

放射線防護基準の変遷

(社) 日本アイソトープ協会 佐々木康人

(独) 放射線医学総合研究所 安田 仲宏

1895年11月にレントゲンがX線を発見し、人類は電離放射線の存在を知りました。ベクレルの放射能発見(1896年)、キュリー夫妻のラジウム発見(1898年)が続き、X線とラジウムが患者の診断や治療に使われるようになりました。一方、放射線が皮膚の炎症を起こすことが1896年に報告され、放射線による障害作用が認知されました。放射線は両刃の剣だったのです。

このように、放射線の利用は、医療の進歩や産業の発展などに役立つ反面、人体に放射線障害を引き起こす危険(リスク)をあわせ持ちます。放射線の利用から得られる利益(ベネフィット)を考えると、放射線障害の発生を可能な限り少なくおさえつつ、利用を進めていく必要があります。このような観点から放射線防護の基本的な考え方を世界中の専門家で議論しているのが国際放射線防護委員会(ICRP)です。この委員会は、原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)などが取りまとめる放射線の人体に対する影響に関する研究成果やその時代に応じた社会的要因を考慮に入れ、放射線被ばくによる線量限度を明示する勧告をはじめとし、放射線防護に関する多くの勧告をまとめてきています。

放射線防護の目的は、

- ① 利益をもたらすことが明らかな行為が放射線被ばくを伴う場合には、その利益を不当に制限することなく人の安全を確保すること
- ② 個人が一定以上の高い線量を被ばくするとその個人に発症する身体症状(確定的影響)の発生を防止すること
- ③ 被ばく後5-10年以上経て被ばく集団に頻度が増加する可能性がある発がんのリスク(確率的影響)の発生を制限するために、あらゆる合理的な手段を確実に取ること

です。

これらの目的を達成するために、ICRPは放射線防護体系に、正当化、最適化、線量限度という「3原則」を導入することを1977年に勧告しています。

- ① 行為の正当化(放射線被ばくを伴ういかなる行為もその導入が被ばくによる損失を上回る便益を生むのでなければ採用してはならない)
- ② 放射線防護の最適化(正当化された行為であってもその被ばくは経済的および社会的要因を考慮に入れながら、合理的に達成できる限り低く保たなければならない)
- ③ 個人線量の限度(いろいろな線源から個人が受ける被ばくのカテゴリー毎の実効線量について、超えてはならない線量限度を設ける。ただし、患者の医療被ばくを除く)

放射線被ばくは

- ① 放射線を扱う仕事での被ばく(職業被ばく)

- ② 患者として診断や治療のための被ばく（医療被ばく）
- ③ それ以外の被ばく（公衆被ばく）

に分類されます。

わが国では、ICRP1962年勧告を受けて、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」などが作られ、その後の勧告も取り入れられてきました。他の国々もこの勧告を尊重し、自国の状況に合わせた法体系を構築しています。1990年には、放射線を取り扱う職業人に対する被ばく線量限度として、5年間の平均が1年あたり実効線量で20ミリシーベルト（mSv）（いかなる年も50mSvを超えるべきではないという条件付き）がICRPによって勧告されました。また、一般公衆に対する被ばくは、職業被ばくのおよそ1/10程度に抑えるという方針に従って、線量限度は1年あたり1mSvとしています。現在、国内では、このICRP1990年勧告、およびIAEAの基準に基づいた放射線防護管理が行われています（図1）。

