

第1部 医療被ばくの現状と考え方

# 1. 医療被ばくをめぐる動向と線量の単位



酒井一夫 / 米原英典 (独)放射線医学総合研究所放射線防護研究センター

## はじめに

放射線は、レントゲンがX線を発見した直後から、医療に欠かせないツールとして利用されてきた。現在では、CTやPETなどの診断、X線や粒子線を用いた治療、IVRなど幅広い分野で利用され、その技術はますます高度化しつつある。一方で、医療被ばくのリスクに関する情報がマスコミなどで報道され、患者、特に小児や女性の被ばくの影響を心配する声も聞かれる。医療の現場でも、放射線診療に対する患者の疑問や不安への対応が課題となっている。

## 放射線防護の基本的な考え方

放射線防護の基本的な考え方は、80年以上の歴史を持つ国際放射線防護委員会(ICRP)が勧告として示してきた。2007年には、それまでの1990年の基本勧告を改訂して“Publication 103”として新たな勧告が刊行された。この2007年勧告では、従来の勧告よりも医療被ばくの防護が重視されている。

ICRPの勧告では、放射線防護の最も基本的な原則として、表1に示す放射線防護体系の3原則を提唱している。

患者の医療被ばくについては、表1の3原則のうち線量限度は適用されない。その理由は、医療では被ばくする患者に直接のベネフィットがあり、線量限度を設定することによって、そのベネフィットが損なわれることがあるからである。医療被ばくの防護では、線量限度が適用されないために、正当化や最適化がさらに重要になる。

医療被ばくにおける正当化について“ICRP 2007年勧告”では、3つのレベルに区分されている。第1のレベルは、放射線そのものの医学での利用の正当化である。この点では、すでに患者に害よりもベネフィットを多く与えるものとして受け入れられていることから、正当化が達成されていると判断されている。第2のレベルは、特定の目的を持つ特定の手技の導入についての判断である。例えば、CTという新しい診断の手技を導入する場合、それが及ぼす社会や個人へのリスクをベネフィットが上回るかどうかを判断することである。この判断については、それぞれの手技が導入される際に、国や社会によって判断が下されている。

医療の現場で問題となるのは、第3のレベルである、個々の患者への放射線の

利用に関する正当化の判断である。この正当化の判断は、放射線診断や治療、IVRによって患者にもたらされるベネフィットとそれに伴うリスクを比較することであるが、その際、個々の患者すべての利用可能な情報を考慮すべきであるとしている。この情報には、提案された手技と代替の手技の詳細、個々の患者の特徴、予想される患者の線量、および以前のあるいは予想される検査、治療の情報の利用可能性などが考えられている。

正当化が判断されて放射線を用いた手技を適用することになると、次に最適化を図らなければならない。最適化についてはこれまで、線量を可能な限り低く保つことが強調されてきた。しかし、医療においては特に、必ずしも最も低い線量が最適化の目標ではなく、患者の線量と医療の効果とのバランスを取ることが重要であるとされている。そのために、それぞれの診断手技について「診断参考レベル」を設定し、実際の被ばく線量をこのレベルと比較することにより最適化を図ることが提案されている。

表1 放射線防護体系の3原則

正当化：放射線に関係する計画された活動の導入又は継続が、活動の結果生じる損害よりも大きな利益を個人と社会にもたらすべきである。
最適化：被ばくする可能性、被ばくする人の数、及び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。
線量限度：規制された線源からのいかなる個人への総線量も、ICRPが勧告する適切な限度を超えるべきでない。

