報に基づき、線量当量及び実効線量における放射線荷重係数と組織荷重係数、及び放射線損害を改正する。本勧告は委員会が提唱する放射線防護の3つの基本原則、すなわち正当化、最適化、線量限度の適用を維持しつつ、被ばくを引き起こす放射線源や被ばくを受ける個人に、これらの原則を適用する方法を明確にしている。

本勧告は、行為と介入を用いた過程に基づく従来の防護アプローチから、被ばく状況に基づくアプローチへと移行することで発展している。計画被ばく状況、緊急時の被ばく状況、及び現存する被ばく状況を認識し、これらすべての被ばく状況に、防護の正当化及び最適化の基本原則を適用する。また、計画被ばく状況については、すべての規制線源からの実効線量及び等価線量に関して委員会勧告する現行の個人線量限度を維持する。本勧告は個人線量及び個人リスクに関する制限——計画被ばく状況における線量拘束値やリスク拘束値、及び緊急時の被ばく状況と現存する被ばく状況における参考レベル——に従い、あらゆる被ばく状況に対して同様に適用可能な防護の最適化の原則を強化している。また、本勧告には環境の放射線防護を実践する枠組みを作成するためのアプローチも含まれている。

©2007年 ICRP Elsevier Ltd. 発行 無断複写・複製・転載禁止

キーワード：正当化、最適化、線量限度、拘束値、参考レベル

論説

皆さんの支援あってこその実現

放射線防護委員会の新勧告は、世界各地の科学者、規制機関、及び使用者による8年間の協議の末、2007年3月21日にドイツのエッセンで承認された。

委員会は、適切な放射線防護の基盤となる基本原則に関するガイダンスを主に提供することで、規制当局や諮問当局に勧告を与える諮問機関である。1928年の創設以来、委員会は定期的に、電離放射線の危険防護に関する勧告を刊行してきた。現行シリーズの最初の報告書は *Publication 1* で、1958年に承認された勧告が掲載されていた (ICRP, 1959)。近年の勧告は *Publication 26* (ICRP, 1977) 及び *Publication 60* (ICRP, 1991b) として刊行されており、1977年と1990年に承認された勧告がそれぞれ掲載されている。

使用者、及び放射線防護に関して責任を負う国際組織や国家機関は、委員会が刊行した勧告と原則を、彼らが実施する防護措置の主要な基準として捉えている。このように、放射線防護を扱うすべての国際基準と国内規制は、実質的に委員会の勧告を基盤としている。

委員会は *Publication 26* で放射線の確率的影響に関するリスクを定量化し、防護の正当化、最適化、個人線量限度という3つの原則と共に、線量限度システムを提案した。*Publication 60* ではその勧告を改訂し、委員会の理念を放射線防護システムへ拡大適用する一方で、防護の基本原則は維持し続けた。

Publication 60 以降、新たな科学データが発表されており、生物学的及び物理学的な仮説や概念は依然として堅固ではあるが、中には改正が必要なものもある。確定的影響の総体的な推定は基本的には変わらない。放射線被ばくに起因する癌リスクの推定についても、過去17年間、大きな変更はないが、遺伝的影響のリスクに関する現在の推定値は、以前よりも低いものになっている。新しいデータはリスクをモデル化し、損害を評価するための確固たる基礎資料となる。

2007年勧告は、行為と介入という過程に基づく従来のアプローチから、放射線の被ばく状況の特性に基づくアプローチへと移行している。放射線防護システムは、原則的にすべての放射線被ばく状況に適用される。被ばく状況を問わず、防護措置の範囲やレベルを決定する際にも同様の手順が用いられる。特に正当化と最適化の原則は普遍的に適用される。ICRPはより重点的に最適化に取り組むことで、現在まで介入として分類されてきたものに対し、防護の実践を推進できると考えている。

委員会の勧告における重要性を考慮し、また新勧告が国家の課題や懸念に的確、且つ、適切に対応できるようにするために、委員会は従来の勧告作成の際よりもはるかにオープンな過程を開始している。また、委員会が初めて、防護を最適化する際は、利害関係者の見解や懸案事項を明らかにする必要があると述べたことも記しておかなければならない。

上記の理由から委員会は、政府機関や国際組織から科学者、非政府組織に至るまで、広範囲に渡る放射線防護の利害関係者からの意見を求めてきた。勧告の草案は、多くの国際及び国内会議において、放射線防護に関心のある多数の国際組織や国内機関によって討議されてきた。

