

# ICRP

*Publication 105*

## 医学における放射線防護

公益社団法人

日本アイソトープ協会

# 医学における放射線防護

2007年10月 主委員会により承認

公益社団法人

日本アイソトープ協会

Radiological Protection in Medicine

*ICRP Publication 105*

by

The International Commission on Radiological Protection

Copyright © 2012 The Japan Radioisotope Association. All Rights reserved.  
Authorised translation by kind permission from the International Commission  
on Radiological Protection. Translated from the English language edition  
published by Elsevier Ltd.

Copyright © 2008 The International Commission on Radiological Protection.  
Published by Elsevier Ltd. All Rights reserved.

*No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or  
transmitted in any form or by any means electronic, electrostatic, magnetic tape,  
mechanical photocopying, recording or otherwise or republished in any form, without  
permission in writing from the copyright owner.*



Japanese Translation Series of ICRP Publications  
*Publication 105*

This translation was undertaken by the following colleagues.

Supervised by

Yoshiharu YONEKURA

Translated by

Kazuko OHNO with Colleagues\* from Kyoto College of Medical Science

\*Yoshibumi SATO, Shigeki HAYASHI, Masashi KAWAMURA,  
Yutaka EMOTO, Miho FUJIEDA, Tomoko YOSHIMOTO

Editorial Board

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

working in close collaboration with Japanese ICRP & ICRU members.

---

◆ Committee members ◆

Yasuhito SASAKI* (Chair)	Ohtsura NIWA (Vice-chair; ICRP, MC)
Keiko IMAMURA (Vice-chair)	Reiko KANDA Nobuyuki KINOUCHI
Kayoko NAKAMURA	Kenzo FUJIMOTO

◆ Supervisors ◆

Nori NAKAMURA (ICRP, C1)	Nobuhito ISHIGURE (ICRP, C2)
Akira ENDO (ICRP, C2)	Yoshiharu YONEKURA (ICRP, C3)
Michiaki KAI (ICRP, C4)	Toshimitsu HOMMA (ICRP, C4)
Kazuo SAKAI (ICRP, C5)	Kunio DOI (ICRU) Hideo TATSUZAKI (ICRU)

---

\* Former ICRP member.

## 邦訳版への序

本書は ICRP の主委員会によって 2007 年 10 月に刊行を承認され 2008 年 10 月に刊行された、医学における放射線防護についての勧告

Radiological Protection in Medicine

(Publication 105. *Annals of the ICRP*, Vol.37, No.6 (2007))

を、ICRP の了解のもとに翻訳したものである。

翻訳は、京都医療科学大学の有志グループ\*の協力を得て、同大学教授大野和子氏によって行われた。 \* 佐藤芳文，林茂樹，河村正，江本豊，藤枝美穂，吉本朋子の諸氏。

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等につき調整を行った。この段階で、米倉義晴氏 (ICRP 第 3 専門委員会委員，(独)放射線医学総合研究所) の校閲を得た。原文の明らかな誤りと思われる箇所は、確認の上、修正してある。また、必要に応じて読者の参考になるとと思われる訳注を付した。

本書は、ICRP 2007 年基本勧告の第 7 章で記した医療被ばくの特異性と、患者・介助者と介護者・生物医学研究の志願者の防護体系を詳しく解説したものである。

平成 24 年 3 月

ICRP 勧告翻訳検討委員会

(社)日本アイソトープ協会  
ICRP 勧告翻訳検討委員会

委員長 佐々木康人\* ((社)日本アイソトープ協会)  
副委員長 丹羽 太貫 (ICRP 主委員会, 京都大学)  
          今村 恵子 (聖マリアンナ医科大学)  
委員 神田 玲子 ((独)放射線医学総合研究所)  
          木内 伸幸 ((独)日本原子力研究開発機構)  
          中村佳代子 ((社)日本アイソトープ協会)  
          藤元 憲三 (内閣府原子力安全委員会事務局)

※ 校閲時の所属 \* 本書の校閲担当

監 修 者

---

中村 典 (ICRP 第 1 専門委員会, (財)放射線影響研究所)  
石樽 信人 (ICRP 第 2 専門委員会, 名古屋大学)  
遠藤 章 (ICRP 第 2 専門委員会, (独)日本原子力研究開発機構)  
米倉 義晴 (ICRP 第 3 専門委員会, (独)放射線医学総合研究所)  
甲斐 倫明 (ICRP 第 4 専門委員会, 大分県立看護科学大学)  
本間 俊充 (ICRP 第 4 専門委員会, (独)日本原子力研究開発機構)  
酒井 一夫 (ICRP 第 5 専門委員会, (独)放射線医学総合研究所)  
土井 邦雄 (ICRU 委員会, 群馬県立県民健康科学大学)  
立崎 英夫 (ICRU 委員会, (独)放射線医学総合研究所)

## 抄 録

この報告書は、国際放射線防護委員会（ICRP）の2007年勧告における、患者、介助者と介護者、生物医学研究の志願者の医療被ばくに関する記載を補強する目的で作成した。ここでは、医療被ばくを受ける個人に対する委員会の2007年勧告における基本原則（防護の最適化と正当化、線量限度の適用）の、適切な適用について考察した。

患者の医療被ばくへの線量限度や線量拘束値の適用は、こういった制限値が多くの場合便益以上に害をもたらすかもしれないため、勧められない。患者の状況は、放射線被ばくよりも危険性の高い慢性的で重篤な、又は致死的な場合が多い。このため、医学的手法の正当化と防護の最適化が重要となる。診断やIVRの手技では、手法の正当化（目的ごとでも患者ごとでも）と、その診療内容に適した患者線量の管理が、不要なもしくは有効でない放射線被ばくを回避するための適切な手法である。患者線量の管理を容易にする、撮影装置の特性や、それぞれの国、地域又は地方における適切な患者線量から得た診断参考レベルは、患者線量を管理する最も効果的な方法となるであろう。放射線治療では事故の回避が最重要事項である。介助者と介護者、生物医学研究の志願者については線量拘束値を適用するのが適切である。

この10年以上にわたり委員会は、電離放射線の医療利用における放射線防護と安全に関して詳細な助言を提供する多くの報告書を刊行してきた。個々の勧告は、放射線源の種類と線源が用いられる医療分野により区分した特定的话题に対応し、また、関係する臨床医や医療スタッフに直接伝えることを目的として書かれている。この報告書はこれらの助言を整理しまとめたものである。

キーワード：放射線防護、正当化、最適化、患者線量、線量管理



# 目 次

	頁	(項)
抄 録 .....	(iii)	
論 説 .....	(ix)	
序 文 .....	(xiii)	
1. 背 景 .....	1	(1)
1.1 参考文献 .....	2	
2. 医学における電離放射線の利用 .....	4	(8)
2.1 参考文献 .....	5	
3. 放射線防護における生物学的根拠の要約 .....	6	(14)
3.1 確定的影響（組織反応） .....	6	(15)
3.2 確率的影響（がんと遺伝的影響） .....	6	(16)
3.3 子宮内照射の影響 .....	7	(21)
3.4 参考文献 .....	8	
4. 線量評価量 .....	9	(27)
4.1 参考文献 .....	10	
5. 2007年勧告における放射線防護の枠組み .....	11	(33)
5.1 線源関連の原則 .....	11	(35)
5.2 個人関連の原則 .....	12	(36)
5.3 参考文献 .....	12	
6. 医学における患者の放射線防護の特殊性 .....	13	(40)
6.1 意図的被ばく .....	13	(41)
6.2 自由意思による被ばく .....	13	(42)
6.3 無症状の患者へのスクリーニング検査 .....	13	(44)
6.4 放射線治療 .....	14	(46)
6.5 放射線量の管理 .....	14	(47)
6.6 患者集団の人口統計 .....	14	(48)

6.7	医学における放射線の利用による損害の範囲	15	(50)
6.8	参考文献	15	
7.	“行為”という用語の検討	16	(54)
7.1	参考文献	16	
8.	放射線診療行為の正当化	17	(57)
8.1	選択された放射線医学的手法の正当化（第2レベル）	18	(62)
8.2	個々の患者への手法の正当化（第3レベル）	18	(67)
9.	医療被ばくにおける患者防護の最適化	20	(68)
9.1	一般的な取組み	20	(68)
9.2	診断参考レベルと線量拘束値の利用	20	(71)
9.3	医療被ばくの管理	21	(73)
10.	診断参考レベル	22	(77)
10.1	診断参考レベル（ <i>Publication 60</i> と <i>73</i> ）	22	(78)
10.2	診断参考レベル（ <i>Supporting Guidance 2</i> ）	23	(85)
10.3	参考文献	25	
11.	個人の線量限度	26	(95)
12.	放射線治療事故の防止	27	(96)
12.1	参考文献	27	
13.	放射性物質が関係する事象や事故の扱い	28	(102)
13.1	参考文献	28	
14.	教育訓練	29	(106)
15.	施設における整備	30	(109)
16.	患者以外の集団に対する防護の実際的方法	31	(113)
16.1	職業被ばく	31	(113)
16.2	公衆の被ばく	32	(119)

16.3	生物医学研究の志願者の被ばく	32 (120)
16.4	患者の介助者と介護者の被ばく	32 (123)
16.5	参考文献	33
付属書 A	医学における放射線防護の領域別評価	35 (A1)
A.1	妊娠と医療放射線 ( <i>Publication 84</i> )	35 (A3)
A.2	IVR ( <i>Publication 85</i> )	36 (A11)
A.3	放射線治療における事故被ばく ( <i>Publication 86</i> )	37 (A14)
A.4	CT ( <i>Publication 87</i> )	38 (A21)
A.5	一般臨床医へのガイダンス ( <i>Supporting Guidance 2</i> )	39 (A23)
A.6	デジタルラジオロジー ( <i>Publication 93</i> )	40 (A28)
A.7	非密封放射性核種治療後の解放 ( <i>Publication 94</i> )	41 (A34)
A.8	高線量率小線源治療における事故 ( <i>Publication 97</i> )	42 (A41)
A.9	永久挿入線源による前立腺がん小線源治療と放射線安全 ( <i>Publication 98</i> )	43 (A46)
A.10	MDCT ( <i>Publication 102</i> )	44 (A55)
A.11	参考文献	45
全参考文献		46



# 論 説

## 基礎と基本原則

このページはもちろん、新しい報告が出版された時にそれに対してコメントするところである。そして、同時に、論争となっている問題や ICRP からのニュースを明らかにする機会でもある。この報告に関して述べた後、私は後半トリチウムに関する委員会の見解のある側面にふれるつもりである。

医療被ばくは独特なものである。この報告は、委員会の 2007 年勧告 (ICRP, 2007) の根拠となる“基盤文書”の 1 つである。勧告の背後にある生物学的及び物理学的考察についての詳細な説明からなっている基盤文書は、2007 年勧告の付属書 A 及び B として出版されたが、特に放射線の医学への利用に直接関心があり、医療被ばく防護の方針について詳細な情報を欲しがっている読者にとって、我々はこの報告書が単独の文書としてある方が良いと考えた。

この報告の中に書かれている主なメッセージは、患者の医療被ばくは、独自の重要性を持ち、どのように基本原則が適用されるかに影響を与える、というものである。線量限度は全く適切でない。というのは、特に医療の目的のために適切なレベルの線量が使用される電離放射線は、害よりも便益をもたらす必須の道具だからである。

患者の放射線防護における正当化は、一般にある手法に関連して、まさに同じ人間が便益を受けると同時にリスクを被るという点で、放射線利用の他の場合の正当化とは異なっている。(別の考え方も可能かもしれない。すなわち、介護者の職業上の被ばくは、患者の被ばく線量と相関するかもしれないし、時にはトレードオフの関係にもなりうる。例えば、スクリーニング計画は検査を受ける 1 人ひとりの被検者よりもむしろ集団全体に便益があるかもしれない。しかし普通、リスクと便益は同じ人に生ずる)。更に、日々の医療行為における非常に重要な見方として、方法あるいは手法が正当化されたとみなされるという事実があっても、このことは、個々の患者に対する医療行為が正当化されたことを必ずしも意味していない。

患者に関する防護の最適化もまた独特なものである。第 1 に、放射線治療は、人への線量が意図的で、かつ細胞を殺しうる特性そのものを目的にしている点で他の場合と全く異なっている。このような場合、最適化は、標的体積に対してあらかじめ定められた意図的で細胞致死的な線量を与え、一方その効果を弱めることなしに周囲の組織に対する線量（及び有害な効果、あるいはどちらか一方）を最小にする取組みとなる。

診断手法における患者の防護の最適化では、ここでもまた同じ患者が便益とリスクを得る。更に、患者の被ばくに個人的な制限を加えるのは、その手法の医療目的からみれば逆効果にな

(x) 論 説

ろう。したがって、線源に関連した個人の線量拘束値は適切ではない。その代わりに、同じような患者（個人ではなく）の集団に、よく知られていて適切で納得できる理由がない限り、同じ専門分野の診療部門がその放射線診断に要する線量から大きく外れないよう、それぞれの放射線診断に対する診断参考レベル（DRL）を用いる。これは、個人のための線量拘束値を用いて義務論的な保護手段をとるのではなく、集団線量に基づく実用的な防護方針をとるという委員会の通常のバランス感覚とは対照的である。医療における放射線防護の方針は、その放射線被ばくが医療の目的にふさわしくあれ、ということである。

これらの様々な考察が本書ではかなり詳細に行われており、更にこの報告には、医療被ばくの防護における目下の問題について、委員会が近年個々のテーマごとに出版した報告書の概観も含んでいる。

トリチウムに対する現在の  $w_R$  は十分なものである。この記述には、防護量及び放射線加重係数や組織加重係数の計算や適用には、医学的立場で注意深い考察が必要だということを暗黙のうちに含んでいる。これらはもちろん、すべての被ばく状況において基本となる考え方であり、時には、激しい議論の原因にもなる。最近では、トリチウムからのベータ線の生物効果比（RBE）や日常的な放射線防護においてトリチウムに適用される放射線加重係数（ $w_R$ ）が多く議論的となってきた。かいつまんで言うと、少なくともある状況下では、低線量でのがん誘発に関して、トリチウムの RBE 値は、ガンマ線との比較で 2 が適切かもしれないという証拠がある。すると今度は、なぜ ICRP がトリチウムの  $w_R$  として 1 を勧告しつづけるのかという疑問が起こってきた。

基本的に、答えは次のとおりである。計画被ばくに対して、防護の適切なレベルは拘束値を組み込んだ最適化によって決まる。結果として線量は、適切な線量限度に比べて小さくなるだろう。推定には、例えばトリチウムからの放射線の RBE を推定する上で、多くの不確実性がある。また、標準人に対して定義され、標準ファントムを用いて算定されている、実効線量の基礎となる仮定には、多くの意図的な単純化がある。等価線量や実効線量の計算において複雑さが増すことは、防護を改善しないであろうし、計算上の精度が不当となるかもしれない。

この話題を更に十分理解するためには、Harrison と Day (2008) が *Journal of Radiological Protection* に投稿した、内部放出核種からの線量やリスク推定に用いる方法論の検討、がある。ICRP の立場は、この論文誌の同じ号の招待論説の中で、Cox（副委員長）、Menzel（第 2 専門委員会委員長）と Preston（第 1 専門委員会委員長）がより詳しく説明している。これらの論文は、[www.iop.org/EJ/journal/JRP](http://www.iop.org/EJ/journal/JRP) から無料でダウンロードできる。内部放出核種、特にトリチウムに関連する放射線防護の方針に関する出版物として、高く評価できる論文と考える。

JACK VALENTIN

## 参考文献

- Cox, R., Menzel, H.-G., Preston, J., 2008. Internal dosimetry and tritium—the ICRP position. *J. Radiol. Prot.* **28**, 131-135.
- Harrison, J.D., Day, P., 2008. Radiation doses and risks from internal emitters. *J. Radiol. Prot.* **28**, 137-159.
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* **37** (2-4).