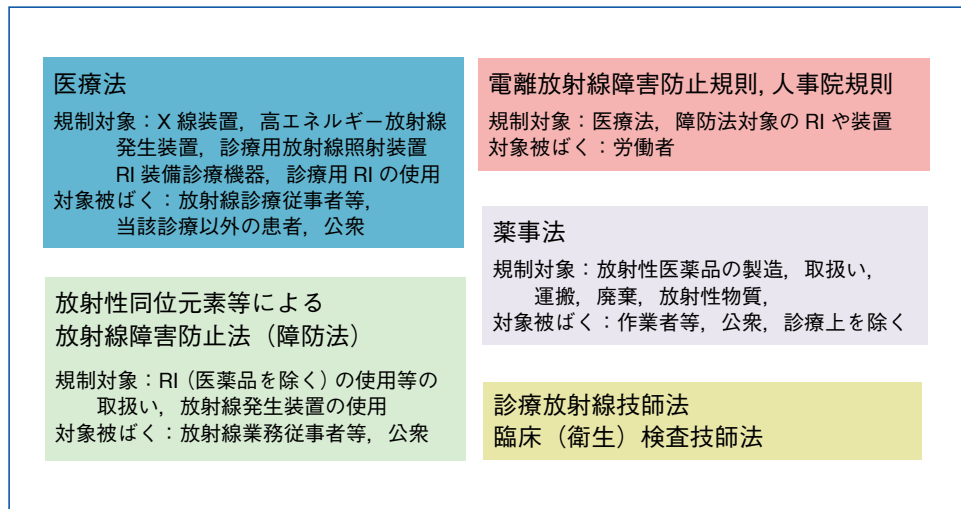


図1 医療に関連する法令

### 医療被ばくの防護についての取り組み

医療における放射線防護に関する重要な基準は法令で規定されている。関連する日本の法令には、図1に示すように、医療法、放射性同位元素等による放射線障害防止法、電離放射線障害防止規則、薬事法、診療放射線技師法、臨床検査技師法、衛生検査技師法などがある。医療法については、医療を受ける者の利益の保護を目的のひとつとしているので、患者の被ばくの安全性が対象になっている。他の法令の対象は、放射線を取り扱う従事者や公衆の被ばくであり、医療法を含めて患者の線量を制限する基準は含まれていない。上述の診断参考レベルについても、法令で定めるのではなく、学会や協会などで検討が進められて、ガイドラインとして今後整備されるものと考えられる。

このように患者の医療被ばくの防護は、法令などで一律に規制することが困難なので、医療の現場での防護の実践に委ねられているのが現状である。そのため、医療関係者において防護の意識を高めることが重要であり、その目的で国際的にも医療被ばくに関連した活動が活発化している。ICRPでも、医療被ばくに関する多くの刊行物を発行している。少し古い『放射線とあなたの患者：医師のためのガイド』（Radiation and your patient: A guide for medical practitioners, ICRP 2002.）は、現場で非常に参考になる冊子である。放射線の影響に関

する国連科学委員会（UNSCEAR）でも、医療被ばくの実態についてまとめている。

また、世界保健機関（WHO）は、医療被ばくの放射線安全に関するグローバルイニシアチブを開始した（図2）。プロジェクトの内容としては、リスク評価、不必要な医療被ばくの低減、規制の側面、臨床マニュアル、職業的保健、人的資源、意図しない被ばくの防止、リスクコミュニケーションなどが取り上げられている。国際原子力機関（IAEA）でも、国際基本安全基準（BSS）の検討において、医療被ばくの基準を重要な課題として位置づけている。また、患者の個人の被ばく線量の記録を目的とした、Smart Card プロジェクトを進めている。

米国においては、レントゲン協会が、医療被ばくの最適化を目指す“Image Gently キャンペーン”を進めている。わが国でも、さまざまな学会や組織で、医療被ばくの防護に関する活動に取り組ん

でいる。

実際に医療の現場においても、放射線防護の実践に力が注がれているところであるが、放射線防護体系の原則について正当性を判断し、最適化を進めるためには、必ずしも十分な情報がそろっているわけではない。しかし近年、低線量放射線の影響の解明が進み、放射線リスクについても新たな科学的知見が得られつつある。その結果から判断すると、高線量でのリスクを侮ってはいけないが、低線量でのリスクを怖がり過ぎてはいけないという結論が得られる。医療被ばくのリスクとベネフィットについての最新の科学的知見に基づいた情報をもとに、適切な防護の措置が実践されていることを知ってもらうことが、医療への信頼や安心につながるものと考えられる。