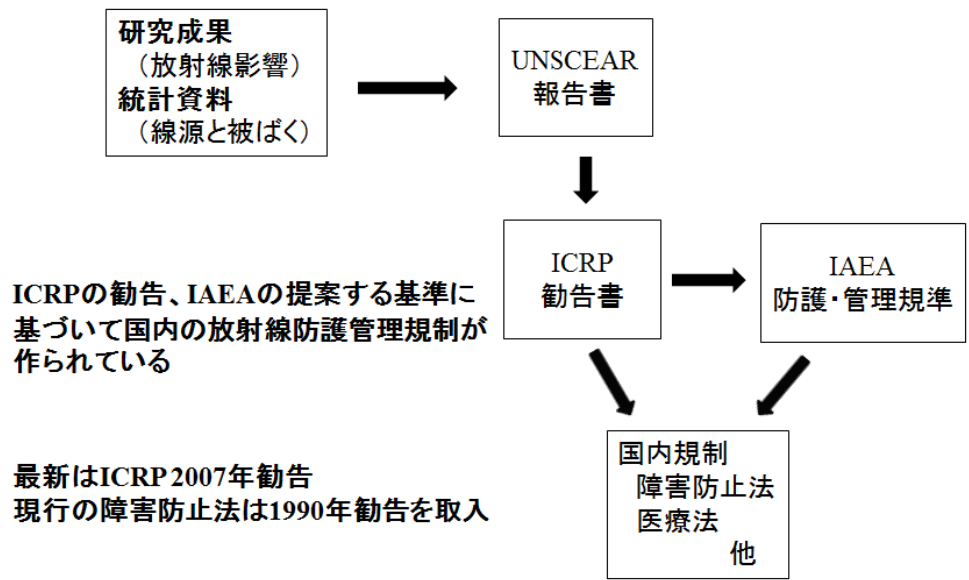


図1 放射線防護規制作成の国際的枠組み

さらに、ICRP2007年勧告は、放射線事故などを想定して、実際の運用のために、平常時（計画被ばく状況）、非常時（緊急時被ばく状況）、非常時からの復興時期など（現存被ばく状況）という3つの状況に分けて防護体系を構築しています。平常時には、個人が全ての線源から受ける被ばくに対して線量限度を適用すること、その上で、拘束値を設定して、さらなる被ばく線量低減を図る（防護の最適化）こと、非常時と復興期には参考レベルを用いて防護対策を策定して作業者と公衆の被ばく軽減を図ること、としています。

1990年勧告以後、10年間に、様々な課題と目的に対応するために、30にのぼる制限値が勧告され防護体系は非常に複雑になりました。これを単純化するために、平常時（計画被ばく状況）、非常時（緊急時被ばく状況）、非常時からの復興時期など（現存被ばく状況）に対応して、最適化の目安となる制限値を3つの枠（バンド）の中から状況に応じて選定することにしました。境界の3つの数値には、公衆の被ばく線量限度値の1mSv（年間または急性被ばくの実効線量）、職業被ばく限度の

年平均値 20 mSv と 100 mSv が採用されています。100 mSv は、それを超えると組織反応を示す障害がでる可能性があり、また、発がんのリスクが認められるので、非常事態でも認め得る最大線量としています。ただし、復旧、救命などの作業に従事する作業者が、リスクと防護対策について説明を受けて作業に従事する場合は例外と見なされます。東京電力（株）福島第一原子力発電所事故以降は、非常時の線量限度 100 mSv を法令により 250 mSv に引き上げて適応されていましたが、12月16日に100mSvに戻されました。なお、経過措置として、東京電力の一部放射線業務従事者については、2012年4月30日まで250mSvが適応されます。

以下に、ICRPの歴史と放射線防護活動の発展とともに進化してきた具体的な放射線防護基準の変遷を、「職業被ばくの防護・管理基準」を中心に説明し、「公衆被ばくの防護・管理基準」、「医療被ばくの防護・管理基準」についても振り返ってみたいと思います。

1. 国際放射線医学会に設立された防護委員会

世界各国の放射線医学会の連合として、国際放射線医学会（International Society of Radiology: ISR）が設立され、第1回学術大会が1925年にロンドンで開催されました。この時に「国際X線単位委員会」がISRの中に設立されました。そして、1928年の第2回大会（ストックホルム）では、「国際X線とラジウム防護委員会」が発足しました。これらが1950年に、それぞれ国際放射線単位・測定委員会（International Commission on Radiation Units and Measurements: ICRU）と国際放射線防護委員会（International Commission on Radiological Protection: ICRP）と改称し、今日に至っています。ICRPは創設以来、常に助言的役割を果たし、放射線防護の原則と管理基準について勧告をしています。