# 1. 背 景

(1) 「医学における放射線の防護と安全」と題した *Publication 73* (ICRP, 1996) は、委員会の 1990 年勧告 (ICRP, 1991a) の、医学における適用を推進するために刊行された。今回の報告書は、*Publication 73* を補い、委員会の 2007 年勧告 (ICRP, 2007d) の介助者と介護者及び生物医学研究の志願者を含む患者の医療被ばくに関する部分を補強するために、ICRP 第 3 専門委員会により準備された。

(2) 10 年以上にわたり委員会は、電離放射線の医療利用における放射線防護と安全に関して詳細な助言を提供する多くの報告書を刊行してきた。その準備作業は第 3 専門委員会が行った。これら刊行物の 1 つ 1 つは放射線源の種類とその線源を利用する医療分野で特化される特定的话题を取り上げ、また、関係する臨床医や医療スタッフに直接伝えることを目的として書かれている。これらは年代順に以下のとおりである。

- *Publication 84* 妊娠と医療放射線 (ICRP, 2000a)
- *Publication 85* IVR における放射線傷害の回避 (ICRP, 2000b)
- *Publication 86* 放射線治療患者に対する事故被ばくの予防 (ICRP, 2000c)
- *Publication 87* CT における患者線量の管理 (ICRP, 2000d)
- *Supporting Guidance 2* (前半) 放射線とあなたの患者について——一般臨床医へのガイド\* (ICRP, 2001)
- *Supporting Guidance 2* (後半) 画像診断における診断参考レベル——再考と追加の助言\* (ICRP, 2001)
- *Publication 93* デジタルラジオロジーにおける患者線量の管理 (ICRP, 2003a)
- *Publication 94* 非密封放射性核種による治療を受けた患者の解放 (ICRP, 2004)
- *Publication 97* 高線量率 (HDR) 小線源治療事故の予防 (ICRP, 2005a)
- *Publication 98* 永久挿入線源による前立腺がん小線源治療の放射線安全 (ICRP, 2005b)
- *Publication 102* MDCT における患者線量の管理\* (ICRP, 2007)

\* 日本語版のないもの (2011 年現在)

(3) 1999 年に、委員会は、「放射性医薬品の投与による患者の線量」\*と題した *Publication 80* も勧告した (ICRP, 1999b)。これは、第 2 専門委員会と第 3 専門委員会の共同報告書であり、それ以前に発表されていなかった 10 種類の新しい放射性医薬品の体内動態と線量評価データを明らかにし、このテーマを扱った早期の ICRP *Publication* シリーズに発表されていた同種データを更新した。

(4) この報告書の草案作成に当たり、第3専門委員会は以下を実施した。

- *Publication 73* で取り上げた主題の再検討。
- *Publication 73* 以後に発刊した報告書（一覧は上記のとおり）が新たに提供した助言の内容を用いてこの検討を補強。
- 委員会の2007年勧告の草稿に対する意見聴取。

(5) 委員会は、特殊な領域を扱うために課題グループと作業班を活用している。課題グループは、決められた課題を遂行するために主委員会から指名され、通常、委員会のメンバー以外の専門家が多数を占める。作業班は、専門委員会の構想を発展させるために、専門委員会が主委員会の承認のもとに編成し、適時課題グループに発展する。班員は、通常、専門委員会の委員に限定される。近年、第3専門委員会は、以下に示す課題を扱った多くの報告書を用意している。

- X線透視手技を行う循環器科医のための放射線防護（課題グループ）
- 放射線治療による二次がん発生リスクの評価と管理（ICRUとの合同課題グループ）
- 放射性医薬品の投与による患者の線量（第2専門委員会との合同課題グループ）
- 小児の防護——電離放射線による診断技術（作業班）
- 放射性医薬品を扱う薬剤師の手指の被ばく線量（作業班）
- 診断とIVR手技を対象とした放射線防護の教育訓練（作業班）
- 偶発的に又は職業上電離放射線に被ばくした人々の医学検査と経過観察（作業班）
- 無症状の人への電離放射線を用いたスクリーニング検査（作業班）

(6) ICRP第3専門委員会からは、これらの報告書が完成した後に、医療行為における放射線防護に関連した追加提言が予定されている。

(7) この報告書では“被ばく”という用語は電離放射線を受ける行為を表すために用いる。“線量”又は“放射線量”という用語は、個々の放射線量に対してどのような評価量であるか特定しない場合に用いる。特定する場合にはその量の名称を用いる（例：吸収線量，等価線量，実効線量）。

## 1.1 参考文献

- ICRP, 1991a. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Ann. ICRP* **21** (1-3).
- ICRP, 1996. Radiological protection and safety in medicine. ICRP Publication 73. *Ann. ICRP* **26** (2).
- ICRP, 1999b. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. Addendum to ICRP Publication 53. Also includes Addendum 1 to ICRP Publication 72. ICRP Publication 80. *Ann. ICRP* **28** (3).
- ICRP, 2000a. Pregnancy and medical radiation. ICRP Publication 84. *Ann. ICRP* **30** (1).
- ICRP, 2000b. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. *Ann. ICRP* **30** (2).

- ICRP, 2000c. Prevention of accidental exposures to patients undergoing radiation therapy. ICRP Publication 86. *Ann. ICRP* **30** (3).
- ICRP, 2000d. Managing patient dose in computed tomography. ICRP Publication 87. *Ann. ICRP* **30** (4).
- ICRP, 2001. Radiation and your patient: a guide for medical practitioners. Also includes: Diagnostic reference levels in medical imaging—Review and additional advice. ICRP Supporting Guidance 2. *Ann. ICRP* **31** (4).
- ICRP, 2003a. Managing patient dose in digital radiology. ICRP Publication 93. *Ann. ICRP* **34** (1).
- ICRP, 2004. Release of patients after therapy with unsealed radionuclides. ICRP Publication 94. *Ann. ICRP* **34** (2).
- ICRP, 2005a. Prevention of high-dose-rate brachytherapy accidents. ICRP Publication 97. *Ann. ICRP* **35** (2).
- ICRP, 2005b. Radiation safety aspects of brachytherapy for prostate cancer using permanently implanted sources. ICRP Publication 98. *Ann. ICRP* **35** (3).
- ICRP, 2007c. Managing patient dose in multi-detector computed tomography. ICRP Publication 102. *Ann. ICRP* **37** (1).
- ICRP, 2007d. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* **37** (2-4).

## 2. 医学における電離放射線の利用

(8) 他のどんな人間活動からよりも医療行為から多くの人々が電離放射線に被ばくしている。そして多くの場合、個人の被ばく線量はより高い。健康管理制度が進んだ国では、年間の放射線診断件数は、人口1人に対し1に近いか1を超えている (UNSCEAR, 2000)。その上、同じ種類の検査による患者線量は施設間で大きく異なり、患者の線量管理にかなりの裁量余地があることを示唆している。

(9) 医学における放射線被ばくは、個人が受ける診断のための検査、IVRあるいは放射線治療によるものが圧倒的に多い。診断のための検査には、医療と歯科診療目的の検査が含まれる。IVRは、X線透視下が主流であるが、CTガイド下の技術も発達し使われるようになっていく。しかし、医療スタッフやその他の患者を支援したり介助したりする人々もまた、放射線に被ばくする。ここには、撮影時に子供が動かないように支える親と、放射性医薬品を投与された後や密封小線源で治療中の患者に接する可能性のある家族あるいは親しい友人も含まれる。医学における放射線利用の結果として、一般公衆の構成員に対する被ばくも生じるが、これは常に非常に低いレベルである。委員会の他の文書は、医療における作業員（職業被ばく）のための放射線防護や医療に関連した一般公衆（公衆被ばく）も取り扱っているが、これらの話題に関するいくつかの短いコメントを16.1節と16.2節に掲載した。本書のその他の部分では、以下に述べる患者や介助者と介護者及び生物医学研究の志願者の医療被ばくに焦点を当てている。

- 妊娠中や授乳中の患者の医療被ばくに伴う胚/胎児あるいは乳児の被ばくを含む、診断、IVR及び治療目的の、個人の被ばく。
- 診断や治療を受けている患者を、病院や家庭で支援したり介助したりして助ける家族や親しい友人（あるいは他の介助者）といった個人が、承知の上で自ら進んで受ける（職業被ばく以外の）被ばく。
- 生物医学研究プログラムの一部として志願者が受ける、志願者に直接の便益をもたらさない被ばく。

(10) 患者の医療被ばくをもたらす放射線利用は、人工放射線源による被ばくの95%を超え、これを超える被ばく線源は自然のバックグラウンドのみである。(UNSCEAR, 2000)。2006年の米国での予備的な分析では、米国全人口の被ばく線源として、患者の医療被ばくの寄与は自然放射線と同程度と想定している (Mettlerら, 2008)。

(11) UNSCEAR (2000) は、1985年～1990年と1991年～1996年の期間の推計を比較し、全世界で、患者1人当たりの医療被ばくによる実効線量は35%増加し、集団線量は50%増加

したと結論づけたが、その一方で、人口は10%の増加に過ぎなかった。また、世界的に年間およそ20億のX線検査、3,200万の核医学検査、600万を超える放射線治療を受ける患者がいると推計した。これらの数値は、今後数年で増加すると予測している。

(12) 全体的に見ると、先進工業国においても発展途上国においても、UNSCEAR (2000) の評価以来、主にCTの急速な使用増により、医療被ばくは増加してきた (ICRP, 2000d ; ICRP, 2007c)。

(13) 全世界の、医療及び歯科診療用X線撮影装置の推定数は、およそ200万台である。職業被ばくを受ける医療従事者数の推定は困難だが、UNSCEAR (2000) は、被ばく線量をモニターしている医療分野の放射線作業員203万人を上回ると推定した。

## 2.1 参考文献

- ICRP, 2000d. Managing patient dose in computed tomography. ICRP Publication 87. *Ann. ICRP* **30** (4).
- ICRP, 2007c. Managing patient dose in multi-detector computed tomography. ICRP Publication 102. *Ann. ICRP* **37** (1).
- Mettler, F.A., Thomadsen, B.R., Bhargavan, M., et al., 2008. Medical radiation exposure in the U.S. 2006: Preliminary results. 43rd Annual Meeting of the National Council on Radiation Protection and Measurements: Advances in Radiation Protection in Medicine. *Health Phys.* **95** (5).
- UNSCEAR, 2000. Sources and Effects of Ionising Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes. United Nations, New York, NY.

### 3. 放射線防護における生物学的根拠の要約

(14) 放射線の生物学的影響は確定的影響（組織反応）と確率的影響（がんや遺伝的影響）の2種類に分類できる。これらの影響は、ここでは簡単に記載しておく。放射線防護のための生物学的根拠は2007年勧告と他の委員会文書で徹底的に検討されている。

#### 3.1 確定的影響（組織反応）

(15) ある臓器や組織の多くの細胞が死ぬ時にだけ影響が現れるのであれば、その影響は放射線量があるしきい値を超えた場合にのみ臨床上観察されるであろう。このしきい値の大きさは、放射線の線量率（すなわち単位時間当たりの線量）や線エネルギー付与、照射された臓器や組織、臓器や組織の照射された部分の容積、そして、どのような臨床的影響に注目するかによる。しきい値を超えて線量が増加するとともに、発生確率は100%（すなわち、被ばくした人すべてに影響が現れる）まで急激に上昇するであろうし、その影響の重篤度は線量とともに増すであろう。委員会はこれらの影響を“確定的影響”（組織反応）と呼ぶ。“確定的影響”（組織反応）に関する詳細な考察と情報は2007年勧告の付属書A（ICRP, 2007a）にある。このような影響は、放射線治療における電離放射線の利用や、IVRにおける電離放射線の利用、特に、透視下のIVR手技が複雑で長時間の透視や多数の撮影が必要な時に生じる可能性がある。

#### 3.2 確率的影響（がんと遺伝的影響）

(16) 1つの細胞のDNAに放射線損傷が起こっても、その後も分裂可能な変質した細胞を生じるといふ、細胞生物学及び分子生物学上のしっかりした証拠がある。身体の防衛機能は正常では非常に効果的にはたらくが、必ずしも放射線に関連するとは限らない他の因子によっても引き起こされるこの種の損傷が、悪性疾患の状態（身体的影響）をもたらすわずかな確率が存在する。確率は低く、これは被ばくした人のごく一部でしか起こらないであろう。最初の損傷が生殖腺にある生殖細胞に起こるならば、遺伝的影響が発生するかもしれない。

(17) 放射線が原因で生じる確率的影響の確率は線量とともに増加し、おそらく低線量では線量に比例する。高線量及び高線量率では、その確率はしばしば線量とともに、単純な比例よりも顕著に増加する。確定的影響のしきい値（組織反応）に近い更に高い線量では、確率ももっと緩やかに上昇し、競合する細胞死のために、減少しはじめることもある。身体的と遺伝

的なこれらの影響を、“確率的影響”と呼ぶ。電離放射線が医学的手法で使われるとき、このような影響の確率は高くなる。

(18) 1回の放射線検査は患者のがん誘発の確率をわずかに高めるだけであるが、先進工業国では、平均すればその国の誰もが年に1回はこのような検査を受ける；したがって、これに応じて累積リスクが増加する。線量効果関係における直線しきい値なし (LNT) モデルに当てはめて計算すると、一般的な集団において放射線医学の手法による被ばくが原因のがん死亡の割合は、がん死亡率の1%から数%のレベルに達するかもしれない (NAS/NRC, 2006)。更に、このリスクは集団内で様な分布を示さない。患者のいくつかのグループでは、健康状態によって、もっとずっと頻繁に検査を受けている。また、ある集団 (例えば、胚/胎児、乳幼児、小児、そして遺伝的に感受性の高い人々) はがんの誘発に関して平均よりも高い感受性を示す。更に、若い時期にがん罹患すると、晩年で罹患した場合よりも、寿命損失がずっと大きくなってしまう。このような事情のすべては、医学における放射線使用の適切な正当化と放射線防護の最適化が、放射線防護の絶対に必要な原則であることを示している。