そうした団体の多くが、勧告プロジェクトに関わる特定の活動についても段取りを整えてく

れた。例を挙げると、国際放射線防護学会は世界各地の加盟団体を介して、2000年と2004年に彼らが行った会議と、2006年に委員会が行った公的協議を見直す場を設定してくれた。OECD原子力機関は7つの国際的学術会議を開催し、4度に渡って（2003年、2004年、2006年、2007年）ICRP草案文書の詳細な評価を実施してくれた。また、欧州委員会は勧告の科学的な問題を討議するために、2006年にセミナーを開いてくれた。国際原子力機関を筆頭とする国連機関は、彼らの国際基本安全基準の改訂プロジェクトに導入する主要な情報として、ICRPの2007年勧告を用いている。同様に、欧州委員会も欧州基本安全基準を改訂する際に、主要な情報としてこの2007年勧告を利用している。

本勧告は、2つの段階から成る公的な国際会議を実施した末に作成されている。透明性及び利害関係者の関与の方針に従うことで、ICRPは本勧告がより明確に理解され、広く受け入れられるよう望んでいる。改訂された勧告には放射線防護の方針に関する根本的な変更は含まれていないが、遭遇する数多くの被ばく状況における放射線防護システムの適用を明確化する役に立ち、その結果、すでに高い防護基準をさらに高度なものにしている。

委員会は、数々の協議を重ねた長期に渡る、だが有益な計画段階がついに終焉を迎えたことを喜んでおり、この2007年勧告を発表できることを誇りに思っている。広範囲な協議によってはるかに改善された文書が仕上がりと、委員会は本勧告の改善のために多くの時間と経験を注ぎ込んでくださった様々な組織、専門家、一般の皆さん一人ひとりに感謝している。彼らの貢献は、2007年勧告の将来的な成功にとっても不可欠である。

ICRP 議長 Lars-Erik Holm

参考文献

ICRP, 1959. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 1. Pergamon Press, Oxford, UK.

ICRP, 1977. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 26, Ann. ICRP 1 (3).

ICRP, 1991b. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Ann. ICRP 21 (1-3).

目次

概要	2
論説	3
目次	5
はじめに	8
要旨	10
参考文献	15
用語解説	16
1. 序論	31
1.1. 委員会の歴史	31
1.2. 委員会の勧告の発展	31
1.3. 勧告の構成	35
1.4. 参考文献	36
2. 勧告の目的と範囲	39
2.1. 勧告の目的	39
2.2. 防護システムの基盤と構造	40
2.3. 勧告の範囲	43
2.4. 除外と免除	44
2.5. 参考文献	45
3. 放射線防護の生物学的側面	46
3.1. 確定的影響（有害な組織反応）の誘発	46
3.2. 確率的影響の誘発	47
3.3. 癌以外の疾患の誘発	53
3.4. 胚／胎児における放射線影響	54
3.5. 判断と不確実性	55
3.6. 参考文献	55
4. 放射線防護で用いる量	58
4.1. 序	58

4.2. 健康影響の考慮	58
4.3. 線量	59
4.4. 放射線被ばくの評価	68
4.5. 不確実性と判断	74
4.6. 参考文献	75
5. 人の放射線防護システム	78
5.1. 線源の定義	79
5.2. 被ばく状況の種類	79
5.3. 被ばくの分類	80
5.4. 被ばくした個人の同定	81
5.5. 放射線防護のレベル	84
5.6. 放射線防護の原則	85
5.7. 正当化	86
5.8. 防護の最適化	88
5.9. 線量拘束値と参考レベル	90
5.10. 線量限度	95
5.11. 参考文献	97
6. 委員会の勧告の履行	99
6.1. 計画被ばく状況	99
6.2. 緊急被ばく状況	104
6.3. 現存被ばく状況	107
6.4. 緊急被ばく状況及び現存被ばく状況における胚／胎児の防護	111
6.5. 放射線防護基準の比較	111
6.6. 実際的な履行	114
6.7. 参考文献	118
7. 患者、介護・介助者、生物医学研究の志願者の医療被ばく	121
7.1. 医療手順の正当化	122
7.2. 医療被ばくにおける防護の最適化	124
7.3. 医療被ばくにおける実効線量	125
7.4. 妊娠している患者の被ばく	125
7.5. 外照射療法と小線源療法における事故防止	126
7.6. 核種により治療を受けた患者の介護者と介助者の防護	126
7.7. 生物医学研究の志願者	128
7.8. 参考文献	128