### 線量のレベルとその単位

医療の現場で患者や家族の方の不安



図2 医療被ばくに関する WHO の取り組み

# 1. 医療被ばくをめぐる動向と線量の単位

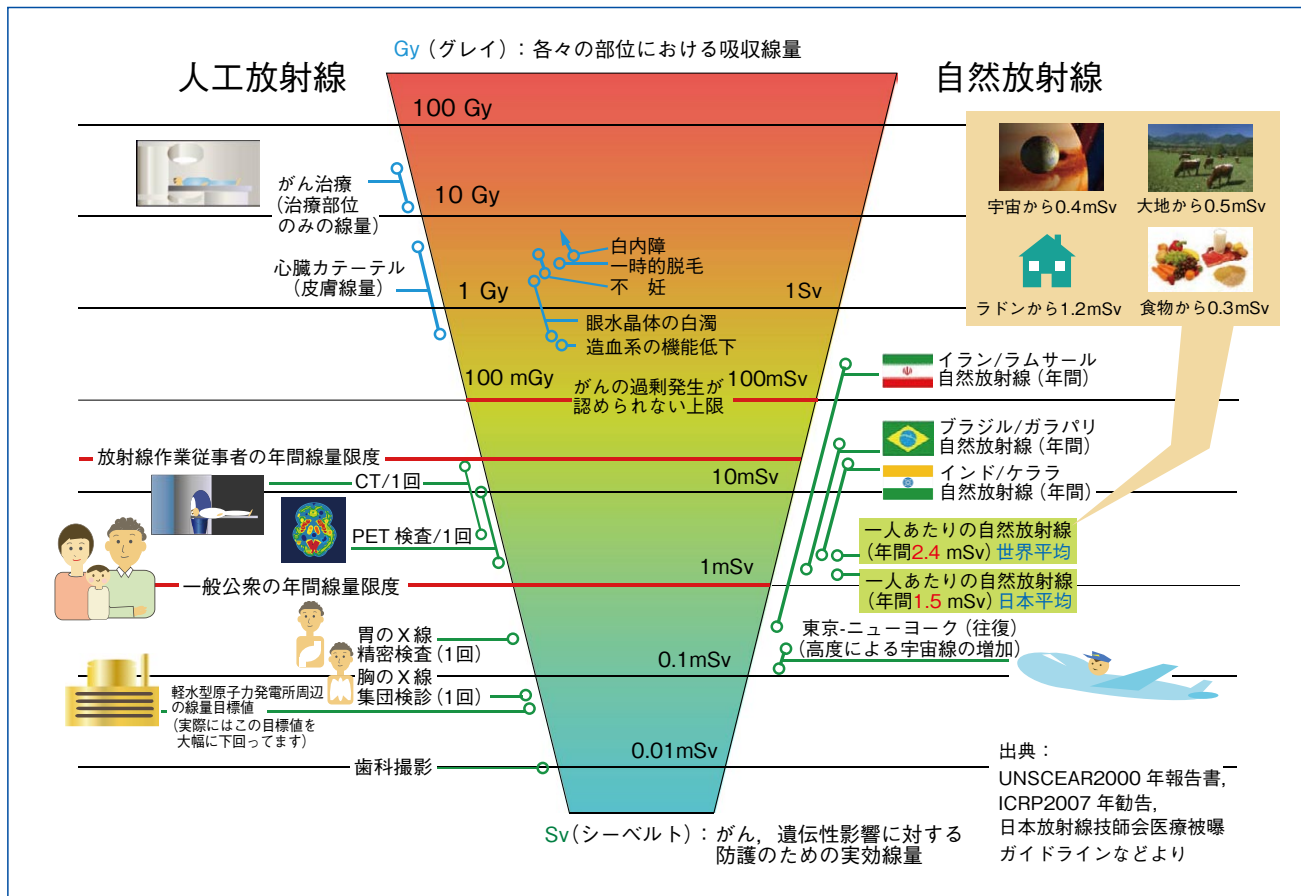


図3 生活環境におけるさまざまな放射線の線源による線量レベル

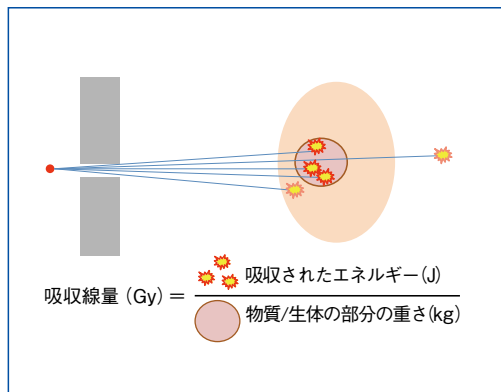


図4 吸収線量の定義 [グレイ (Gy) とは]