(19) 身体的影響と遺伝的影響に関する詳細な議論と情報は2007年勧告の付属書A (ICRP, 2007a) にあり、低線量におけるがんのリスクについての委員会の見解は、*Publication 99* (ICRP, 2005c) に記述されている。100 mGy以下の吸収線量に伴って公衆の構成員のがんリスクが増加するか否かを、疫学的根拠だけで決定することはできそうにない。直線しきい値なしモデルは、低線量、低線量率における放射線防護の実用的な目的のためには、依然として賢明な根拠である。

(20) 委員会は、がんに対して遺伝的に放射線感受性の高い個人の問題もまた検討しており、*Publication 79* (ICRP, 1999a) で、現在利用可能な情報は意味のある量的判断を提供するには不十分である、という予備的な見解を示した。委員会は、引き続きこの問題の放射線防護への影響に目を配っていくつもりである。

### 3.3 子宮内照射の影響

(21) 妊娠中の胚/胎児には放射線に関連したリスクがあり、それは、妊娠中の時期や胚/胎児の吸収線量に関連している。これらは、以下の項目、致命的影響、器官形成異常 (奇形)、中枢神経系への影響、また、白血病と小児がんで簡潔に説明されている。委員会は、出生前の被ばくの影響について *Publication 90* (ICRP, 2003b) の中で詳細に評価した。

#### 3.3.1 致命的影響

(22) 胚の発生過程における着床前期には、放射線による致命的影響への感受性が存在する。100 mGyより低い線量では、このような致命的影響は極めて稀にしか生じないし、健康

に対する重大なリスクが出産後に現れると信じる理由はない。

### 3.3.2 器官形成異常（奇形）

(23) 一般に受胎後3～8週といわれる主な器官形成期の期間では、特に、被ばくした時点で発達中の器官に形成異常（奇形）が生じるかもしれない。このような影響には、おおよそ100 mGyのしきい値がある。

### 3.3.3 中枢神経系

(24) 受胎後、8～25週は、中枢神経系が特に高い放射線感受性を示す。知能指数の低下は、胎児の被ばく線量が100 mGy以下では臨床的には確認できない。この時期に、胎児線量が1 Gyの範囲にあると深刻な精神遅滞が高い確率で発生する。感受性は受胎後8～15週の間が最も高く、16～25週以後は低くなる。

### 3.3.4 白血病と小児がん

(25) 放射線は成人と子供の両者に、白血病や多くの種類のがんの確率を上昇させることが明らかとなっている。妊娠のほとんどの時期を通して、胚／胎児は発がん効果に関して子供とほぼ同じリスク（すなわち、集団全体の3倍）を持つと仮定されている。

(26) 上記の影響を考慮することは、妊娠している患者が電離放射線を用いる診断目的の検査、IVRや治療を受けるときに重要となる。特定の放射線医学の手法により患者の健康を守ることと、胚／胎児への有害な健康影響の可能性との間でバランスが取られなければならない。

## 3.4 参考文献

- ICRP, 1999a. Genetic susceptibility to cancer. ICRP Publication 79. *Ann. ICRP* **28** (1/2).
- ICRP, 2003b. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). ICRP Publication 90. *Ann. ICRP* **33** (1/2).
- ICRP, 2005c. Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk. ICRP Publication 99. *Ann. ICRP* **35** (4).
- ICRP, 2007a. Biological and epidemiological information on health risks attributable to ionizing radiation: a summary of judgements for the purposes of radiological protection of humans. Annex A to 2007 Recommendations.
- NAS/NRC, 2006. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionising Radiation: BEIR VII Phase 2. Board on Radiation Effects Research. National Research Council of the National Academies, Washington, D.C.

## 4. 線量評価量

(27) 放射線の確率的影響に対し放射線防護で使われる基本的な物理量は、生体のある1つの器官や組織について平均した吸収線量である（すなわち、平均吸収線量とは生体中に吸収されたエネルギーをその器官や組織の質量で割った値である）。放射線の確定的影響（組織反応）に関して、吸収線量は、直接照射された範囲の皮膚の容積といったような、強く照射された組織部位について平均して求める。吸収線量に対するSI単位はジュール毎キログラム（J/kg）で、“グレイ”（Gy）という特別の名称がある。

(28) X線を用いた医療画像の手法では、通常、診断やIVR手技中の患者の器官や組織における吸収線量を直接測定することはできない。それゆえ、外部放射線場の特性を示す測定可能な量を用いて患者の線量管理を助ける。これには、人体表面の組織等価物質あるいはファントムにおける吸収線量のような単純な物理量と、X線装置の特性によって複雑さの異なる多くの物理量も含まれる [例えばCT装置はICRP (2000d, 2007c) 参照]。ここ数年、多くの実用的な測定によって器官や組織における吸収線量を導く手法に大きな発展がみられた。そして、かなり多量のデータが利用可能であり、特にICRUレポート74 “Patient dosimetry for x rays used in medical imaging”（医療画像で用いるX線の患者線量測定）（ICRU, 2005）で明らかにされている。核医学においては、投与された放射線量 [ベクレル（Bq）単位] を測定可能な量として用いる。

(29) 確率的影響の原因として、ある放射線が他の放射線より影響を与えやすい場合がある。これらを考慮するため、等価線量（器官や組織における平均吸収線量に無次元量である放射線加重係数を掛けて得る）が導入された。医学で用いるすべての基本的な放射線（光子と電子）に対して、放射線加重係数は1と定められている。したがって、吸収線量と等価線量とは数値的には同じである。アルファ粒子や重イオンに対する放射線加重係数は20、陽子に対しては2と決められている。そして、中性子に対する放射線加重係数は人体に入射する中性子のエネルギーの連続関数で与えられる。等価線量の単位の名称は、“シーベルト”（Sv）である。放射線加重係数の詳細は、*Publication 92*（ICRP, 2003c）に示されている。

(30) 放射線被ばくが人体の異なる器官や組織に生じると、損傷の確率と重篤度も異なる。委員会では、その損傷の確率と感受性の組合せを“損害”と呼び、これは健康損傷を意味する。等価線量に基づく確率的影響による人体のすべての器官や組織の複合した損害をあらわすために、各器官や組織の等価線量に組織加重係数を掛け、その結果を身体全体で足し合わせて実効線量を求める。実効線量の特別な単位の名称も“シーベルト”（Sv）である。2007年勧告の組織加重係数はその付属書B（ICRP, 2007b）で勧告した値である。

(31) 委員会は、放射線防護の指針を確立するための主要な防護量として実効線量を用いるようにしている。しかし、実効線量は特定の個人の被ばくに対し後ろ向きに確率的影響のリスクを評価するためには用いるべきではないし、人体被ばくの疫学的評価にも用いるべきではない。なぜなら、委員会は、組織加重係数を定める目的で、“損害”を導き出す際の放射線リスクの諸要因について、相対的な重篤度を判断したからである。このような確率的影響に対するリスクは年齢や性別に依存する。作業員や一般の人々の集団の性別や年齢構成（実効線量を導くための）は、放射線を用いた医療を受けている人全体の性別や年齢構成とは全く異なるものでありうるし、医学的状态の評価を行う各人の症状によって決まる医療手技のタイプごとにも異なるであろう。これらの理由から、放射線の医学利用に対するリスク評価は、リスクのある個々の組織や、医療を受ける個人の年齢や性別構成に対する適切なリスク値を用いて評価することが、最善となる。

(32) 実効線量は、確率的影響に関する相対的な線量を比較する上で以下の場合には実質的な価値がある。

- 異なる診断目的の検査や IVR 手技
- 類似の技術や手法を異なる病院や国で用いるとき
- 同一の医学的検査に対して異なる技術を用いるとき

但し、実効線量を求めた代表的な患者又は患者集団の年齢や性別が似かよっていることが前提である。しかしながら、委員会の 2007 年勧告 (ICRP, 2007d) の 4.3.5 で示した実効線量との比較は、比較する代表的な患者又は患者集団の年齢・性別の分布（例えば、小児、女性、高齢の患者等）が、両方の性と全年齢を対象とする委員会の標準分布と明らかに似ていないため、適切でない。これは、確率的影響のリスクの大きさは、性別や年齢に依存するという事実に由来する。

## 4.1 参考文献

- ICRP, 2000d. Managing patient dose in computed tomography. ICRP Publication 87. *Ann. ICRP* **30** (4).
- ICRP, 2003c. Relative biological effectiveness (RBE), quality factor ( $Q$ ), and radiation weighting factor ( $w_R$ ). ICRP Publication 92. *Ann. ICRP* **33** (4).
- ICRP, 2007b. Quantities used in radiological protection. Annex B to 2007 Recommendations.
- ICRP, 2007c. Managing patient dose in multi-detector computed tomography. ICRP Publication 102. *Ann. ICRP* **37** (1).
- ICRP, 2007d. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* **37** (2-4).
- ICRU, 2005. Patient dosimetry for x rays used in medical imaging. ICRU Report 74. *J. ICRU* **5** (2).

## 5. 2007年勧告における放射線防護の枠組み

(33) 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、人と環境に対する適切な防護の基準を作成することである。前述したように、医療用の放射線源は、患者の健康管理のために意図的に使用され、制御された手法で使用されるように設計される。

(34) 2007年勧告(ICRP, 2007d)では、委員会は、計画、緊急時、現存の被ばく状況に同じように適用する1組の原則を策定して、この基本原則(正当化と防護の最適化及び線量限度)を放射線源と個人に適用する方法を明示した。合わせて線源関連の原則(正当化と防護の最適化)をすべての被ばく状態に対してどのように適用するかを明らかにした。

### 5.1 線源関連の原則

(35) 以下の2つの線源関連の原則が、あらゆる被ばく状況に適用される。

- **正当化の原則**：①現存する放射線被ばくの状況を変えるいかなる決定も(例えば、新しい放射線源の導入や現存被ばくの低減)、害より益を優先すべきである。この原則は、新たな放射線源を導入することによって、現存被ばくを低減させる、あるいは潜在被ばくのリスクを低減させることによって、それがもたらす損害を相殺するのに十分な個人や社会の便益を達成すべきである、ということの意味している。
- **防護の最適化の原則**：被ばくする可能性、被ばくする人の数、そしてその人たちの個人線量の大きさは、すべて、経済的及び社会的な要因を考慮して、合理的に達成できる限り低く保たれるべきである。この原則は、防護のレベルは一般的な事情の下において最善であるべきであり、害を上回る便益の幅を最大にすべきである、ということの意味している。この最適化手法の大幅に不公平な結果を回避するため、特定の線源からの個人に対する線量やリスクに制限(線量拘束値又はリスク拘束値、及び参考レベル)があるべきである。

委員会は、計画被ばく状況に対して“線量拘束値”、現存被ばく状況と緊急時被ばく状況に対して“参考レベル”を用いる。しかし、患者の医療被ばくは、計画被ばく状況であっても線量拘束値は適用せず、診断参考レベル(10章)を患者の医療被ばくにおける防護の最適化の手段として用いる。

## 5.2 個人関連の原則

(36) この原則は、患者の医療被ばくを除く、計画被ばく状況にのみ適用する。

- **計画被ばく状況における線量限度の適用に関する原則**：患者の医療被ばくを除く計画被ばく状況においては、規制された線源からのいかなる個人への総線量も、委員会が勧告する適切な限度を超えるべきではない。

(37) 患者の医療被ばくが適切に正当化され、関係する被ばく線量が医療目的にふさわしいものであるとすれば、患者の医療被ばくへの線量限度や線量拘束値の適用は適切ではない。このような線量限度や線量拘束値はしばしば益よりも害を与えることがあるためである。(9.2節と11章を参照)。

(38) 放射線治療以外のほとんどの医療の状況において、スタッフが十分な教育訓練を受けていれば、透視下のIVRのほとんどの場合であっても、確定的影響(組織反応)のしきい値に必ずしも達することはない。したがって、委員会の方針は、しきい値未満に線量を保つために被ばくを制限することである。確率的影響の可能性は完全に除くことはできないため、方針は不必要な放射線源の被ばくを避け、必要か回避できない線源からの被ばく線量を低減するために、あらゆる有効な手法を用いることである。

(39) これらの原則を用いることで、放射能の管理を円滑にする放射線防護の実際の体系を発展させるために、委員会は被ばくを3種類に分けて取り扱う：**医療被ばく**は、原則として診断や治療の一部としての患者の被ばく(あるいは患者の胚/胎児や乳幼児の被ばく)と、その介助者や介護者(職業人を除く)の被ばく、及び生物医学研究の志願者の被ばくを含む。**職業被ばく**は、仕事の時と、基本的には仕事の結果として受けた被ばくである。**公衆被ばく**は、その他のすべての被ばくを含む。ある意味で、防護体系はこれら3種類の被ばくに対して別々に適用されるので、その区別を明確にすることが大切である。医療被ばくにおける、患者、介助者や介護者(職業以外の)と生物医学研究の志願者(2章に記載)の明確な区別についてはこの報告書で述べている。

## 5.3 参考文献

ICRP, 2007d. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* **37** (2-4).

## 6. 医学における患者の放射線防護の特殊性

(40) 医学における患者の放射線被ばくにはいくつかの特徴があるので、他の領域の放射線被ばくとはいくぶん異なった放射線防護のアプローチが必要である。

### 6.1 意図的被ばく

(41) 患者への照射は、意図的なものである。放射線治療以外では、線量を与えることが目的ではなく、診断情報を提供し、IVRを実施するために放射線を用いる。そうではあるが、線量は意図的に与えられる。線量を漠然と減少させれば、目的とする成果を損なわざるをえない。

### 6.2 自由意思による被ばく

(42) 患者のための放射線の医学利用は、本質的に自由意思に基づくもので、患者個人が直接享受する健康上の便益への期待と結びついている。期待される便益だけでなく潜在的なリスク（放射線のリスクを含む）をも含んだ様々な程度のインフォームド・コンセント（説明に基づく同意）とともになされる、自由意思による決定が行われる。インフォームド・コンセントを得るために提供される情報の量は、その被ばくレベル（例えば、診断か、IVR手技か、放射線治療か）と被ばくにより出現する可能性のある医学的な緊急事態により変わる。一般に、例えば胸部X線撮影のような低リスクの手技ではインフォームド・コンセントはほとんど必要としないが、IVRの手技ではもっと多くのインフォームド・コンセントが必要で、放射線治療では、しばしば治療開始前に、高いレベルの同意（定型的な文章で書かれた）を得る。

(43) 直接に個人の医学的な便益に結びつく自由意思による被ばくという概念における例外として、生物医学研究での放射線利用がある。このような場合は、自由意思による被ばくは、通常は個人の便益よりむしろ社会の便益となる。インフォームド・コンセントは、常に必要である。

### 6.3 無症状の患者へのスクリーニング検査

(44) スクリーニングは、臨床的に症状が出てくる前の段階で病気を発見する目的で実施される。より早期に診断し、より早期により有効な治療を行い、QOLと生存に、より良い結

果を得るのがスクリーニングの目的である。例えば、乳房撮影などの電離放射線を用いて行われている現在のスクリーニング行為は有効と考えられ、特定の集団に推奨されている。一方、無症状の人の病気のスクリーニングに、CT（自ら依頼するものを含む）やPETの使用が増えている。これらのスクリーニングの手段の多くは、現時点の科学的な文献では正当化されていない。