8. 環境の防護	130
8.1 環境の放射線防護の目的	130
8.2 参照動植物	131
8.3. 参考文献	132
付録 A：電離放射線による健康リスクの生物学的及び疫学的情報	
付録 B：放射線防護で使用する量	
参考文献集	

はじめに

ICRP *Publication 60* (ICRP, 1991b) として 1990 年勧告を発行して以来、委員会はこれらの勧告を定期的に見直し、限定して ICRP 年報として補足的な報告書を公表してきた。これらの補足的な報告書は、ここに掲載されている強化と合理化の必要性を示してきた。*Publication 60* 以来、新たな科学データも刊行されており、生物学的推定及び物理学的推定と概念が強固な反面、一部の最新化が必要とされている。確定的影響と確率的リスクの総合的な推定は、基本的に変わっていない。放射線被ばくに起因する癌リスクの全体的な推定についても、過去 16 年間に大きくは変化していない。逆に、遺伝しうる影響の推定リスクは、現在、これまで推定されたリスクより低い。全体的に見れば、新しいデータはリスクを形に表し、害を評価するためのより強固な基礎資料となる。最終的には、環境の放射線防護がこれまでよりも重視されるべきであることも明確になってきた。

従って、国際及び国内規則における不変性の必要を認識する一方で、委員会は以下の 2 つの主な目的を念頭に入れながら、改訂されたこれらの勧告を行うことを決めた。

- 新たな生物学情報及び物理学情報、あるいは放射線安全基準の設定における傾向を確かめる。
- 勧告の提示を強化し、簡素化する。

さらに委員会は、新たな科学情報や社会的期待と整合性が取れる限り、勧告の不変性を維持している。

改訂された防護システムにおいて、委員会の勧告は現在では従来の過程に基づいた行為と介入の取り組みから、放射線被ばく状況の特性に基づいた取り組みへと発展している。この取り組みを実施するにあたり、委員会はその防護システムが原理的に、あらゆる被ばく状況に適用可能であることを確認したいと考えている。同様の手順は、被ばくの状況を問わず、防護措置の範囲やレベルを判断する際に用いられる。特に正当化と最適化の原則は、普遍的に適用される。委員会は、こうした共通の特性に対する注目を高めることで、現在まで介入として分類されてきた防護の実践が推進されると考えている。

これらの勧告は ICRP の主委員会によって作成されており、2004 年に外部及び内部協議の対象となり、2006 年に再度改訂された早期の草案に基づいている。透明性を高め、放射線防護に関心を持つ多くの組織と個人を修正過程に関与させることで、委員会は勧告がより理解され受け入れられることを期待している。

本勧告の準備期間中における主委員会の構成員は、以下の通りである。

(2001-2005)

R.H.Clarke (Chairman)	A.J.Gonzalez	Y.Sasaki
R.M.Alexakhin	L.-E.Holm (Vice-Chairman)	C.Streffer
J.D.Boice jr	F.A.Mettle jr	A.Sugier (2003-2005)
R.Cox	Z.Q.Pan	B.C.Winkler (2003)
G.J.Dicus (2006)	R.J.Pentreath (2003-2005)	

Scientific Secretary: J.Valentin

(2005-2009)

L.-E.Holm (Chairman)	J.-K.Lee	Y.Sasaki
J.D.Boice jr	H. Menzel (2007-2009)	N.Shandala
C.Cousins	Z.Q. Pan A.Sugier	C.Streffer (2005-2007)
R.Cox(Vice-Chairman)	R.J.Pentreath	A. Sugier
A.J. Gonzalez	R.J. Preston	

Scientific Secretary: J.Valentin

委員会の作業は、P. Burns, J. Cooper, J.D. Harrison, 及び W. Weiss の多大な貢献により大いに支援された。委員会は、現行の勧告に関する多くの国際会議での討議による恩恵も受けた。