放射線の種類によるがん、遺伝性影響の発生に関する重み付け

等価線量 (Sv) =  $W_R \times \text{吸収線量 (Gy)}$

放射線加重係数 (ICRP2007年勧告)

放射線の種類	$W_R$
ガンマ線, エックス線, ベータ線	1
陽子線	2
アルファ線, 重イオン	20
中性子線	2.5~20

図5 等価線量の定義 [シーベルト (Sv) とは]

を和らげるためには、医療で用いられる線量のレベルがどの程度であるのか理解する必要がある。そのために、図3に示すような、われわれが生活環境で受けているさまざまな放射線のレベルと比較して、どの程度であるかを知ってもらうことがひとつの方法である。

線量レベルを数値で示すことが重要となるが、放射線防護において線量の単位はさまざまなものが用いられていて、

混乱する場合がある。本公開講座でも、“吸収線量 Gy”と“実効線量 Sv”の両方を使っているが、どのように違うのかを以下に説明する。

まず、ある物質や生体が受けたエネルギーを表す最も基本的な線量が、“吸収線量” (単位はグレイ: Gy) で、その定義は図4のとおりである。身体に受けた線量の場合は、身体のある部分 (臓器や組織) で受けたエネルギー (単位はジュー

ル: J) をその身体の部分の重量 (単位 kg) で除した値で示される。

次にシーベルト (Sv) であるが、これは主に3種類の線量の単位として使われる。まず1つめが、図5に示す等価線量である。等価線量は、吸収線量に放射線加重係数 ( $W_R$ ) を乗じたもので、同じ吸収線量を受けても放射線の種類によってがんや遺伝性影響の発生のリスク (確率) が異なるので、そのリスクに応じ

被ばくした組織におけるがん、遺伝性影響の発生リスクに応じた重み付けとそのリスクの総和

実効線量 (Sv)  
=すべての組織について総計 $\sum(W_T \times \text{等価線量})$   
組織加重係数 (ICRP2007年勧告)

組織	$W_T$	$\sum W_T$
骨髄 (赤色), 結腸, 肺, 胃, 乳房, 残りの組織	0.12	0.72
生殖腺	0.08	0.08
膀胱, 食道, 肝臓, 甲状腺	0.04	0.16
骨表面, 脳, 唾液腺, 皮膚	0.01	0.04
合計		1.00

図6 実効線量の定義 [シーベルト (Sv) とは]

表2 吸収線量と実効線量の特徴とその用途

吸収線量 (Gy)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ある部位 (臓器) または全身の受ける線量を表す基本的な線量</li> <li>身体の影響とは無関係であるので、物理的な線量としてあらゆる用途に用いることができる</li> <li>全身、部分被ばくでも同じ全身、部分の同じ条件での被ばくの場合に加算が可能であるが、条件が異なる場合は加算できない。</li> </ul>
実効線量 (Sv)	<ul style="list-style-type: none"> <li>線量限度の遵守、最適化など放射線防護の目的で用いる。</li> <li>いろいろな被ばくについて防護の観点から、影響の大きさを比較するのに適している。</li> <li>全身被ばくや部分被ばく、内部被ばくや外部被ばくが混在しても加算することができる。</li> <li>原則としてはがんと遺伝性影響に関する防護のためだけに用いる。治療の線量評価や疫学でのリスク評価のために用いるのは適切ではない。</li> </ul>

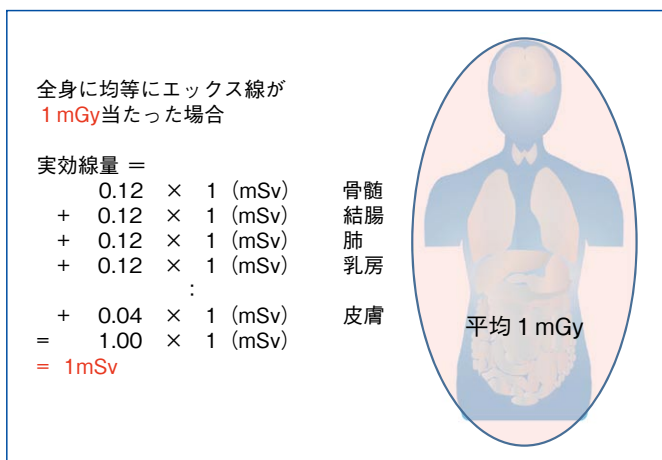


図7 実効線量の計算例 (全身照射の場合)