(45) スクリーニングを受ける人は、受けるかもしれない便益と放射線のリスクを含むリスクについて十分に知らされるべきである。無症状の人のスクリーニングへの電離放射線の使用は、個別に、その臨床上のメリットについて評価し、正当化されるべきである。

## 6.4 放射線治療

(46) 放射線治療は悪性組織の根絶あるいは患者の症状の緩和を目的とする。周囲組織に対する、ある程度の確定的損傷（組織反応）、そして、被ばくした非標的組織に対するある程度の確率的影響のリスクは避けられないが、放射線治療の最終目標は腫瘍の制御と正常組織の有害事象発生の見込みを最適化することである。

## 6.5 放射線量の管理

(47) 医療では、その目的に合うように患者に対する放射線量を管理する必要がある。最終目標は、希望の画像あるいは希望の治療効果を得るために適切な線量を使用することである。このことに関して、委員会は画像診断手技に関する診断参考レベルの使用を導入した。このことについては、本報告で後ほど更に詳細に議論する。

## 6.6 患者集団の人口統計

(48) 委員会が開発したリスク推計は、作業員集団又は全人口集団に適用され、放射線防護のガイダンスを確立する目的で年齢と性別を平均化した集団について得られたものである（4章参照）。各年齢グループでのリスクは被ばく時の年齢、被ばくした器官、組織により相違する。幼い子供の被ばくでは、被ばくによる生涯致死リスクへの寄与は、成人より高く、おそらく2~3倍であろう（ICRP, 1991a）。通常の多くの診断検査では、単位線量当たりのリスク増加は、成人が受ける線量より検査線量を少なくすることにより相殺されるであろう。被ばく時の年齢が約60歳の場合、リスクはより低く、おそらく1/3程度であろう。被ばく時の年齢が上がるにつれて、リスクはいっそう低くなる。（ICRP, 1991a）

(49) 医療での患者の被ばく線量と他の線源からの人の被ばくとを比較するために、実効

線量の概念を適用することは困難である。なぜなら、他の線源の実効線量の値は年齢と性別を平均化した集団に対するものだからである。実効線量は、異なる診断手法における線量の比較や、異なる病院や国における同様な技術や手法の使用の比較、また、同じ検査における異なる技術の使用を比較するためには有効となりうる。但し、比較する患者や患者集団の年齢や性別が類似であることが条件である。第4章で言及したが、患者の照射計画、リスクと便益評価に用いるには、等価線量や照射された組織の吸収線量が適切な量である。

## 6.7 医学における放射線の利用による損害の範囲

(50) 医療行為では個々の患者に対して、放射線による広い範囲の損害が生じる可能性がある。損害はごくわずか（ほとんどの場合）から致命的（ごく稀）の範囲に及ぶ。

(51) わずかな損害の例（ほとんど害のない例）としては、かなり高齢の患者の胸部X線撮影が挙げられる。吸収線量が低いため確定的影響（組織反応）が生じる恐れはなく、患者の年齢の点からも、生存中に出現するような確率の影響のリスクは本質的にない。

(52) より明らかな損害の例としてはCT検査があり、比較的高線量を患者にもたす。全身CTによる組織の吸収線量は、典型的な例では10~100 mGyの間である。それゆえ、無症状の45歳の成人がその年齢から30年間にわたり毎年、自ら望んで（自分で依頼して）全身CTを受けると、組織に対する生涯の累積吸収線量は著しいものとなり、300~3,000 mGy (0.3~3 Gy)となる。この累積吸収線量は、ヒトの疫学的研究で、がん発生の可能性の増加が観察された大きさの線量である（UNSCEAR, 2000）。

(53) また、IVRの手技において使用する透視での不必要に高い線量に起因する確定的な損傷（組織反応）が増加してきている（ICRP, 2000b）。また、放射線腫瘍学では、治療計画からの逸脱に対する許容度は非常に小さい。普通には、線量が10%超過すると、有害事象のリスクは受け入れ難いほど高くなる。線量が過少の場合は、がんが治癒しなくなり、その結果、予想よりもがんによる死亡が増えるであろう。

## 6.8 参考文献

- ICRP, 1991a. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Ann. ICRP* **21** (1-3).
- ICRP, 2000b. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. *Ann. ICRP* **30** (2).
- UNSCEAR, 2000. Sources and Effects of Ionising Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations, New York, NY.

## 7. “行為” という用語の検討

(54) 委員会は、線量を増加させる人間活動を“行為”(practice)、線量を低減させる人間活動を“介入”(intervention)と、以前は区別していた(ICRP, 1991a)。異なる防護の原則が、この2つの状況に適用されたのである。このような区別は困難でまた人工的とみなされた。委員会は現在、すべての状況——計画被ばく状況、緊急時被ばく状況、現存被ばく状況——に対して、一組の原則を適用することを勧告している。

(55) しかしながら、“行為”(practice)という用語は、放射線防護において広く使用されている。医学において“行為”とは、一般的に臨床医が患者に対して行う医療行為を指す。例えば、放射線腫瘍学において“行為”とは、初回の患者診療、正確な診断、がんの病期分類、治療計画策定、治療の実行、そして治療後の経過観察を含む。

(56) 委員会が医療関係者に対して電離放射線の医学利用について言及する場合、“行為”という用語を医療関係者が容易に理解できるように使用する必要がある。医学における“行為”の一般的な意味と区別するため、“放射線診療行為”(radiological practice in medicine)という用語が推奨される。これにより、医療従事者は、委員会の放射線防護の概念をより正確に理解できるであろう。

### 7.1 参考文献

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

## 8. 放射線診療行為の正当化

(57) 原則として、どのような人間活動の場合も、受け入れる又は継続するとの判断をするには、可能性のある便益と不利益を検討する。この検討では通常、害よりはむしろ益をもたらすであろう多くの代替法が提案される。これらの選択肢のどれが“最適”か（例えば、X線を使うか超音波を使うかという選択）を判断する更に詳しいプロセスが依然として必要であり、またそのプロセスは更に複雑になっている。考慮すべき害、より厳密に言えば損害は、放射線に関連したものに限定されるわけではなく、これは、他の損害や行為の経済的及び社会的コストを含んでいる。しばしば、放射線による損害は、全体の小さな部分にすぎないだろう。この理由から、委員会は“正当化”という語の使用を、上に述べた最初の段階（すなわち、正味の便益が存在することだけを求める）に限定している。利用可能な最良の選択肢を探すことは、通常は、放射線防護機関の責任を超えた仕事である。

(58) 一国の健康管理制度によっては、放射線検査を患者に勧めることに、商業的な利害が絡んでいるかもしれない。というのは、このような検査は、病院や、医学研究機関、近代的な放射線部門を持つ診療所にとって、主な収入源かもしれないからである。このような状況は、患者に頻回に放射線検査を勧める動機となり、良質な医療行為における必要性を超えるかもしれない。委員会は、医学の倫理や放射線防護の原則とは矛盾する、正当化されないリスクを患者に負わせるこのような勧めには、同意しない。

(59) 放射線診療行為の正当化に必要な評価のほとんどは、経験、専門的な判断そして常識に基づいて行われる。しかし、定量的な意思決定支援の技術を利用することができ、もし必要なデータを入手できるのなら、これを考慮すべきである。

(60) 放射線診療行為の正当化には3つの段階がある。

- 第1レベル、すなわち最も一般的な段階では、医学における放射線の適切な利用が、社会にとって害よりも益が大きいとして受け入れられる。この一般的な段階の正当化は、現在、当然のことであり、ここではこれ以上考察しない。
- 第2レベルでは、特定の目的を持つ特定の手法が定められ正当化される（例えば、関連する症状を示す患者に行う胸部X線撮影、あるいは、検出し治療できる状態のリスクを持つ個人の集団に行う胸部X線撮影）。第2レベルの正当化の目的は、放射線の手法が診断あるいは治療を向上させるかの判断と、被ばくする個人に関する必要な情報を提供するかの判断にある。
- 第3レベルでは、個々の患者ごとにその手法の適用が正当化されるべきである（すなわち、その手法を適用することが、その患者に対して害より益をより多く与えると判断されるべき

である)。それゆえに、すべての医療被ばくが個々に、その被ばくの特定の目的と関係する個人の特性を考慮して事前に正当化されるべきである。

(61) 正当化の第2レベル、第3レベルについては、以下に考察する。

## 8.1 選択された放射線医学的手法の正当化（第2レベル）

(62) 放射線医学的手法の正当化は、国の保健及び放射線防護の当局や、対応する国際機関と連携して、国や国際的な職業団体が扱う問題である。医学的手法から受ける総合的な便益には、患者に対する直接的な健康上の便益だけでなく、患者の家族や社会に対する便益も含んでいる。

(63) 医学的手法の正当化において、すべての場合で最良のやり方が同じ選択に結びつくとは限らないことに注意すべきである。例えば、重症な状態の肺に、診断目的で行う胸部のX線透視\*は、害よりも益が多いかもしれないが、十分な資力のある国では胸部X線撮影が選択される手法となりそうである。なぜなら、害に対する益の比率は更に大きいからである。しかしながら、透視が正味の便益を生み出し、そしてそれに替わる利用可能なより良い選択肢がなければ、透視は資力の乏しい発展途上国で選択される手法かもしれない。

(64) 同じような考え方で言えば、ある種類のがんのための放射線医学的スクリーニングの正当化は、その国の罹患率や発見された場合に効果的な治療を提供できるかによるであろう。国の事情に応じて異なることが予想される。

(65) 主な医療被ばくは患者に対するものであるが、医療従事者やその手法には関係ない公衆への被ばくも考慮すべきである。偶然の、すなわち意図しない被ばくの可能性も考慮すべきである。現行の手法及び新しい手法のリスクと有効性について、より多くの情報を入手できるようにして、この決定を、時々見直すべきである。

(66) 患者に対する便益が主要な目的ではない診断調査の正当化には、特別な考慮を必要とする。保険の目的で放射線画像を用いる場合、通常、主たる便益は保険会社に生じる。しかし、検査を受けた個人にいくらか経済的な便益があるかもしれない。医療訴訟に対する防衛として医師が依頼した検査は、個々の患者にとっては、ほとんど利益がないであろう。

## 8.2 個々の患者への手法の正当化（第3レベル）

(67) 個々の被ばくの正当化は、必要な情報がその時点でまだ得られていないことの確認

---

\*訳注 診断精度ははるかに落ちるため、“重症な”と表現されている。フィルム代金がかからないこともあり日本でも昔は実施していた。

を含めるべきである。通常は、簡単な診断手法の場合は、患者の症状や徴候に対し、その手法がすでに一般に正当化されている（適応がある）のであれば、更なる正当化は必要ない。複雑な診断や IVR のような高線量の検査に対しては、医師による個別の正当化が特に重要であり、すべての利用可能な情報を考慮すべきである。これには、提案されている手法と代替の手法の詳細、個々の患者の特徴、患者への予想される線量、更に過去の検査や治療に関する情報や今後予想される検査や治療に関する情報が得られるか否かの確認が含まれる。検査を依頼する判断基準と患者のカテゴリーを前もって決めておくことで、この作業はしばしば速くなるであろう。

## 9. 医療被ばくにおける患者防護の最適化

### 9.1 一般的な取組み

(68) 医療における患者の放射線防護の最適化は、普通2つのレベルで適用される。すなわち、(1) デザイン、適切な選択、また装置や設備の構造 (2) 日常作業の方法 (すなわち作業手順) である。この防護の最適化の基本的な目的は、正味の便益が最大となるように線源に対する防護の手段を調整することである。

(69) 関係する概念は簡単な言葉で説明することができるが、実際の適用は単純な常識的意味から複雑な計測量を用いるプロセスにまで及ぶ。線源に関連した防護のための規定を選択する際、常にいくつかの選択肢がある。防護の選択は、患者や医療スタッフそして時には公衆の被ばくレベルを、直接変えてしまう。しかしながら、選択肢によってはまた、防護に向ける資源の規模を変えてしまう。これらの資源は直接金銭的なコストに反映してくるかもしれないし、また医療スタッフに対するその他の健康上のリスクのような、定量化が困難な社会的コストも含むかもしれない。

(70) 放射線防護の最適化は、被ばく線量を“経済的及び社会的要因を考慮して合理的に達成できる限り低く”保つことを意味する。そして、医療目的にふさわしい患者線量の管理というのが最良である。

### 9.2 診断参考レベルと線量拘束値の利用

(71) 患者の防護において、損害と便益は同じ個人すなわち患者が受ける。そして、患者の線量は、原則として臨床上の必要性によって決まる。それゆえ、職業被ばくや公衆被ばくにおける重要性とは対照的に、患者に線量拘束値を適用するのは不適切である。にもかかわらず、患者の被ばく線量を管理することは重要であり、診断参考レベルの使用によって、診断やIVRの管理をしばしば容易にできる。診断参考レベルは、特定の画像診断の手法において患者の被ばく線量が(確率的影響に関して)著しく高いか低いかを評価する方法である(10章)。

(72) 介助者や介護者(職業被ばくを除く)の被ばくと、本人には直接の便益をもたらさない生物医学研究プログラムの志願者の被ばくには線量拘束値を適用することができる。それは被ばくの不公平を制限するためであり、線量限度の形で更に防護することができないからである。

### 9.3 医療被ばくの管理

(73) 放射線診断における被ばく線量の低減にはかなりの余地が残されている。診断上の情報を失うことなく簡易かつ安価な手段が利用できるが、これらの手段が利用されている程度には大きな幅がある。

(74) 医療被ばくにおける防護の最適化は（患者線量の管理をとおして実行されるので）必ずしも患者の被ばく線量の低減を意味しない。例えば、X線撮影装置は、しばしば画質向上の目的で散乱X線除去用グリッドを用いるが、グリッドを外せば $1/2 \sim 1/4$ に線量を低減できる。散乱線の影響が大きい成人の腹部X線撮影では、正味の便益はグリッドを外すことによって下がるであろう。なぜならば、線量を引き下げることによる便益よりも、画質の低下による損失の方が大きいからである。防護の最適化には、グリッドの除去を必要としないであろう。しかしながら、身体の小さい子供のX線撮影の場合は、散乱X線の量は少なく、グリッドの除去による線量低減の便益は、画質の軽度低下を埋め合わせる。そこでこの場合は、防護の最適化に、グリッドの除去によって生じる線量低減が必要である。

(75) 放射線治療では、標的組織への線量と身体他の部分への線量との区別が必要である。もし、標的組織の線量があまりにも低ければ治療効果はないであろう。そのような被ばくは、今後も正当化されないであろうし防護の最適化も成り立たない。しかし、標的体積の周囲組織の防護は、線量計画を構成する必須の部分であり、防護の最適化と同じ目的を含んでいるとみなすことができる。

(76) 支援したり元気づけたりして患者を助ける（職業被ばく以外の）個人の被ばくには、非密封の放射性核種あるいは永久挿入密封小線源を用いた核医学的治療を受けて退院した、患者の家族や友人の被ばくが含まれる。これらのグループに対する防護の最適化の手法では、線量限度によって被ばくを制限する必要はないが線量拘束値を用いるという点を除けば、公衆被ばくの最適化と同様である。