委員会は、全ての国際及び国内組織、政府組織のみならず非政府組織、及びこれらの勧告の作成に貢献した全ての個人に対し感謝の意を表したい。

要旨

- (a) 2007年3月21日、国際放射線防護委員会（ICRP）の主委員会は、放射線防護システムに関するこれらの改正勧告を承認した。この改正された勧告は1991年に *Publication 60*（ICRP, 1991b）として刊行された従来の勧告と正式に差し替えられ、*Publication 60*以降に刊行された放射線源による被ばく管理に関する追加指針の最新版となる。これらの改正された勧告は従来の勧告と指針を強化し、発展させたものである。
- (b) 委員会は、草案に関する国際的な公式協議における2つの段階を経たのち（最初の段階は2004年、2度目は2006年）、これらの勧告を作成してきた。委員会は透明性と利害関係者の関与を求める方針に従うことで、本勧告のより明確な理解と幅広い支持を期待している。
- (c) 改正された勧告の主な特徴は、以下の通りである。
- 当量及び実効線量に関わる放射線荷重係数と組織荷重係数を最新化し、放射線被ばくの物理学及び生物学について利用できる最新の科学情報に基づいた放射線損害を最新化する。
 - 委員会の放射線防護の基本3原則、すなわち正当化、最適化及び線量限度の適用を維持し、それらが被ばくを有する放射線源と被ばくを受ける個人にどのように適用されるかを明確にする。
 - 正当化と防護の最適化の基本原則を、制御可能なあらゆる状況に適用するという状況に基づくアプローチに移行することで、行為と介入を用いる従来の過程に基づく防護のアプローチから発展させる。現在の勧告は、この制御可能な状況を計画被ばく状況、緊急時被ばく状況、現存被ばく状況と特徴付けている。
 - 計画被ばく状況における全ての規制線源に起因する実効線量と等価線量に対し、委員会が提唱してきた個人線量限度を維持する。これらの限度は、計画された状況において規制当局が容認される最大線量である。
 - 個人線量とリスクに対する制限、すなわち計画被ばく状況に対する線量拘束値及びリスク拘束値と、緊急時及び現存被ばく状況に対する参考レベルを用いて、全ての被ばく状況に対し同様の方法で適用できる防護の最適化の原則を強化する。
 - 環境の放射線防護を示す枠組みを構築するための取り組みを盛り込む。
- (d) 委員会の放射線防護システムは、原因となる線源の規模や起源を問わず、全ての電離放射線被ばくに適用される。しかし、本勧告をそのまま適用できるのは、被ばく線源又は個人

に線量をもたらす経路が、何らかの合理的な手段によって管理できる状況にある時だけである。ある種の被ばく状況は、規制手段による管理が不能であるという理由によって放射線防護法令から除外されており、また、ある被ばく状況では、そうした管理が不当であると見なされた場合、放射線防護における一部又は全ての規制要件を免除されている。

- (e) 電離放射線による健康への影響を理解することは、委員会の勧告の柱である。電離放射線に起因する健康リスクに関する生物学的及び疫学的情報を再検討したのち、委員会は以下の結論を下している。*Publication 60*以降、様々な臓器/組織に対するリスクの分布は、特に乳癌と遺伝性疾患について、やや変化していると思われる。しかし、低線量における線形反応を前提にすると、癌の過剰な増加や遺伝的影響による複合的な損害は、依然として1Sv当たり5%のままである。固形癌に関しては、線量・線量率効果係数（依然として2のまま）の使用が、現在のこの推定値に組み込まれている。委員会は、また、出生前に被ばくを受けると、a) 癌リスクは幼児期に被ばくを受けたときと同程度になり、また b) 先天性異常の誘発と深刻な知能発育不全に対しては閾値が存在すると判断している。委員会は、皮膚、手足、眼に対し、*Publication 60*で提案された実効線量限度と等価線量限度を維持しているが、さらなる情報が必要であり、特に眼については判断を訂正する必要があることを認識している。起こり得る非癌致死性（循環器疾患など）に関する有効データは、低線量のリスクについて説明するには不十分であると考えられている。
- (f) しかし、電離放射線による健康影響に関する委員会の大規模な見直しでは、放射線防護システムに対する抜本的な変更の必要性は示されていない。重要なのは、1991年以降に刊行された指針に記載されている現在の数値的な勧告は、特に指定されていない限り現在も有効であるという点である。従って、この改正された勧告は、従来の勧告とそれに続く指針に基づいた放射線防護の規制に対する大幅な変更を意味するものではない。
- (g) 癌及び遺伝的影響の誘発に関する線量-反応の直線関係の中核を成す仮定は、仮に低線量であっても、線量の増加に比例してリスクも増加するという概念に則り、引き続き外部放射線源及び放射性核種の摂取による総線量の基準となる。
- (h) 実効線量と等価線量の使用に変更はないが、それらの算定に用いられる方法については多くの修正がなされている。様々な放射線の生物効果比に関する幅広い有効データを、生物物理学的な考察と共に再検討したところ、中性子や陽子に用いられる放射線荷重係数の数値と中性子エネルギーの連続関数として定められた中性子に関する数値、及び荷電パイオンの数値に変更を行うこととなった。光子、電子、中間子、アルファ粒子の放射線荷重係数には変更はない。
- (i) 重要な変更は、外部及び内部線源による線量は様々な数学モデルを使用するのではなく、医学的な断層画像に基づく人体の参考計算ファントムを用いて算出されることになる点である。成人の等価線量は、男女のファントムを用いて得た値の性平均によって算定され