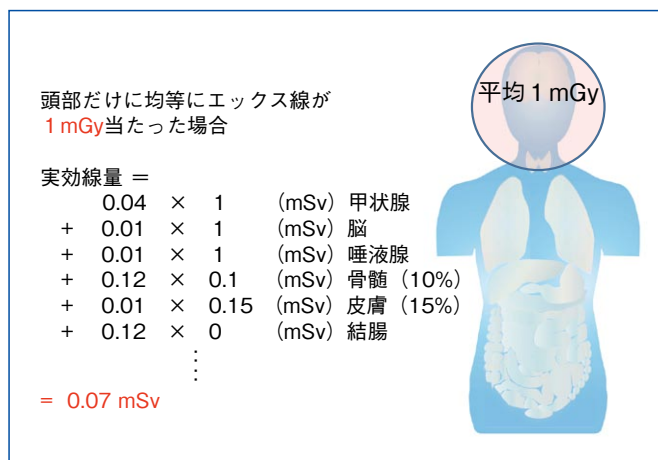


図8 実効線量の計算例 (部分照射の場合)

た重み付けをした線量である。

放射線防護において最もよく使われるのは、図6に示す実効線量である。全身のそれぞれの臓器・組織で受けた等価線量に、それぞれの臓器・組織のがんや遺伝性影響のリスクに応じて決められた組織加重係数を乗じて、それらを総計したものである。

図7のように、全身に吸収線量 1 mGy (1 mGy は 1 Gy の 1/1000) の X 線を受けた場合、すべての部分で 1 mSv (等価線量) が均一に当たることになる。組織加重係数は、すべての部位の係数を加算すると 1.0 になるように設定されているので、実効線量は 1 mSv となる。つまり、全身に均一に 1 mGy の吸収線量が当たる場合は、実効線量は同じ 1 mSv となる。しかし、図8のように、頭部だけに 1 mGy の吸収線量が当たる場合は、

実効線量はおよそ 0.07 mSv になる。

吸収線量は、それぞれの部分に与えられたエネルギーの大きさを表しているのに対して、実効線量は全身に換算したリスクに応じた量を表している。部分的な被ばくと全身の被ばくを受けた場合、吸収線量を合計しても意味はないが、実効線量では、それぞれ全身のリスクに応じた量なので、合計することができる。よって、ある期間に受けた線量の総量で線量限度を超えていないかどうかを比較することが可能であるので、線量限度の設定には実効線量が用いられる。ただし、眼の水晶体や皮膚などの組織についての線量限度については、等価線量を用いる。吸収線量と実効線量の特徴とその用途をまとめると、表2のようになる。

シーベルト (Sv) の単位としてもうひとつの線量は、実用量と呼ばれる測定

ための線量で、例えば実効線量の評価のために用いる 1 センチ線量当量と呼ばれる線量もある。個人線量計の測定値やサーベイメータの読み値が Sv になっているのは、この単位である。

●参考文献

- 1) 放射線医学総合研究所 監訳：放射線の線源と影響、原子放射線の影響に関する国連科学委員会の総会に対する 2000 年報告書。東京、実業公報社、2002。
- 2) IAEA: Safety Series No. 115, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, IAEA, Vienna, 1996。
- 3) 日本放射線技師会：放射線量適正化のための医療被曝ガイドライン。東京、文光堂、2009。
- 4) 日本アイソトープ協会翻訳発行：ICRP Publication 60, 国際放射線防護委員会の 1990 年勧告。東京、丸善、1991。
- 5) 日本アイソトープ協会翻訳発行：ICRP Publication 103, 国際放射線防護委員会の 2007 年勧告。東京、丸善、2009。
- 6) ICRP, Supporting Guidance 2, Radiation and your patient: A Guide for Medical Practitioners, 2002。