## 10. 診断参考レベル

(77) 医療被ばくにおける患者への診断参考レベルの利用に関するガイドラインは、*Publication 60* (ICRP, 1991a) と *Publication 73* (ICRP, 1996), また、*Supporting Guidance 2* (ICRP, 2001) に記載されている。診断参考レベルの考え方の発展の経緯を含むガイドラインの要約を本章に記載した。

### 10.1 診断参考レベル (*Publication 60* と *73*)

(78) *Publication 60* (ICRP, 1991 a) では、参考レベルとは測定される量についてそれを超えるとある決められた対策又は意思決定が行われるような値、と記述していた。これらには以下のレベルがある。**記録レベル**：それ以上は数値を記録に残し、それ以下の値は無視すべきレベル、**調査レベル**：それを超えたら結果の原因や意味を吟味すべきレベル、**介入レベル**：それ以上で何らかの救済活動の実行を考慮すべきレベル、また、もっと一般的に、**対策レベル**：それ以上で特定の行動を起こすべきレベル。これらのレベルを利用することで、不必要な又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。これらはまた、潜在的な高リスク状況に注意を向けることで放射線防護にも役立てることができる。

(79) 1つの特別な形の参考レベル（診断参考レベル）がX線診断と核医学診断に適用される。*Publication 60* (ICRP, 1991a) で、委員会は、いくつかの日常的な診断手法に適用するため、適切な専門家団体や規制当局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と勧告した。これらは、確固たる臨床上の判断により必要とされるならば、もっと高い線量が許されるよう、柔軟性を持って適用すべきである。*Publication 73* (ICRP, 1996) で委員会は、線量拘束値から診断参考レベルの考え方を切り離し、以下に述べるような詳細な考え方を議論した。

(80) 診断参考レベルは調査レベルの1つの形であり、通常は、空气中又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、容易に計測できる値に適用される。核医学では、通常はこの量は、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、患者への線量あるいは投与放射線量のレベルが異常に高いか又は低い状況を識別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。

(81) もし、ある手法が対応する診断参考レベルを常に超えることが分かれば、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。もし十分に最適化されていなければ、線量を低減するための措置をとるべきである。

(82) 診断参考レベルは専門家の判断を補うものであり、医療の良否の境界線を設けるものではない。これらは良質の放射線科診療に貢献するものである。診断参考レベルの数値は助言としてのものであるが、診断参考レベルの考え方の実践を規制当局が求めてもよいであろう(ICRP, 2001)。診断参考レベルの数値を規制の限度または商業目的に用いるのは適切でない。

(83) 診断参考レベルは、X線診断や核医学診断の手法による患者の放射線被ばくに適用する。放射線治療に適用すべきではない。診断参考レベルは委員会の線量限度や線量拘束値との直接的な関連はない。理想的には、防護の包括的な最適化の結果であるべきである。実際にはこれは実現困難であり、患者で実測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より簡単である。この初期値は専門家団体によって(国の保健と放射線防護の規制当局と共同で)選択されるべきであり、線量分布の実測値で、必要な安定性と長期的な変化との兼ね合いをとりながら時々見直されるべきである。

(84) 原理的には、それより下では線量が低すぎて良好な画質が得られないような比較的低い診断参考レベルを選択することが可能かもしれない。しかしながら、線量以外の要因も画質に影響するので、このような診断参考レベルを設定することは非常に難しい。それでも、もし計測された線量や投与放射エネルギーが一貫して診断参考レベルより十分低いならば、得られた画質をその施設で検討すべきである。

## 10.2 診断参考レベル (Supporting Guidance 2)

(85) 最近、*Supporting Guidance 2* (ICRP, 2001) で、(86) ~ (94) に後述するような、追加の助言を行った。同書 (ICRP, 2001) は、医療画像手法のための診断参考レベルを確立するために、医療の専門家集団と協力して規制当局が行った様々な方法の調査も含んでいる。

(86) 診断参考レベルの目的は、医療画像手法上の臨床的な目的に寄与しない患者への放射線量を避けることである。これは、(相当する地域や国、各施設のデータから得られた)診断参考レベルの数値と、適切な標準患者グループやファントムで計測された値の平均値あるいは適切な値との比較により達成される。通常、標準患者グループは(身長や体重などの)身体的特性の範囲で限定される。もし、選択の範囲に合わない患者サンプルを標準グループとして用いると、その計測値を診断参考レベルと比較することが適切かどうか不明になってしまう。診断参考レベルは所定の医療画像手法やプロトコールに用いるもので、個々の患者に用いるものではない。

(87) 診断参考レベルは、以下の目的に使用できる。

- 一般的な医療画像手法に対して、正当化できない高い値や低い値の頻度を減らすことで、地域、国、あるいは施設における計測結果を改善するため。
- 特定の医療画像手法に対して、よい手技であると言える狭い範囲の値に達するよう促すた

め。

- 特殊な医療画像プロトコルに対して、最適な範囲の値で設定するよう促すため。

(88) これらの診断参考レベルの使用にあたっては、所定の医療画像手法で選んだ臨床的条件と技術的条件の特異性の程度によって区別する。この使用における定義と例は、*Supporting Guidance 2* (ICRP, 2001) に示されている。

(89) 計測値が選んだ条件に対する上限値や下限値から常に外れるようであれば、適切な施設内の検討を行い対策をとるべきである。この過程は一般に患者が不要な組織線量を受けないようにするのに役立つ。つまり、放射線による確率的健康影響の不要なリスク回避に役立つ。

(90) 透視下の IVR 手技において、診断参考レベルは、原則的に放射線による不要な確率的リスクの回避という点で患者線量管理の促進に役立つ。しかしながら、個々の手技における透視時間や複雑さは個別の臨床事情に強く依存しているため、たとえ特定のプロトコルがあっても患者線量分布のばらつきは非常に大きい。通常の臨床的要素と技術的要素だけではなく、その手技の相対的な“複雑さ”を考慮した取組みも可能である。

(91) 診断参考レベルは、透視下 IVR 手技の確定的影響（放射線皮膚障害のような組織反応）の管理には適用できない。このような場合は、正当化されているが長時間で複雑な手技を受ける個々の患者に対する確定的影響（組織反応）を回避することが目的である。ここで必要なのは、実際にそれぞれの患者に行っている手技の、確定的影響（組織反応）のしきい値が追っていたり超えたりしていないかを、モニタリングリアルタイムに表示することである。関連するリスク量は、最大累積皮膚線量となった部位における吸収線量である。皮膚の最大累積吸収線量の値を選択するには、種々の患者の臨床記録や行われた処置（放射線皮膚障害が起こりうる）が判断の参考になる (ICRP, 2000b)。このため、実際の手技中に、皮膚の最大累積吸収線量を示す助けとなりうる適切な線量をモニタリングする。

(92) 診断参考レベルは臨床目的にふさわしい患者への放射線量を管理するために使われるべきである。

(93) 診断参考レベルの考え方は、線量の選択、数値や技術的臨床的特徴において、その施設の状況に配慮した柔軟性を認めている。診断参考レベルの設定で推奨されている原則は、

- 地域、国、施設の目的が、医療画像手法における臨床及び技術の程度を含めて、明確であること。
- 選択された診断参考レベルの値が、該当する地域、国、又は施設のデータに基づいていること。
- 診断参考レベルに使われる量が、現実的な方法で得られるものであること。
- 診断参考レベルに使われる量は、患者の組織線量の相対的变化に即した尺度であり、したがって所定の医療画像手法における患者リスクの相対的变化を適切に示す尺度であること。

- 診断参考レベルを実践する方法が明瞭であること。

(94) 医療の専門家団体は（国の保健当局と放射線防護の専門家と協調して）、それぞれの特定の必要性に最も合致し、適用される地域、国あるいは施設にとって整合性がある、診断参考レベルを決定すべきである。

### 10.3 参考文献

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

ICRP, 1996. Radiological protection and safety in medicine. ICRP Publication 73. *Ann. ICRP* **26** (2).

ICRP, 2000b. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. *Ann. ICRP* **30** (2).

ICRP, 2001. Radiation and your patient: a guide for medical practitioners. Also includes: Diagnostic reference levels in medical imaging—review and additional advice. ICRP Supporting Guidance 2. *Ann. ICRP* **31** (4).

## 11. 個人の線量限度

(95) 患者の医療被ばくに線量限度を適用することは適切でない。このような限度は多くの場合、益よりも害となるからである。しばしば、慢性的かつ重篤で生命を脅かす病状が同時に存在し、それは放射線被ばくよりも重大である。したがって、強調すべきは、医学的手法の正当化及び放射線防護の最適化である。

## 12. 放射線治療事故の防止

(96) この章では、放射線治療（装置及び手順）での事故の防止について議論する（ICRP, 2000c, 2005a, b）。

(97) 放射線治療での事故の防止は、装置と建屋の設計及び作業手順の不可欠な部分である。事故防止において鍵となる大切なことは、長い間、失敗の結果に対する多重的な安全手段を用いることであった。このアプローチは深層防護と呼ばれ、装置の故障とヒューマンエラーの防止、そして、それらが起こった場合には影響を和らげることを目的とする。装置の設計によりある種の防御が達成され、その他は作業手順が防御となる。

(98) 放射線治療装置は、設計仕様外の要求を自動的に排除して、操作者の過失を減らすように設計されるべきである。加えて、治療室は、過度に患者を孤立させずに照射中はスタッフを囲いで仕切るように設計されているべきである。

(99) *Publication 86* (ICRP, 2000c) に記述しているが、放射線治療装置は据付け後、あるいはいかなる変更の後にも校正をすべきである。そして、装置の性能の有意な変化を検出するように、標準的な検査手順で日常的に確認すべきである。

(100) 作業手順には鍵となる決定事項があり、これらの事項は個別の確認が必要となるもので、特に放射線治療では大切である。患者が本人であることと、処方された治療に間違いなく対応していることの確認をダブルチェックすべきである。核医学治療では、放射性医薬品とその放射能が指定のとおりか、両方をダブルチェックすべきである。参加するすべてのスタッフのあいだで有効なコミュニケーションを保つことがこの過程にとって極めて重要である。

(101) 治療に使用する放射線源が誤って置かれたり使用されたりした場合、非常に重篤な被ばくの原因となりうる。小線源治療の線源は、頻繁かつ徹底した線源の個数のチェックが必要であり、最終的には安全な廃棄への対策を講じるべきである。死亡した患者を扱う際には、挿入線源や放射性医薬品の治療レベルの放射エネルギーが存在する可能性を考慮すべきである。

### 12.1 参考文献

- ICRP, 2000c. Prevention of accidental exposures to patients undergoing radiation therapy. ICRP Publication 86. *Ann. ICRP* **30** (3).
- ICRP, 2005a. Prevention of high-dose-rate brachytherapy accidents. ICRP Publication 97. *Ann. ICRP* **35** (2).
- ICRP, 2005b. Radiation safety aspects of brachytherapy for prostate cancer using permanently implanted sources. ICRP Publication 98. *Ann. ICRP* **35** (3).

## 13. 放射性物質が関係する事象や事故の扱い

(102) この章では放射性物質の誤用や事故の結果としての被ばく量を低減するための救済行動や、その影響について論じる。しかしながら、事故や誤りはX線発生装置や加速器でも起こりうる。このような被ばくは照射を止めれば終わるが、過剰な線量やその影響には医学的治療が必要であろう。

(103) 放射線の分割照射治療では、初期の分割での誤りはその後に分割調整することで部分的に修正できる。治療への介入ではなく、線量計画の一部とすることが最も良い考え方である。

(104) 核医学診断における放射性医薬品の誤投与は、通常では深刻な健康障害の原因とはならないが、患者に十分に説明すべきである。

(105) 医療における放射性物質に関する緊急事態について、救済行動のいくつかの例を以下に示す。

- 治療時の放射性ヨウ素を過剰にあるいは誤って投与した場合、被ばく線量は、甲状腺の放射性ヨウ素の取込みを抑えるため高濃度のヨウ化カリウムかヨウ素酸塩などの安定ヨウ素剤を早期に投与することで、低減できるであろう。
- 小線源治療用の線源を紛失した場合、被ばく線量は、線源を探すための計測をし、被ばくの可能性がある人々へ警告することで低減できる。
- 核医学診療での放射性物質を大量にこぼした場合、被ばく線量は、汚染区域を早期に隔離区域とし、職員や患者の立入管理を行うことで低減できるであろう。
- 遠隔治療用線源の不適切な廃棄やそれによる線源の損傷と間違った取扱いが生じた場合は、その結果の被ばくは深刻で広い範囲に及ぶ。公共領域での主な対策としては、避難や所有物の破壊、十分な範囲の汚染除去を含めなければならないであろう。広範囲のモニタリングプログラムが不可欠である。このような行動を正当化する、回避線量レベルに関するガイダンスが *Publication 63* (ICRP, 1993) に記載されている。

### 13.1 参考文献

ICRP, 1993. Principles for intervention for protection of the public in a radiological emergency. ICRP Publication 63. *Ann. ICRP* 22 (4).