る。その後、改訂された年齢平均及び性平均の組織荷重係数を用いて、最新版のリスクデータに基づいて実効線量が算出される。そうして得た実効線量は、丸めた値として、男女及びあらゆる年齢層の人に適用することを目的としている。実効線量は個人ではなく、標準人に対して計算される。

- (j) 実効線量は、防護上の量として使用することを目的としている。主な実効線量の用途は、放射線防護における計画と最適化のための事前の線量を評価すること、及び規制を目的とした線量限度の遵守を立証することである。実効線量は疫学的な評価には推奨されず、また、個人の被ばくやリスクに関する特定の詳細な後ろ向き調査に用いるべきではない。
- (k) 集団実効線量は最適化の手段であり、主に職業被ばくにおいて、放射線技術と防護手順を比較するためのものである。集団実効線量は疫学的なリスク評価の道具ではないため、リスクの予測に用いるのは不適切である。極めて低い個人線量であっても、長期に渡る積算は不適切であり、特に、わずかな個人線量からの集団実効線量に基づいて、癌致死の数値を計算することは避けなければならない。
- (l) 放射線量を評価するためには、モデルを使って外部被ばくのジオメトリ、取り込まれた放射性核種の生物動力学、及び人体についてシミュレーションを実施する必要がある。参考モデルや必要な参考パラメータ値は、幅広い実験的研究と人研究から判断して確立、及び選択される。これらのモデルやパラメータ値は、規制目的で慣例により設定されており、不確実性の対象ではない。委員会は、モデルとパラメータ値における不確実性と不正確性を認識している。こうした不確実性を厳しく評価し、低減させる取り組みが行われている。個人の後ろ向きの線量とリスク評価については、個々のパラメータと不確実性を考慮に入れなければならない。
- (m) 委員会が従来の指針と勧告を強化する過程において、透明性と実用性を向上させるために、防護システムの構造や用語をいくつか変更する必要があることが示された。特に行為と介入の区別が、多くの放射線防護団体で明確に理解されていなかった可能性がある。加えて、こうした問題に分類しがたい被ばく状況も存在していた。
- (n) 現在、委員会は、行為と介入という従来の分類法に代わる3種の被ばく状況を承認している。この3つの被ばく状況は、被ばく状況の全範囲をネットワークするためのものである。以下がその3つの被ばく状況である。
- 計画被ばく状況：線源の計画的な導入と業務を伴う状況（このタイプの被ばく状況には、従来は行為として分類された状況が含まれる）。
 - 緊急時被ばく状況：緊急対応を要する想定外の状況。計画された状況の実施中、あるいは悪意ある行為によって発生した状況など。
 - 現存被ばく状況：管理に関する決定を下さなければならない時点で、すでに存在している

被ばく状況。自然バックグラウンド放射線による被ばく状況など。

- (o) 放射線防護の3つの基本原則は、改正された勧告においても継続している。正当化と最適化の原則は、3つ全ての被ばく状況に適用されるが、線量限度の適用に関する原則は、計画被ばく状況の結果として、確実に受けることが予想される線量にのみ適用される。これらの原則は、以下のように定義される。
- 正当化の原則：放射線被ばく状況を変える何らかの決定は、害よりも利益をもたらすべきである。
 - 最適化の原則：被ばくを受ける可能性、被ばくする人の数、及びそうした人々の個人線量は、経済的及び社会的要因を考慮しながら、合理的に達成可能な限り低く抑えなければならない。
 - 線量限度の適用の原則：患者の医療被ばく以外の計画被ばく状況における規制線源由来の個人に対する総線量は、委員会が定めた適切な限度を超えてはならない。

委員会は引き続き、被ばくに関する3つのカテゴリ、すなわち職業被ばく、公衆被ばく、患者（及び介護者、介助者、研究における志願者）の医療被ばくに区別している。女性作業者が妊娠していることを公表した場合は、胚／胎児に対する防護レベルが公衆に対するそれとほぼ同程度になるよう、追加的な管理を検討しなければならない。