現在は、主委員会と5専門委員会からなり、各専門委員会の委員長は主委員会委員が務めています。委員は専門分野業績等により個人として選任されます。現在、わが国から8名（主委員会1名、第1から第5専門委員会にそれぞれ1名から2名）の委員がICRPに参加しています。

2. ICRPの組織（体制）

ICRPは非政府団体で、英国の公益法人（チャリティ）として登録され、33か国から放射線防護科学および政策関連の専門家約240人が活動しています。事務局はカナダのオタワにあり、事務局長（Scientific Secretary）と事務局員が勤務しています。ICRPの主委員会は12人までのメンバーと事務局から構成されています。主委員会は、ICRPの活動方針と計画を決定し、すべての出版物の承認をする管理機関です。主委員会は公益法人の評議員会も兼ねています。事務局の事務局長は、ICRP年報や出版物の編集や国際フォーラムの運営などを行います。主委員会の下には、上記の5つの専門委員会が設置されています。さらに専門委員会ごとに設置されるタスクグループは、特定の課題について報告書原案を作成・検討します。この原案を専門委員会が審議し、主委員会の承認を得て刊行物にされます。

第1 専門委員会（放射線の影響）では放射線の生物、健康影響の知見と、放射線防護体系への取り入れ可能性を検討して、放射線リスクにおける科学的知見を評価します。第2 専門委員会（線量）は、放射線防護に用いる量について、人体の解剖学的、生理学的モデルを開発して解析します。第3 専門委員会（医療）は、医療における放射線被ばくに対する、患者、スタッフおよび一般公衆の防護に関する勧告および助言を作成します。第4 専門委員会（勧告の適用）は、すべての被ばく状況における人々の放射線防護に関する原理および勧告を作成します。第5 専門委員会（環境）は、環境（ヒト以外の生物種）の放射線被ばくと影響評価のために、線量係数を含む参照動物・植物モデルとデータを開発します。

3. 職業被ばくの防護・管理基準

放射線による被ばくの防護管理は職業としてX線・ラジウムを扱う人を対象に始まりました。核エネルギーが兵器として利用され、核実験による放射性降下物への懸念が高まる1950年代初めになって一般公衆の防護基準が勧告されました（図2）。ここでは、まず、職業被ばくの防護・管理基準を述べます。

過 去	→	現 在
医療従事者の防護	全職業被ばく	全ての被ばく
人の防護	環境は防護されると想定	環境(人以外の生物種)の防護
確定的影響の回避	確率的影響の認知	確定的影響の回避 確率的影響の極小化
实际的助言	線量限度	最適化と拘束値・参考レベル

図2 放射線防護基準の移り変わり

【防護の3原則】

1896年にフックスは、X線医療従事者の手を防護するための助言を記述しました。1) 被ばく期間をできるだけ短くすること、2) X線管から少なくとも12インチ（約30cm）離れること、3) 被ばくする皮膚にワセリンを塗布すること、というものです。この「時間」「距離」「遮蔽」という防護の3原則は、放射線業務従事者が今日でも日常的に実践しています。

【勧告の変遷】

ICRP1928年勧告（X線とラジウムに関する勧告）

表在組織の損傷、内部臓器の不調、血液の変化というX線とラジウムの影響から放射線医療に従事する人を守るために、長い休暇を取ることや、就業時間の短縮を勧告しました。また、X線

ビームに直接身体を曝さないこと、X線管から可能な限り距離をおくことを助言しています。数値としての線量限度は提案していませんが、現在の線量で示すとすれば、おおよそ 1000 mSv/年程度であると推定されています。