## 14. 教育訓練

(106) 電離放射線を用いた診断・IVR・核医学・放射線治療を依頼、実施、介助する医師・歯科医師・その他の医療従事者に対して、放射線防護の教育訓練は必須とすべきである。放射線照射に対する最終責任は医師にあり、医師はその手法が持つリスクと便益を知るべきである。

(107) 放射線の医学利用に関して、医師を3つのカテゴリーに分類できる。

- 電離放射線を用いる医療の専門家として訓練された医師（例えば、放射線科専門医、核医学専門医、放射線腫瘍医）
- 診療で電離放射線を利用するその他の医師（例えば、循環器医、血管外科医、泌尿器科医）
- 電離放射線を用いた診療を依頼する医師

(108) 分類した医師の役割にふさわしい教育訓練を、大学医学部や研修医の間、特別集中コースに分けて行うべきである。その訓練には評価を行い、個人が首尾よく訓練を修了したことへの適切な承認をすべきである。更に、電離放射線を利用した手法の実施や、電離放射線を利用した診断・治療を受ける患者のケアに関わる、その他の病院職員にも、関連した放射線防護の教育訓練を行うべきである。

## 15. 施設における整備

(109) 特に、放射線診療を依頼する医師、それを実際に行う放射線科医や他の医療従事者、及び、その資材を提供する管理者の各々の責任を明確化することが大切である。医学物理士の役割もその中に組み込んで明確にすべきである。

(110) 重要なことは、将来、放射線医療を依頼しその医療を共に担う専門職や技術スタッフとなる人たちに対して放射線防護に関する教育と訓練のための十分な資材を提供することの必要性である。その訓練のためのプログラムには、配置予定の全スタッフに対する初期訓練（配置前教育訓練）、定期的な更新と再教育訓練、及びその教育訓練の証明を含むべきである。

(111) 品質保証のプログラムは、保証するすべての機能について定められた基準を維持するために、極めて重要である。そのプログラムの範囲には特に放射線防護と安全を含めるべきである。品質保証と監査のプログラム（患者の線量と管理された線量評価を含む）及び監督官庁による検査によって、医療被ばくが良好な放射線防護状況のもとで行われることを確実にすべきである。これらのプログラムには、臨床目的で装置を初めて使用する前に行う受入試験、その後の規則的に行う性能試験、及び、大きな保守作業の後に必ず行う性能試験を含むべきである。（デジタルなどの）新しい画像技術や放射線治療には特定の品質保証プログラムを適用すべきである。

(112) いかなる検証システムでも記録の保存が重要である。通常、職業被ばくの記録に関する要件は規制当局が定める。診断や IVR の手法に関連した放射線量を計測する時は、診断参考レベルとのあらゆる比較の記録を保存すべきである。放射線治療においては、線量計画の記録、投与した放射線の管理（核医学において）、及び放射線治療患者の退室時の放射線を患者のカルテに含めるべきである。

## 16. 患者以外の集団に対する防護の実際的方法

### 16.1 職業被ばく

(113) 医療分野を含む作業者の電離放射線防護の原則は、*Publication 75* (ICRP, 1997) で詳細に考察している。これらの原則は、X線検査、核医学、放射線治療施設の従事者に適用される。

(114) 職業被ばくの管理は、作業場を管理区域と監視区域の2種類に指定することにより単純化でき、より効率的にすることができる。管理区域とは、軽微な事故が発生する可能性はあるが通常の作業条件の区域であり、この区域内で、作業者は放射線被ばく管理を特定の目的とする十分確立された手順と慣行に従うことが求められる。監視区域とは、その作業条件が監視のもとにある区域であるが、特別な手順は通常必要とされない。これらの定義は操業経験と判断に最もよく基づいているものである。非密封放射性物質による汚染の問題がない区域では、ときには境界における線量率によってこれらの区域を定めてもよい。

(115) 外部被ばくの個人モニタリングは比較的単純であり、施設にとって資財の重い負担はない。医療分野では、管理区域内の作業者全員に対して適用すべきである。

(116) 医療のいくつかの分野では、職業被ばく管理が特に大切である。その第1は、小線源挿入を受けた患者の看護であり、アフターローディング法による挿入時の患者の看護よりも重要である。第2は透視手技で患者に接している間である。第3は、透視を用いた心臓カテテルのようなIVR手技、第4は核医学におけるスタッフによる放射性医薬品の準備である。これらすべての場合で、十分な遮蔽と時間制限が必要である。個人モニタリングとその結果の慎重で綿密な吟味も大切である。小線源治療では、線源の頻繁かつ入念な数量チェックが不可欠である。

(117) スタッフを線源から防護する(例：遮蔽)システムは、患者の孤立感を最小限にするよう設計すべきである。これは、線源が患者の体内に投与される核医学と小線源治療に特に関係する。

(118) 妊娠した作業者の作業条件は、妊娠を申告した後、妊娠の残りの期間中の胚／胎児の追加線量がおよそ1 mSvを超えないようにすべきだと、委員会は勧告する。この勧告の解釈において、妊婦に対して不必要な差別を行わないことが重要である。妊娠を申告する前の妊娠期間は、男女とも本質的に同一の、通常の作業者への防護が適用される。

## 16.2 公衆の被ばく

(119) 病院や放射線診療室への公衆の立入りは制限されるが、工場や研究実験室の作業における通常の制限よりは開かれている。管理区域や監視区域以外への公衆の立入りに制限を課す放射線防護上の理由はない。公衆の立入時間は限られているので、もし患者や来訪者に便益があり、かつ適切な放射線防護の予防措置を講じていれば、監視区域への立入方針を認めることができる。放射能が高い線源（例：小線源治療やその他の治療線源）のある管理区域への公衆の立入りは、患者への見舞客に制限されるべきであり、彼らはあらゆる行動の制限についての助言を受けるべきである。

## 16.3 生物医学研究の志願者の被ばく

(120) 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に大きく貢献している。研究のあるものは、疾病の研究に直接寄与しているし、また他のものは、放射性医薬品や作業場や環境の汚染から吸収されることのある放射性核種の代謝についての情報を提供する。これらすべての研究が医療機関で実施されるわけではないが、委員会はこれらの志願者の被ばくをすべて医療被ばくのカテゴリーに含める。

(121) 生物医学研究で志願者を用いることの倫理と手続の側面は、委員会は *Publication 62* (ICRP, 1991b) で扱っている。重要な側面は、志願者自身が説明を受けた上で自由に選択できる保証、その研究の社会的便益と結びついた線量拘束値の採用、また、研究の計画や実施に影響を与えることができる倫理委員会の活用である。生物医学研究で小児や精神疾患や欠陥のある人を用いることについても *Publication 62* で扱っている。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。

(122) 多くの国々で、生物医学研究における妊婦の放射線被ばくを特に規制していない。しかしながら、このような研究に妊婦が参加することは非常に稀であり、また、妊娠が研究の必要不可欠な要素でない限り阻止されるべきである。胚／胎児の防護のために、このような場合の放射線利用は厳重に管理されるべきである。

## 16.4 患者の介助者と介護者の被ばく

(123) 患者を支援したり介助したりして手助けをする友人や家族も志願者であるが、患者と介助をする者の双方に直接的な便益がある。これらの被ばくは医療被ばくと定義するが、患者への見舞客や、核医学治療を受けて病院から帰宅した患者の同居家族への防護の方針を明確

にした線量拘束値を定めるべきである。委員会は、以前はこういった拘束値のための評価基準を勧告してこなかった。しかし、1事例当たり（すなわち、治療後の1回の解放が継続する間に5 mSvの線量拘束値が妥当である。この線量拘束値は柔軟に用いる必要がある。例えば、とても重篤な病気の子供の親に対しては、より高い線量がたぶん適切であろう。直接的な介護あるいは介助をしない若年の子供と乳幼児や訪問者は公衆の構成員として扱うべきである（公衆の線量限度の1 mSv/年を適用する）。非密封放射性核種による治療を受けた患者の解放については、より詳細な内容をA.7節に示した。

## 16.5 参考文献

- ICRP, 1991b. Radiological protection in biomedical research. ICRP Publication 62. *Ann. ICRP* **22** (3).  
ICRP, 1997. General principles for the radiation protection of workers. ICRP Publication 75. *Ann. ICRP* **27** (1).



## 付属書 A. 医学における放射線防護の領域別評価

(A 1) 第3専門委員会は、多くの文書を刊行し、医学における電離放射線に対する防護と安全に関して詳細な助言を提供してきた。それぞれの文書は、特定の医療分野で用いる個々の放射線源か又は特定の患者を対象としており、現在の委員会勧告を医学における放射線利用に適用する上での概論である。要約すると、以下の記述が、医学における放射線防護と安全に関して重要と思われる。

- コミュニケーションは、担当する規制当局や専門家集団から適切な医療従事者へ、彼らが精通している形式を用いて、直接伝わらなければならない。
- 診断や IVR においては、その診療内容に適した患者線量の管理が、無駄な放射線被ばくを回避するための適切な手法である。この管理をなし遂げられる特性を備えた装置や、適切な国、地域又は地方から導かれた診断参考レベルは、患者線量管理の最も効果的なアプローチとなるであろう。
- 放射線治療では、事故の回避が最重要事項である。事故の見直しと事故の防止の助言は、「*Publication 86* 放射線治療患者に対する事故被ばくの予防」(ICRP, 2000c)、「*Publication 97* 高線量率 (HDR) 小線源治療事故の予防」(ICRP, 2005a)、「*Publication 98* 永久挿入線源による前立腺がん小線源治療の放射線安全」(ICRP, 2005b) で提供している。

(A 2) 医療を対象とした勧告の簡単な概要を、文書の発行順に以下に示した。個々の文書は、委員会の放射線防護の仕組みについて、最も関連する部分を具体的に説明している。

### A.1 妊娠と医療放射線 (*Publication 84*)

(A 3) 毎年、数千人の妊娠している患者や放射線作業者が、電離放射線に被ばくしている。知識の不足が大きな不安を生み、おそらくは不必要な妊娠中絶を受けている。患者によっては、胎児／胚のリスクを増加させるため適切でないと考えられる被ばくもあるが、多くの患者にとってその被ばくは適切なものである。

(A 4) 放射線被ばくのの前には常に、女性が妊娠しているか、又は妊娠の可能性があるかどうかを確認することが大切である。妊娠中の医療被ばくには、発達中の胎児／胚の放射線感受性のために、特別の配慮を必要とする。検査実施の方法は、胎児／胚が直接放射線のビーム内に入る可能性があるかどうかと、手技が比較的高い線量を必要とするかにより左右される。

(A 5) ほとんどの適切に実施した診断行為による胎児線量は、胎児死亡や器官形成異常(奇形)を含む発育障害、又は、自然発生率を上回る精神発達遅滞が発生するリスクの明らか

な増加をもたらすものではない。治療行為を含む、より高い線量では、発育障害が発生する可能性を含んでいる。

(A 6) 妊娠している患者や作業者は、子宮内被ばくによって生じるかもしれない潜在的な放射線影響の大きさと種類について知る権利がある。もし放射線診断が医学的に適応とされたものであれば、ほとんどの場合、その診断を行わなかったときの母親のリスクは胎児／胚の潜在的な害のリスクに比べて大きい。大部分の核医学の手法は、胎児／胚へ高い線量をもたらさない。しかし、核医学で使用される放射性医薬品の中には（例：放射性ヨウ素）、胎児／胚のリスク増加をもたらすものがある。

(A 7) 女性患者が妊娠しているかどうかを放射線治療の前に確かめることは重要である。妊娠中の患者で、骨盤から離れた部位のがんでは、通常、放射線治療が可能である。しかし、これには注意深い放射線治療計画が必要である。骨盤内のがんは、妊娠中に、胎児／胚へ重篤なあるいは致死的な結果をもたらすことなく十分に治療することはできない。

(A 8) 妊娠していない女性に対する職業被ばくの管理の根拠は男性のそれと同じである。しかし、いったん女性が雇用主へ妊娠を申告したら、胎児／胚の防護レベルが、おおよそ公衆の線量限度と同じとなるように追加の管理が考慮されなければならない。

(A 9) 多くの国では、生物医学研究における妊娠女性の放射線被ばくを明確に法律で禁止していない。しかし、このような研究に妊娠女性が含まれることは非常に稀であり、妊娠が研究上不可欠な部分でなければ（参加を）止めさせるべきである。胎児／胚を防護するために、これらの場合（妊娠女性が研究に参加する場合）は厳密な基準を設置するべきである。

(A 10) 妊娠中絶は多くの要因が関係する個人的な意思決定である。器官形成期の 100 mGy 未満の吸収線量は妊娠中絶の理由として考えるべきではない。このレベルを超える胎児／胚の線量では、胎児／胚の推定吸収線量の大きさ、結果として生じうる胎児／胚の発育障害のリスクやその後の人生での発がんリスクを含む、個人の事情を基にして、説明を受けた上での決定がなされるべきである。

## A.2 IVR (*Publication 85*)

(A 11) X線透視下で行われる IVR (Interventional radiology) の手技は、放射線安全や放射線生物学について適切な訓練を受けていない、数多くの医師が利用している。これらの IVR 術者の多くは、IVR によって傷害が発生する可能性があることや、傷害の発生を減らす簡単な方法を知らない。多くの患者は放射線リスクについて術者からの十分な説明を受けていないし、難度の高い手技による被ばく線量が傷害を引き起こすかもしれない場合にも経過観察がなされていない。患者の中には放射線皮膚傷害に苦しむ人達がいるし、若年の患者は将来の発がんリスクの増大に直面するであろう。IVR 術者は自分の業務を制限しているか、そうでなければ

ば自ら放射線傷害に苦しんでおり、また、診療従事者に高線量の被ばくをもたらしている。

(A 12) ある種の IVR 手技では、患者の受ける皮膚線量は、がん治療における放射線分割照射の際の線量に達する。放射線による皮膚傷害は、不適切な装置の使用や、それ以上に、未熟な操作技術により生じている。IVR を行う医師やスタッフの傷害も認められるようになってきている。患者への急性放射線被ばくでは、2 Gy で紅斑と白内障が、7 Gy で永久脱毛が、12 Gy で遅発性皮膚壊死の生じる可能性がある。眼に対する長期の被ばく（職業被ばく）では、3 か月以内に受けた線量が 4 Gy で、また、3 か月以上の期間では 5.5 Gy で白内障が生じうる。しかしながら、視力損傷に関する眼の放射線感受性の新しいデータが公表見込であり、これが利用可能となれば委員会は新しいデータを考慮するつもりである。

(A 13) 患者や診療従事者の被ばく線量は実際的な措置で制御することができる。患者の線量では皮膚表面の吸収線量が最大となった部位が最も重要である。各医療施設の臨床プロトコルには、個別の IVR 手技ごとに、手技の様々な部分で生じる皮膚の累積線量と照射部位に関して記載すべきである。IVR の術者は被ばく線量を制御するために、皮膚線量と実際の手法に関する情報を利用できるように訓練を受けるべきである。最大累積線量が 1 Gy（繰り返し行うことがある手技において）又は 3 Gy（いかなる手技においても）に近づくか又は超えた場合には、診療記録に記載すべきであり、このような場合は経過観察を行うべきである。患者は、放射線傷害のリスクが十分高い場合には説明を受けるべきであり、また、患者の主治医は、放射線影響の可能性について情報を知らされるべきである。患者と診療従事者の放射線防護に関する教育訓練は、このような IVR を行う医師への教育で必要不可欠なものとするべきである。すべての IVR 術者は、実施した手技の結果を放射線傷害に関して評価・検討すべきである。新たな IVR 手法を導入する際には、放射線のリスクを含めたりリスクと便益が考慮されるべきである。

### A.3 放射線治療における事故被ばく (*Publication 86*)

(A 14) 放射線安全の観点からは、放射線治療はきわめて特殊な放射線利用である。その理由は：

- 非常に高い線量（20～80 Gy）を意図的に加えるために、人体が非常に強度の高い放射線の中に直接置かれたり（体外照射治療）、放射線源が直接組織に接して配置されたり（小線源治療）する。また、
- 過大線量も過小線量も、ともに重篤な結果を招く可能性があるからである。

(A 15) *Publication 86* は、体外照射や密封小線源治療により治療を受ける患者の事故被ばくの予防を支援することを意図している。ここでは、非密封線源を用いた放射線治療は直接には扱わない。本書は、放射線治療に直接関わる専門職や病院の管理者及び保健衛生の専門家と

規制当局といった幅広い読者に向けて述べている。本書で採用したアプローチは、重大事故の実例報告やこれらの事象の原因と寄与因子の検討、時に深刻な害をもたらした事故結果の要約と、このような事故を予防する勧告の提示である。対策の議論には制度的な取り決め、職員の訓練、品質保証プログラム、適切な監督、職務責任の明確化、迅速な報告を含む。