- (p) 改正された勧告では、最適化原則の重要な役割を強調している。この原則は、全ての被ばく状況に同じように適用されるべきである。名目上の個人（標準人）に対する線量には、制限が適用される。すなわち、計画被ばく状況には線量拘束値が、緊急時被ばく状況と現存被ばく状況には参考レベルが適用される。このような制限を超える線量をもたらす選択肢は、計画の段階で却下されるべきである。重要なのは、線量に関するこうした制限を、全体としての最適化と同様に、前もって適用することができる。最適化した防護対策を実施した後に、拘束値や参考レベルの超過が見られた場合は、原因を調査しなければならないが、この事実のためだけに規制措置を講じる必要はない。委員会は、あらゆる被ばく状況における放射線防護への共通の取り組みをこのように強化することで、放射線被ばくの様々な状況に対する本勧告の適用が推進されると期待している。
- (q) 関連する国内当局は、線量拘束値や参考レベルの数値を選択する際に重要な役割を担うことが多い。改正された勧告には、選択の過程に関する指針が記載されている。この指針は、以前委員会が作成した数値に関する勧告に基づいている。
- (r) 計画被ばく状況には、行為に関する委員会の従来からの勧告の中で適切に取り扱われてきた線源と状況が含まれる。また、放射線を医療に用いる際の防護も、このタイプの被ばく状況に含まれる。計画被ばく状況における防護計画の過程では、事故や悪意から生じる事象など、通常の業務手順からの逸脱について考慮すべきである。このような状況で発生した被

ばくを、委員会は潜在被ばくと呼んでいる。潜在被ばくは、計画的ではないが、予想することはできる。従って、線源の設計者や使用者は、事象の確率を評価し、この確率に見合った技術的な防護装置を導入するなどして潜在被ばくが起る可能性を減じる対策を取らなければならない。計画被ばく状況に関する勧告は、*Publication 60*とそれに続く刊行物に定められたものと、大きくは変わっていない。医療に関わる行為、及び公衆被ばくに対する線量限度は、計画被ばく状況における規制線源への適用として維持されている。

- (s) 医療における放射線防護は、患者の防護だけでなく、患者の介護や介助を行っている際に放射線に被ばくする個人、及び生物医学研究に関与する志願者も含まれる。これら全ての人々の防護については、特別な考慮が必要とされる。医療における放射線防護と安全に関する委員会の勧告は、一連の刊行物の中でさらに入念に作成された *Publication 73* (ICRP 1996a) に掲載されている。これらの刊行物における勧告、指針、助言は現在も有効であり、現在の勧告及び ICRP 第3委員会がこれらの勧告を後押しするために草稿した *Publication 105* (ICRP, 2007b) で要約されている。
- (t) 緊急時及び現存被ばく状況において参考レベルを用いて最適化を重視することで、防護対策を実施した後の残留線量レベルが注視される。この残留線量は参考レベル以下でなくてはならず、これは緊急事態によって生じる総残留線量、あるいは現存被ばく状況における総残留線量を指しており、規定者はこれを超えないよう計画を立てることになる。これらの被ばく状況は複数の被ばく経路を伴うことが多く、よって、多くの異なる防護措置を持つ防護対策を検討する必要がある。しかし、最適化の過程においては、最適化した対策を進展するための重要な情報として、具体的な対応策によって回避された線量が引き続き用いられることになる。
- (u) 緊急時被ばく状況については、緊急事態に対する備えと緊急時対応を検討する必要がある。緊急事態に対する備えには、最適化された防護対策の実施に関する計画を盛り込まなければならない。この対策は緊急事態が発生した場合に、被ばくを参考レベルの選択値にまで低減させることを目的としている。参考レベルは、緊急対応時には防護措置の有効性を評価する基準として、また、さらなる措置を規定する必要性に関する情報としての役割を果たす。
- (v) 現存被ばく状況には、自然発生した状況、過去の事象や事故による被ばく、及び委員会の勧告の範疇外で行われた行為が含まれる。この現存被ばく状況では、相互に作用する漸進的な方法で何年にも渡って防護対策を実施することが多い。住居や職場における室内ラドンは現存被ばく状況の重要な一例であり、委員会が 1994 年に *Publication 65* (ICRP 1993b) で具体的な勧告を作成した被ばく状況である。以来、様々な疫学研究がラドン被ばくによる健康リスクを確認しており、多くはラドンからの防護に関する委員会の勧告を支持している。改正された勧告に示されている放射線防護への取り組みに従い、現在、委員会は、ラドン被ばくに対する防護を最適化する補助として、国内機関に国の参考レベル