ICRP1934 年勧告（許容線量を初めて発表）

身体を守るべきX線障害は 1928 年勧告と同じですが、初めて許容限度として 1 日当たり 0.2 レントゲン（r）を勧告しました。r は、照射した放射線の総量を示す古い単位です。現在の実効線量としては、おおよそ 500 mSv/年に相当します。現在の線量限度年平均値の約 25 倍、いかなる年も 50 mSv を超えるべきでないという特別な条件の 10 倍に相当します。

ICRP1950 年勧告（許容線量を改定）

第 2 次世界大戦後、ISR 大会中に開催された ICRP 会合で、X線とガンマ線の全身被ばくにおける最大許容線量として、1 週間 0.5 r を勧告しました。表面線量としては 0.3 r に相当します。今日の実効線量に換算すると年間おおよそ 150 mSv に相当します。防護の目的は相変わらず、職業被ばくにおける確定的影響の回避でした。このころまでは、「どれだけ照射されたか」という物理的線量のみが考慮されていました。一方で、照射量といくつかの生物学的な指標である、悪性腫瘍の増加、肥満、寿命短縮、遺伝的（継世代）影響との関係についても論評を続けるべきであるとしました。

ICRP1954 年勧告（被ばく低減の原則を「可能な最低限のレベルに」）

生物学的効果比（Relative Biological Effectiveness: RBE）で加重したレム（rem）という単位を導入しました。これは、放射線の種類により生物学的影響の強さが異なるという科学的知見に基づくものです。1 rem は、10 mSv に相当します。さらに、1 週間当たり 0.3 rem の最大許容線量に基づいて、職業被ばくの空气中及び水中最大許容濃度を約 90 種の放射性核種について報告しました。

また、放射線リスクとそれを他のリスクと比較する概念について記述しました。同時に全身被ばくの場合に、性腺と骨髄が最も危険にさらされるといった意味で、“critical organ（決定臓器）”という概念を導入しました。

提案された最大許容線量は、生活上の他の障害と比べて小さいリスクしか含まないとはいえ、その値の根拠となる証拠（エビデンス）は不完全であると述べています。さらに、どのような放射線であっても、可能な限り被ばくを低減することを強く勧めています。また、自然放射線レベルを超える放射線が完全に“安全”とはみなせないので、無視してもよいリスクの実際レベルを選択することが課題だと述べています。大気圏内核実験による放射性降下物（フォールアウト）への懸念から一般公衆の防護への関心が高まり、職業被ばくのおおよそ 1/10 程度が適切とされました。

1956/1957 年改訂（被ばく低減の原則を「実行できるだけ低く」へ改定）

1956 年開催の ICRP 会議（ジュネーブで開催）で 1954 年勧告の抜本的改訂が必要と結論し、改

訂作業にかかるまでに主要改定点を発表しました。その中で、職業として放射線や放射性同位元素に曝される人々が、放射線安全管理者の監督下にある場所として「管理区域」を定義しました。管理区域の外で働く人々の被ばくの最大許容線量は、職業被ばくの10%とすること、即ち一般公衆と同等とすることを記載しました。

また、それまでに、動物実験の結果から、胚や胎児の放射線感受性が高いことが知られていたため、高度の透過性放射線に曝されるかもしれない状況では、妊婦は職業被ばくを受けてはならないとしました。

1958年勧告（刊行物1：集積線量当量限度の採用）

この勧告が刊行物1と見做されているものです。週当たり0.3 remという職業被ばくの限度に代えて、集積線量当量限度 $D=5 (N-18)$ (N は年齢)が採用されました。これは、18歳以上の放射線業務従事者に対し、年間5 rem (50mSv) を限度とすることを意味します。

1959年刊行の刊行物2は、体内線源に関する主要な資料ですが、最大許容身体負荷の表と最大許容濃度線量 (maximum permissible concentration: MPC) を記載しました。次いで1960年の刊行物3でX線と密封線源からの β 線、 γ 線に対する防護について記載しました。これらの改訂を加え、更にSr-90とウラン系元素のMPCを加えて刊行物6 (1964年) が刊行されました。