(A 16) この報告書に記載した多くの事故被ばくでは、単一の原因を特定することはできなかった。通常、事故に寄与する複数の要因が存在していた（例えば、職員訓練の不足、独立チェック体制の欠如、品質管理手順の欠如、統括管理体制の欠如）。このような要因の複合がしばしば全体的な管理の不備につながり、包括的な品質保証プログラムが欠如した状態での患者の治療を許してしまう結果となる。多くの事故に共通する要因を明らかにして、詳細に議論を行い、規制、教育、品質保証の観点から、放射線治療事故を予防する方法について明確な勧告を提示している。

(A 17) 放射線治療中に受ける線量は正常組織の耐容線量の上限である。このため結果として、事故による過大線量は、しばしば重大な、時に致命的な結果を招く。10%以上の過大線量照射を含む事故被ばくは、患者の副作用の頻度が異常に高いことから、熟練した臨床医により検出できるはずである。過小線量照射の事故を臨床的に検出することは困難であり、腫瘍制御率の低下として明らかになるだけであろう。

(A 18) 放射線治療の件数は世界的に増加しており、予防措置が取られなければ、事故頻度の増加が予想される。多くの重篤で致命的な放射線治療事故が報告されているが、実際にはこれ以上に発生していたが認識されていなかったか、規制当局への報告がなかったか、文献に報告されなかった可能性がある。

(A 19) 放射線治療で用いる装置や技術は複雑で、事故防止には、健全でリスクを理解している管理規制や、病院レベルでの管理への関与、適切な人数の熟練スタッフ、十分な諸資材、機能的に履行されている品質保証プログラム、良好な意思疎通、継続的教育がなければならない。

(A 20) 近代的な装置と新しい技術にはより一層の品質保証と質の高い保守管理が必要であるということを十分理解していないと危険である。放射線治療施設の管理責任者は、新しい装置の適切なコミショニングと古い装置や線源の適切な使用廃止を確実に行うべきである。

#### A.4 CT (*Publication 87*)

(A 21) CT検査が患者に与える線量は比較的高い。MDCTによる累積組織吸収線量（1回当たり10~100 mGy）は、しばしば、疫学研究で発がん確率の増加が明らかとなっているレベルに近いかこれを超える。CT検査の頻度は世界中で増加し続けており、CT検査の種類も更に多様化している。しかし、通常の放射線診断の傾向とは異なり、CTの急速な発展は、

一般的に従前の利用法では患者線量の低減をもたらしていない。

(A 22) それゆえ、CTにおける患者線量の管理は非常に重要である。依頼医は、検査結果が患者の臨床上の扱いに影響を及ぼすかどうかをその都度評価すべきである。放射線科医が正当性のある検査だと同意すべきである。放射線科医と診療放射線技師は、患者ごと、検査ごとに技術的パラメータを調整することで患者被ばく線量の低減が可能であることを知るべきである。医学物理士等との協力のもと技術的パラメータを適切に選択し、品質管理に注意を払い、診断参考レベルを適用すれば、患者線量を50%以上低減することが可能である。CT装置が更に改良されれば、診療放射線技師は不必要な患者線量を大幅に低減できるであろう。これらの特徴のうち最も大切なものは、解剖学に基づいた照射条件の自動的な調整AEC（自動露出制御）とMDCTにおける新しい画像再構成法であろう。

## A.5 一般臨床医へのガイダンス (Supporting Guidance 2)

(A 23) この教育的テキストは不必要な放射線被ばくから患者を防護するための取り組みである。本書は、質問とその回答という構成になっている。

(A 24) X線検査、IVR手技、核医学や放射線治療といった放射線の医療利用により健康に便益があることは言うまでもない。しかしながら、放射線治療やIVRによる高線量の放射線には、特に誤照射の場合、危険性があることは十分に立証されており、診断目的の利用のような少ない線量も有害な影響を及ぼす可能性がある。放射線治療において大線量を適切に使用すれば、重篤な傷害を防止できるが、小線量であっても完全には消せないリスクを抱えている。このため、放射線を診断に利用するには、生じうる傷害を最小限にしつつ、高い診断効果を確保できるような方法を必要とする。

(A 25) このテキストは線量を最小化する、したがって放射線を診断に利用することで生じるリスクを最小化する機会について多くの情報を提供している。この目的は不必要な（正当化されない）検査を避けることと、検査の手法を診断の質と患者への必要以上の線量の低減の両面から最適化することにより達成できるであろう。

(A 26) 放射線治療における患者防護の最適化は、健常組織を可能な限り保護する一方で、高い治療効果が確保されるように、照射する腫瘍への十分な高線量を保つことによるものでなければならない。

(A 27) 胎児／胚への特別な防護に関する問題は、診断や治療での放射線利用においても存在するが、現実に即した解決が勧められている。

## A.6 デジタルラジオロジー (Publication 93)

(A 28) デジタル技術は放射線診療を改善する可能性を秘めているが、同時に放射線が過剰に使用される危険を伴っている。デジタルイメージングの主たる利点（広いダイナミックレンジ、後処理、多様な観察方法の選択、電子式データ転送と保存の可能性）は明らかだが、画質低下を起こさずに過剰照射が起こりうる。従来 of X 線撮影システムでは、過剰照射は“黒い写真”を作り出した。デジタルシステムは、幅広い線量範囲で良好な画像が得られる。デジタル透視システムでは、画像の取得と消去が非常に容易であり、そのため、必要以上に多くの画像を撮影してしまう傾向があるかもしれない。

(A 29) デジタルラジオロジーでは、1 画像当たりの患者線量の増加は、通常、画質の向上を意味するので、必要以上に高い患者の被ばくが生じる傾向がある。いろいろな画像診断業務では、必要な画質のレベルが異なり、また、意図する臨床目的に追加の便益を与えない線量は避けるべきである。

(A 30) 画質は、不適切なレベルのデータ圧縮及び／又は画像後処理により損なわれる危険性がある。このような新しい挑戦はすべて防護の最適化プロセスの一部であるべきであり、臨床プロトコルや技術プロトコルに含めるべきである。

(A 31) 各施設の診断参考レベルはデジタルイメージングに対して再評価すべきであり、また患者線量のパラメータを操作者のコンソールに表示すべきである。デジタル技術を導入するには患者線量の評価を頻回に行うべきである。デジタルラジオロジーにおける画質と患者線量の管理についての訓練が必要である。デジタルラジオロジーは新しい法規制を必要とし、また、担当する医療従事者に新たな挑戦を呼び覚ますであろう。デジタル画像は撮影と転送が容易であるため、正当化の規準を強化すべきである。

(A 32) デジタルシステムの試運転（コミッショニング）には、撮影性能と線量管理の統合を確実にするために、放射線科専門医、医学物理士、診療放射線技師が関与すべきである。品質管理には、画像の可視化、転送、及び保管に関する新しい手順とプロトコルが必要である。

(A 33) 産業界は、デジタルシステムによる照射パラメータや結果として生じる患者線量について、放射線科医や診療放射線技師や医学物理士に情報を提供する手段を発展させるべきである。照射パラメータと結果としての患者線量は、標準化され、表示され、記録されるべきである。

## A.7 非密封放射性核種治療後の解放 (*Publication 94*)

(A 34) 非密封放射性核種による核医学治療手技を受けた後は、他の人々への線量を制限する注意が必要かもしれないが、診断の場合にはほとんど必要ではない。<sup>131</sup>Iは、医療従事者、公衆、介護者及び近親者に最大の線量をもたらす。その他の治療で使用する放射性核種は、通常、純ベータ線放出核種（例えば、<sup>32</sup>P、<sup>89</sup>Srや<sup>90</sup>Y）であり、ずっと小さなりすくしか生じない。患者の医療被ばくの結果から公衆と医療スタッフが受ける被ばくには、線量限度を適用する。

(A 35) 以前に委員会は、家庭での家族や訪問者や介護者には、線量限度でなく、1事例当たり数 mSv 程度の線源関連の線量拘束値を適用することを勧告した (*Publication 73*) (ICRP, 1996)。5 mSv/事例（すなわち放射線治療後の1回の解放が継続する期間）の線量拘束値が、おそらく妥当であろう（16.4節参照）。

(A 36) *Publication 94* (ICRP, 2004) は、患者の介護や介助に直接携わらない訪問者だけでなく、若年の小児や乳幼児も公衆の構成員として扱うべきであると勧告している（すなわち、1 mSv/年の公衆の線量限度に従うこと）。

(A 37) 他の人々への被ばくの様式には、以下のようなものがある：外部被ばく、汚染による内部被ばく、そして環境中の経路である。患者から大人が受ける線量は、主に外部被ばくによる。患者の唾液による乳幼児や小児の被ばくは、子供の甲状腺へ有意な線量をもたらす可能性がある。子供と妊婦の汚染を回避することが大切である。放射性ヨウ素による治療後、母親は直ちに授乳を止めなければならない。非密封放射性核種による多くの治療は、妊婦に対しては禁忌である。女性は、放射性核種による治療後しばらくの間妊娠すべきでない（例えば、最も一般的に用いる放射性核種である、放射性ヨウ素では6か月）。その他の放射性核種による、より短期の又はより長期の妊娠回避期間については *Publication 94* (ICRP, 2004) に記載している。

(A 38) <sup>99m</sup>Tc は、核医学診療を受けた患者排泄物の環境放出が群を抜いて多いが、その半減期が6時間と短いため、<sup>99m</sup>Tc の重要性は限られている。その次に大きな放出である<sup>131</sup>Iは、医療利用の後に環境中で検出されるが、環境へのインパクトは測定できないほど（わずか）である。核医学治療の後に患者の尿を保管することは、小さな便益しか生じないように思われる。現代の下水道システムへ放出される放射性核種は、下水道作業員や公衆へ線量を与える可能性があるが、これらは公衆の線量限度を十分に下回る。

(A 39) 患者を入院させるか解放するかは患者1人ひとりの状況に応じて決めるべきである。この決定には、患者に残留している放射能に加えて、多くの他の要因を考慮すべきである。入院は公衆や近親者の被ばくを低減するが、病院職員の被ばくは増加するであろう。入院

には、金銭的及び他のコストだけでなく明らかに精神的負担が加わるので、それらを分析して、正当化すべきである。放射性ヨウ素による核医学治療後に患者が移動する時は2~3時間に限られるならば、他の乗客に危険をもたらすことはまずない。

(A 40) 環境やその他の放射線を検出する装置は、放射性ヨウ素による核医学治療を受けた患者を、治療後数週間にわたって検出できる。このような検出装置を操作する担当者は、核医学治療を受けた患者を特定し対処するよう特別に訓練されるべきである。非密封放射性核種による治療の詳細な記録は病院で保管すべきであり、書面での注意の指示とともに患者にも渡すべきである。最近数か月以内に非密封放射性核種による治療を受けた患者が死亡した場合には、特別な注意が必要となる可能性がある。

## A.8 高線量率小線源治療における事故 (Publication 97)

(A 41) 高線量率 (HDR) 小線源治療は、急速に成長している技術であり、この数年にわたって、先進工業国と発展途上国の両方で、低線量率 (LDR) 小線源治療と置き換わりつつある。毎年およそ 500,000 件 (治療件数) が HDR 装置で行われていると推計される。多くの製造業者が LDR 装置の製造を中止したため、代わって HDR 小線源治療が主体となっている。

(A 42) HDR 小線源治療技術は、1.6~5.0 Gy/min 程度の高線量率で、非常に高い線量を与えるため、ミスは臨床上の有害な影響を生じる過少あるいは過大な線量を与える可能性がある。線源の詰め替えから線量投与までの一連のプロセスで、500 例以上の HDR 事故 (1 例の死亡を含む) が報告されている。ヒューマンエラーが放射線事故の主な原因であった。本委員会は、仮にスタッフが有効なモニタリング装置を持ち、その結果に注意を払っていれば、多くの事故は防止できたと結論づけている。

(A 43)  $^{192}\text{Ir}$  の半減期は比較的短いため、HDR 線源はおよそ 4 か月ごとに交換する必要がある。毎年 10,000 以上の HDR 線源が輸送されており、これは潜在的な事故の可能性を伴っている。したがって、適切な手法と法令を遵守しなければならない。

(A 44) この報告書には、そのための手法と装置に関する多くの具体的な勧告が記載されている。緊急時の計画と緊急対応の訓練の必要性を強調している。線源の紛失や盗難の可能性を考慮していなければならない。

(A 45) 事故防止のためには、品質保証の手法について特別な訓練を受けた職員の協力チームが必要である。保守管理は品質保証の不可欠な要素である。品質保証の手法の外部監査により、良好で安全な診療が強化され、事故の潜在的な原因が確認される。品質保証には詳細な事例検討を含めるべきである。事故と異常事象は報告されるべきであり、ここから学んだ教訓は同様のミスを防止するために他の利用者と共有すべきである。

## A.9 永久挿入線源による前立腺がん小線源治療と放射線安全 (*Publication 98*)

(A 46) 選ばれた限局性前立腺がん患者への永久挿入線源 ( $^{125}\text{I}$  又は  $^{103}\text{Pd}$ ) の利用は、この15年間、世界中で急速に増えている。毎年50,000人以上の患者が世界中でこの治療を受けていると推計され、またこの数は、近い将来の増加が予想されている。

(A 47) 今日までのところは、医療スタッフや患者の家族に関する事故や有害な影響の報告はないが、この小線源治療技術は放射線安全上の問題を生じさせた。

(A 48) 線源挿入後の患者に接する人々が受ける線量に関するすべてのデータが検討されてきた。これらの線量は直接測定したか計算した値のいずれかである。得られたデータによれば、大部分の例で介助者や介護者の被ばく線量は、1 mSv/年を十分下回っている。患者の配偶者が線源挿入時に妊娠しているという非常に稀な場合のみ、特別な予防措置が必要となることがある。

(A 49) 尿、精液、又は消化管を介しての線源排出は稀である。このような事象が起きた場合に、患者が適切に対応できるよう、具体的な勧告をしておくべきである。分離したシード1個の放射エネルギーは小さく、光子エネルギーは小さいため、シードの喪失にまつわる異常事象や事故の報告の記録がないことは、注目すべきである。

(A 50) 線源挿入後数か月以内の遺体の火葬 (国によっては一般的) は、いくつかの問題が発生する。患者の遺灰に残留する放射エネルギーと、火葬場の職員や公衆が吸入する可能性がある浮遊物の線量に関する問題である。収集したデータの検討では、 $^{125}\text{I}$  の挿入から12か月が経過 ( $^{103}\text{Pb}$  は3か月) していれば、火葬を認めることができる。患者がもしこの期間が経過する前に死亡したときは、特定の処置を行わなければならない。

(A 51) 線源挿入後に骨盤部や腹部の手術を受ける場合は、外科医へこの治療を受けていることを告げるように、患者へ特別に説明し勧めておかななければならない。線源挿入に関するすべての情報を記載した“治療者カード”が有効である。

(A 52) ほとんどの場合、小線源治療を受けた患者は不妊になる。しかし、治療による精液の変質により受精率が減少するものの、この治療を受けた後に子供の父親になる可能性があり、限定的ではあるが子供に遺伝的影響の生じるリスクを伴うことを患者は認識する必要がある。