を設定するよう推奨している。継続性と実用性を確保するため、委員会は *Publication 65* に定めた通り、年間線量の参考レベルに関して 10mSv という上限値(住居における 600Bq m⁻³ の Rn-222 から、慣例によって変換された実効線量)を維持している。委員会は、職場で国の参考レベルを上回るラドンに被ばくした場合には、それを職業被ばくの一部と見なすべきであり、逆に参考レベル以下の場合には職業被ばくと見なすべきではないと再度明言している。しかし、国の参考レベル以下であっても、最適化は必要である。

- (w) 改正された勧告は、環境を防護する重要性を認識している。委員会はこれまで、主に計画被ばく状況に関連する環境を介しての放射性核種の移送に関してのみ、人類の環境を懸念してきた。こうした状況の中、委員会は依然として、公衆の防護に必要な環境管理を実施していれば、他の生命体がリスクにさらされることはないと考えている。あらゆる被ばく状況における環境防護の適切な枠組みを提供する目的で、委員会は参考動植物の使用を提案している。これを受け入れる基盤を確立するため、これらの参考生物に対して算出された追加線量は、特定の生物学的影響を与えることがわかっている線量や、通常は自然環境において認められる線量率と比較することができる。しかし、委員会は環境防護に対しては、「線量限度」のような制限の設定を提案していない。
- (x) 改正された勧告には、放射線防護方針に対する根本的な変更は含まれていないが、これらの勧告は実際に直面する多くの被ばく状況に対する防護システムの適用を明確化するのに役に立ち、その結果、すでに高い水準に達している防護をさらに強化することになると委員会は期待している。

参考文献

- ICRP, 1991b. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3).
- ICRP, 1993b. Protection against radon-222 at home and at work. ICRP Publication 65. Ann. ICRP 23 (2).
- ICRP, 1996a. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 73. Ann. ICRP 26 (2).
- ICRP, 2007b. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37 (5).

用語解説

α/β ratio (α/β 比) : 細胞生存曲線の曲線率の尺度であり、線量分割に対する組織又は腫瘍の感受性の尺度。細胞死の線形及び二次成分が等しいときの線量。

absorbed dose, D (吸収線量 D) : 次のように表される基本的な線量。

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

ここで $d\bar{\epsilon}$ は、電離放射線によって質量 dm に付与される平均エネルギーである。吸収線量の SI 単位は、キログラム(kg)あたりのジュール($J\ kg^{-1}$)で、特別な名称はグレイ(Gy)である。

Active (red) bone marrow (活性(赤色)骨髄) : 臓器系の骨髄には、多能性造血幹細胞から成熟血球へと血球を形成する細胞系が含まれている。

Activity, A (放射能の量 A) : 単位時間あたりの物質の一定量において生じる、核変換の数の期待値。放射能の SI 単位は 1 秒あたり (s^{-1}) で、特別な名称はベクレル (Bq) である。

Activity Median Aerodynamic Diameter (AMAD) (空気力学的形状係数) : 空気力学的な直径の値で、特定のエアロゾルにおける空気中の放射能の 50%が、AMAD よりも大きい粒子を伴う。沈着が主に慣性衝突及び沈降に依存しているとき、大抵は AMAD が $0.5\ \mu m$ 以上である場合に用いられる。

Adaptive response (適応応答) : 照射後の細胞反応で、その後の放射線被ばくに対する細胞の抵抗を通常は増大させる役割を果たす。

Ambient dose equivalent, $H^*(10)$ (周辺線量当量 $H^*(10)$) : 整列場と逆の方向を向いた半径ベクトル上の深さ 10mm のところで、ICRU 球で相当する拡張場と整列場によって作られた照射野のある一点における線量当量。周辺線量当量の単位はキログラムあたりのジュール ($J\ kg^{-1}$) で、特別な名称はシーベルト (Sv) である。

Annual intake, AI (年摂取量 AI) : 経口又は吸入により、人体が 1 年間に摂取した特定の放射性核種の量。

Apoptosis (アポトーシス) : 放射線やその他の損傷によるプログラム細胞死の活発な生化学的過程。

Averted dose (回避線量) : 防護対策の適用あるいは防護対策の設定により、防止あるいは回避される線量。すなわち防護対策が適用されていない場合の事前の線量と、予測される残留線量と

の間の差である。

Baseline rates (ベースライン率) : 検査による放射性医薬品による被ばくがなくとも、母集団において観測される年間発病率。

Becquerel (Bq) (ベクレル) : 放射能の SI 単位に関する特別な名称。1Bq は 1s^{-1} ($\approx 2.7 \cdot 10^{-11}$ Ci)。

Bioassay (バイオアッセイ) : 生体内測定、又は体内から排泄あるいは除去された物質の生体外分析による体内の核種の性質、放射能の量、部位、又は残留を判断するのに使用する手順。

Biological half-life (生物学的半減期) : 生物学的システム又は生物学的要素が、さらなる投与がない場合に生物学的な過程によって、投与された物質 (放射性物質など) の半分の量に減少する時間。

Brachytherapy (小線源治療) : 患者の体内に挿入された密封又は非密封の放射線源を用いる放射線治療。

Bystander effect (バイスタンダー効果) : 照射を受けた近接細胞からの信号により誘発される、照射を受けていない細胞の反応。

Categories of exposure (被ばくの種類) : 委員会は、放射線被ばくを職業被ばく、公衆被ばく、及び患者の医療被ばくという 3 つの種類に区別している。

Collective dose (集団線量) : 「集団実効線量」を参考のこと。

Collective effective dose, S (集団実効線量 S) : 特定の期間 ΔT における特定の線源からの E_1 と E_2 の間の個人実効線量値による集団実効線量は、次のように定義される。

$$S(E_1, E_2, \Delta T) = \int_{E_1}^{E_2} E \left[\frac{dN}{dE} \right]_{\Delta T} dE$$

E_1 がサブグループ i の平均実効線量であるとき、 S は $\sum_i E_i N_i$ と概算することができ、 N_i はこのサブグループにおける個人の数である。期間と実効線量を合計した個人数は、常に明確にしなければならない。集団実効線量の単位はキログラムあたりのジュール (J kg^{-1}) で、特別な名称はマン・シーベルト (man Sv) である。 E_1 から E_2 、 $N(E_1, E_2, \Delta T)$ の範囲の実効線量を受けている個人数は、以下ようになる。

$$N(E_1, E_2, \Delta T) = \int_{E_1}^{E_2} \left[\frac{dN}{dE} \right]_{\Delta T} dE$$

また、期間 ΔT に関する E_1 と E_2 の間の個人線量差における実効線量 $\bar{E}(E_1, E_2, \Delta T)$ の平均値は、以下ようになる。

$$\bar{E}(E_1, E_2, \Delta T) = \frac{1}{N(E_1, E_2, \Delta T)} \int_{E_1}^{E_2} E \left[\frac{dN}{dE} \right]_{\Delta T} dE$$

Committed effective dose, $E(\tau)$ (預託実効線量 $E(\tau)$): 預託臓器・組織の等価線量と、適切な組織荷重係数 (w_T) との積の合計。ここで τ は、摂取後の数年間の積分時間である。預託期間は、成人に関しては50年間、子供に関しては70年間とされている。

Committed equivalent dose, $H(\tau)$ (預託等価線量 $H(\tau)$): 標準人による体内への放射性物質の摂取後に、個人が受けることになる特定の組織・臓器における等価線量率の時間積分。ここで τ は、数年間の積分時間。

Confidence limits (信頼限界): 統計的にデータに適合するパラメータの最低推定値と最高推定値を生じさせる区間。信頼区間が95%の場合は、その区間にパラメータが含まれる可能性が95%あることになる。

Controlled area (管理区域): 通常の被ばくを管理するため、又は通常の職場環境における汚染の拡大を防止するため、及び潜在的な被ばくの広がりを防止又は制限するために、特別な防護対策や安全規定が必要、あるいは必要となる可能性がある特定区域。管理区域は監視区域内にあることが多いが、必ずしもそうである必要はない。

DD (DD): 「倍加線量」を参考のこと。

Derived air concentration (DAC) (空気中濃度限度): これは、標準人が1年間に吸入した量で割った(放射性核種の)年間摂取限度、*ALI* (年間摂取量) と等しい(すなわち $2.2 \cdot 10^3 \text{m}^3$)。DACの単位は Bq m^{-3} である。

Designated area (指定区域): 「管理」又は「監視」されている区域。

Deterministic effect (確定的影響): 閾値及び線量増加に伴う反応の深刻度により特徴づけられる細胞群における損傷。組織反応とも呼ばれる。確定的影響は、場合によっては生物学的反応の修飾物質を伴う照射後の手順によって修正できる。

Detriment (損害): 放射線源による集団の被ばくの結果として、被ばくした集団及びその子孫が体験する健康に対する全損害。損害は多次元的概念である。損害の基本的な因子は、起因する癌致死の確率、起因する非癌致死の加重確率、深刻な遺伝的影響の加重確率、及び損害が生じ