(A 53) 永久挿入を受けた患者は、あるタイプの放射線保安モニタを作動させる可能性があることを知っておかななければならない。このような場合に、前述した挿入に関する主な情報を含む“治療者カード”が役立つことが判るであろう。

(A 54) 前立腺がんへの小線源治療と外部照射に関して得た経験を検討すると、放射線誘

発性の二次がん発生のリスクは極めて低いと思われる。実証された小線源治療の効果は、放射線誘発がんのリスクの非常に限定的な（主に理論的）増加よりも、明らかに大きく上回る。

## A.10 MDCT (*Publication 102*)

(A 55) 最近の CT 装置は、多列検出器を使用し、高速撮影や広範囲の撮影が可能になっている。すべての新しい CT 装置は多列検出器を備え (MDCT)、単管球又は 2 管球で、しかもいくつかの新たな線量低減手段が市販されるようになっている。

(A 56) MDCT には、単列の CT 装置 (SDCT) に比べて、系統的に患者被ばく線量を増加させる又は減少させる特徴がいくつかある。初期の報告では、SDCT に比べて MDCT での患者線量増加が指摘されていたが、最近では、患者被ばく線量は同等もしくは少ないとの報告を見るようになった。もし操作者（診療放射線技師など）が SDCT 撮影時と全く同じ条件で MDCT を設定し撮影してしまうと、患者線量は増加する可能性がある。装置の特性に合わせた適切な条件を決定しなければならない。

(A 57) MDCT 装置には被ばく線量を低減する可能性があるが、実際に線量低減を達成できるかは装置の利用法による。重要なことは、放射線科医、循環器医、医学物理士、CT 担当の診療放射線技師らが、患者被ばく線量と画質との関係を理解することと、CT の画質はしばしば診断の信頼性のために必要とするよりも高画質であることに気付くことである。最も高画質な画像がすべての診断業務のために必要ではなく、画質レベル（いわゆる、低ノイズ、中等度または低線量）はむしろ診断内容によって決まる。

(A 58) 露出条件の最適化が患者線量の管理にどれほど寄与できるかについて、意識が高まっている。しかし、技術の変化は速く、患者線量の管理には継続的な注意が必要である。

(A 59) AEC（自動露出制御）システムにより、画質に関係する測定値を用いて撮影プロトコルを活用することが可能となった。もし画質が、操作者によって適切に特定され、それが臨床目的に合致していれば、肥満した患者を除く全患者の線量は低減する。肥満の患者では、画質を改善するために被ばく線量は増加する。AEC は操作者による撮影パラメータの選択を完全になくすわけではなく、個々の CT システムを熟知していることが重要である。

(A 60) AEC システムにおける画質パラメータの選択は単純ではない。画質をどう特定するかは見解の一致を見ておらず、装置メーカーにより露出制御の方法が大きく異なっている。操作者の CT システムに関する知識が重要となる。

(A 61) CT を使用することの正当化は、依頼医と放射線科医が共に責任を担う。それには、適応に対する CT 検査の正当化と、臨床上の適応を通常線量の CT が必要か低線量の CT が必要かに分けることが含まれる。撮影パラメータは、検査の適応、患者の体格、撮影範囲に基づくべきであり、そうすれば患者線量をこれらのパラメータに基づいて管理することができ

る。不適切な検査を回避できるようにガイドライン（CT検査の選択基準）が必要である。更に、場合によっては、代替となる放射線を用いない撮影技術も考慮すべきである。

(A 62) MDCTの心臓領域への適応が始まったことにより、多くの循環器医がMDCT装置の利用者となった。委員会は循環器医への適切な放射線防護の訓練がなされるよう勧告する。CT依頼医とCTスタッフの訓練は、撮影適応やプロトコール、患者線量の管理の助けとなる。

## A.11 参考文献

- ICRP, 1996. Radiological protection and safety in medicine. ICRP Publication 73. *Ann. ICRP* **26** (2).
- ICRP, 2000c. Prevention of accidental exposures to patients undergoing radiation therapy. ICRP Publication 86. *Ann. ICRP* **30** (3).
- ICRP, 2004. Release of patients after therapy with unsealed radionuclides. ICRP Publication 94. *Ann. ICRP* **34** (2).
- ICRP, 2005a. Prevention of high-dose-rate brachytherapy accidents. ICRP Publication 97. *Ann. ICRP* **35** (2).
- ICRP, 2005b. Radiation safety aspects of brachytherapy for prostate cancer using permanently implanted sources. ICRP Publication 98. *Ann. ICRP* **35** (3).

## 全参考文献

- ICRP, 1991a. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Ann. ICRP* **21**(1–3).
- ICRP, 1991b. Radiological protection in biomedical research. ICRP Publication 62. *Ann. ICRP* **22**(3).
- ICRP, 1993. Principles for intervention for protection of the public in a radiological emergency. ICRP Publication 63. *Ann. ICRP* **22**(4).
- ICRP, 1996. Radiological protection and safety in medicine. ICRP Publication 73. *Ann. ICRP* **26**(2).
- ICRP, 1997. General principles for the radiation protection of workers. ICRP Publication 75. *Ann. ICRP* **27**(1).
- ICRP, 1999a. Genetic susceptibility to cancer. ICRP Publication 79. *Ann. ICRP* **28**(1/2).
- ICRP, 1999b. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. Addendum to ICRP Publication 53. Also includes Addendum 1 to ICRP Publication 72. ICRP Publication 80. *Ann. ICRP* **28**(3).
- ICRP, 2000a. Pregnancy and medical radiation. ICRP Publication 84. *Ann. ICRP* **30**(1).
- ICRP, 2000b. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. *Ann. ICRP* **30**(2).
- ICRP, 2000c. Prevention of accidental exposures to patients undergoing radiation therapy. ICRP Publication 86. *Ann. ICRP* **30**(3).
- ICRP, 2000d. Managing patient dose in computed tomography. ICRP Publication 87. *Ann. ICRP* **30**(4).
- ICRP, 2001. Radiation and your patient: a guide for medical practitioners. Also includes: Diagnostic reference levels in medical imaging—Review and additional advice. ICRP Supporting Guidance 2. *Ann. ICRP* **31**(4).
- ICRP, 2003a. Managing patient dose in digital radiology. ICRP Publication 93. *Ann. ICRP* **34**(1).
- ICRP, 2003b. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). ICRP Publication 90. *Ann. ICRP* **33**(1/2).
- ICRP, 2003c. Relative biological effectiveness (RBE), quality factor ( $Q$ ), and radiation weighting factor ( $w_R$ ). ICRP Publication 92. *Ann. ICRP* **33**(4).
- ICRP, 2004. Release of patients after therapy with unsealed radionuclides. ICRP Publication 94. *Ann. ICRP* **34**(2).
- ICRP, 2005a. Prevention of high-dose-rate brachytherapy accidents. ICRP Publication 97. *Ann. ICRP* **35**(2).
- ICRP, 2005b. Radiation safety aspects of brachytherapy for prostate cancer using permanently implanted sources. ICRP Publication 98. *Ann. ICRP* **35**(3).
- ICRP, 2005c. Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk. ICRP Publication 99. *Ann. ICRP* **35**(4).
- ICRP, 2007a. Biological and epidemiological information on health risks attributable to ionizing radiation: a summary of judgements for the purposes of radiological protection of humans. Annex A to 2007 Recommendations.
- ICRP, 2007b. Quantities used in radiological protection. Annex B to 2007 Recommendations.
- ICRP, 2007c. Managing patient dose in multi-detector computed tomography. ICRP Publication 102. *Ann. ICRP* **37**(1).
- ICRP, 2007d. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* **37**(2–4).
- ICRU, 2005. Patient dosimetry for x rays used in medical imaging. ICRU Report 74. *J. ICRU* **5**(2).
- Mettler, F.A., Thomadsen, B.R., Bhargavan, M., et al., 2008. Medical radiation exposure in the U.S. 2006: Preliminary results. 43rd Annual Meeting of the National Council on Radiation Protection and Measurements: Advances in Radiation Protection in Medicine. *Health Phys.* **95**(5).
- NAS/NRC, 2006. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionising Radiation: BEIR VII Phase 2. Board on Radiation Effects Research. National Research Council of the National Academies, Washington, D.C.
- UNSCEAR, 2000. Sources and Effects of Ionising Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations, New York, NY.

ICRP Publication 105  
医学における放射線防護

---

2012年4月29日 初版第1刷発行

翻訳 公益社団法人  
発行 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  
電 話 代表 (03) 5395-8021  
出版 (03) 5395-8082  
E-mail syuppan@jrias.or.jp  
U R L <http://www.jrias.or.jp>

発売所 丸善出版株式会社

© The Japan Radioisotope Association, 2012 Printed in Japan

---

印刷・製本 株式会社 恵友社

ISBN 978-4-89073-219-7 C3347

# 日本アイソトープ協会の ICRP 勧告日本語版

左端の数字は、ICRP Publications のシリーズナンバー。(仮)は、翻訳中または翻訳予定。  
【 】は発行年。右端の\*は ISBN (頭に 978-4-89073-をつけてください)。価格は本体価格。

## ◇ 防護全般 ◇

### 103 国際放射線防護委員会の 2007 年勧告

世界の放射線防護の指針である ICRP の基本勧告。1990 年勧告の改訂版。本勧告から、計画/現存/緊急時という 3 つの被ばく状況に基づく体系へと移行した。また、線量制限値を 3 段階の枠で示している。1990 年以降の物理学・生物学の進歩を取り入れ、放射線加重係数 \* 202-9 と組織加重係数、放射線損害を一部更新。その背景を付属書 A・B で紹介。 【2009 年】 3500 円

### 60 国際放射線防護委員会の 1990 年勧告

現在の放射線防護に関する法令等に、世界各国で自国の事情に合わせて反映されている勧告。「行為」と「介入」というプロセスに基づく防護体系を構築。この勧告から、作業者の線量限度が従来の年間 50 mSv から 5 年間の平均で年当たり 20 mSv (5 年につき 100 mSv) \* 055-1 に変更された。生物影響から新しい線量限度の設定に至る過程を付属書に詳述。 【1991 年】 2718 円

## ◇ 放射線医学の防護全般 ◇

※防護全般も参照

### 105 医学における放射線防護

[本書]

\* 219-7  
【2012 年】 3000 円

### 73 医学における放射線の防護と安全

1990 年勧告 (Publ60) から医療関係者のために、医療の実施と管理に関係する事項を抜粋 \* 101-5 し、放射線防護の体系と、医学に適用する際の基本的な考え方を簡潔に解説。 【1997 年】 2400 円

## ◇ 放射線医学——テーマ別 ◇

※防護全般も参照

### 113 放射線を利用した診断と IVR における教育と訓練(仮)

放射線診断と IVR の件数は急速に増加中で、患者と医療スタッフの被ばく線量がより高くなる手技が頻繁に実施されている。医学生を含む医療スタッフ、その他の医療従事者に対する放射線防護が切実に必要である。そのための教育と訓練のあり方について検討。 翻訳中

### 112 新しい外部照射治療技術による事故被ばくの予防(仮)

新しい技術は、治療上の大きな改善と同時に複雑さをもたらし、新しいヒューマンエラーの危険性と装置の問題が生じている。高線量率 (HDR) 照射、ガンマナイフ、マルチリーフコリメータ、強度変調放射線治療 (IMRT) などの問題事例と防止策を勧告。 翻訳中

### 102 MDCT における患者線量の管理(仮)

多列検出器コンピュータ断層撮影 (MDCT) は、システム自体に患者線量を増減させる特有の側面がある。MDCT 技術、利用時の放射線量 (SDCT との相違、線量に影響する要因など)、放射線リスクならびに患者線量管理に関する責任についてまとめている。 翻訳中

---

## 98 永久挿入線源による前立腺がん小線源治療の放射線安全

永久挿入線源 (I-125・Pd-103 シード) による治療後、患者とまわりの人々が日常生活を安全に送れるよう、種々のデータをもとに関連事故の発生を防ぐ対応を具体的に勧告。付録 \* 204-3 に、線源の特性データ、治療後の患者への情報提供と治療者カードの例を収録。【2010年】1300円

---

## 97 高線量率(HDR)小線源治療事故の予防

高線量率(HDR)小線源治療は非常に高い線量を短時間で与えるため、そのミスは臨床上有害な影響を生じる可能性がある。HDR 治療施設と装置の構成について概説し、代表的な事故例を踏まえ、治療にあたる職員の要件と訓練、治療上の品質保証の要件等を述べた。 \* 197-8  
【2008年】2900円

---

## 94 非密封放射性核種による治療を受けた患者の解放

甲状腺がん・甲状腺機能亢進症の治療に用いられる I-131 に焦点を当て、治療投与後の患者から医療従事者や公衆に対する影響やリスクを論じ、患者の解放規準を勧告した。患者から排泄された放射性ヨウ素の環境中での経路、廃棄物の処分についても述べる。付録に、患者情報シートと患者カードの見本、治療後の放射線防護の指導見本を収録。【2007年】3200円 \* 187-9

---

## 93 デジタルラジオロジーにおける患者線量の管理

画像診断技術はデジタル化によって大きく進歩し、患者線量を減らす可能性を持っている。が、一方で、患者線量を大幅に増加させる危険性も有している。本書は、不必要な医療被ばくを減少させるための勧告である。 \* 186-2  
【2007年】3300円

---

## 87 CT における患者線量の管理

CT 検査の頻度は世界中で増加傾向にあるが、CT 検査が患者に与える線量は比較的高い。この患者線量の管理に必要な、「検査の正当化」「技術的パラメータの選択」「品質管理」「診断参考レベルの使用」「装置の技術」について概説。放射線科医、診療放射線技師、医学物理士、CT 検査を依頼する医師、製造業者、行政関係者などを対象とした 1 冊。【2004年】1700円 \* 158-9

---

## 86 放射線治療患者に対する事故被ばくの予防

体外照射または固体の密封小線源を用いた放射線治療での事故被ばくを防ぐための報告書。過去の重大な事故被ばく例を取り上げ、発生理由を検討し、結果を要約。その上で、規制、教育と訓練、品質保証プログラム、適切な監督、職務責任の明確化、迅速な報告等、治療事故を予防する措置について勧告している。 \* 160-2  
【2004年】2800円

---

## 85 IVR における放射線傷害の回避

IVR 手技は今後の多用が予想される一方、診療従事者や患者に対する放射線リスクがあまり認識されていない。IVR 手技による重篤な影響の例を示し (カラー写真)、皮膚と目に対する放射線の生物学的影響、線量を制御する実際的な措置について解説。患者へのカウンセリング、経過観察、術者の訓練等について助言を行っている。 \* 153-4  
【2003年】2200円

---

## 84 妊娠と医療放射線

妊娠している女性に対する放射線診療は、母親と胎児の双方に配慮して正当化の判断をしなければならない。胎児の放射線影響に関する知見、放射線診断、核医学診断、放射線治療の際の胎児線量などが分かりやすく記載され、妊娠の可能性のある女性の放射線診療に直ちに役立つ内容が盛り込まれている。医師、看護職、診療放射線技師など、放射線診療に携わる多くの職種の人々を対象とした実務書。 \* 141-1  
【2002年】1300円

---