1966年勧告（刊行物9：被ばく低減の原則を「達成できるだけ低く」へ改定）

この勧告の準備段階で確率的影響のリスクの大きさが議論となり、刊行物8で1ラド (rad) (10ミリグレイ (mGy)) を受けた場合の白血病のリスクは被ばく者百万人あたり20症例と推定しました。刊行物9でいかなる被ばくも何らかのリスクを伴うので、不要な線量はできるだけ避け、全線量を達成可能な限り低く抑えることを提言しました。また、防護の目的で線量と反応の関係が直線以外を想定する実際上の理由がないこと、線量は蓄積的に影響することを述べています。さらに、確率的影響が線量の大きさと関連するのは発生頻度であり、症状の重篤さではないと記述しました。年齢を入れて許容線量限度を計算する式 $D=5 (N-18)$ は廃止されました。この勧告で生殖線と造血臓器に対するMPCが年線量5 rem (50 mSv) と表示されました。

1977年勧告（刊行物26：確率的影響の線量当量限度の値を発表）

この勧告で確率的影響のリスクを初めて定量化し、線量限度の体制を勧告しました。また、人以外の生物種の防護について初めて記載し、人が適切に防護されていれば、他の生物種も防護されるという立場を明らかにしました。核エネルギー開発と原子力発電の普及を予測して、長半減期核種の環境への漏洩とその健康影響評価に備えて「集団線量」に重きをおきました。同時に費用対効果分析を推進するためにも集団線量を用いることが意図されました。「何人の生命を救うために、どれだけの費用を要したか」という質問に答えるために費用対効果分析が必要であったのです。放射線被ばくを増す人の活動に対し、集団線量を制限することにより、将来の人口1人当たりの実効線量を制約できるという考えです。

1990年勧告（刊行物60：線量当量限度の値を修正）

個別化医療などに示されるように、個人の権利や利益が尊重される社会の動向を反映して、1990

年勧告は、個人の放射線防護へ重心を移しました。その結果、費用対効果分析と集団線量との関連が弱まったと言えます。1980年代に原爆線量体系が改訂され（DS86）、原爆被爆者調査の進行に伴いリスク評価が見直されるにつれ、線量限度を下げる圧力が高まりました。

ICRPは1990年新勧告（刊行物60）を1991年に公表しました。防護の3原則「正当化」「最適化」「線量限度」に変わりはないもののいくつかの事項が追加されました。最大のものは最適化過程に「線量拘束」“dose constraints”が加わったことです。個人の線量限度は、人が受ける全ての線源からの被ばくが平常時には容認できないリスクを超えないように定めるものです。一方、最適化は制御された特定の線源からの被ばくを「社会的、経済的要因も考慮して、合理的に達成可能な限り低く（as low as reasonably achievable：ALARA）抑える」ことです。そのため特定の線源から受ける個人の最大線量の制限値として「拘束値」を導入しました。

1990年勧告は「行為」（Practice）と「介入」（Intervention）という行動に基づく防護体系を構築しました。「行為」は被ばくを引き起こす活動、「介入」は被ばくを減らす行動と定義されています。

2007年勧告（刊行物103：被ばく状況による体系を導入、組織加重係数の改訂など）

「低線量放射線被ばくの制御 変更の時？」と題するロジャー・クラーク ICRP 委員長（当時）の論文を契機として1998年に始まった1990年 ICRP 勧告の改訂作業は2007年3月に完結し、12月に刊行物103として公開されました。

「変化より継続」と言われる2007年勧告にもいくつかの重要な変化がみられます。

- 1) 計画被ばく状況、緊急時被ばく状況、現存被ばく状況という3つの被ばく状況を分類し、それぞれの防護体系を構築しました。
- 2) 正当化と個人の線量限度は残したものの、防護の最適化を一層重視しています。
- 3) 個人の線量限度は計画被ばく状況にのみ適用することを明記しました。
- 4) 最適化の目安として計画被ばく状況では拘束値を、緊急時被ばく状況と現存被ばく状況では参考レベルを用いることを勧告しました。
- 5) 拘束値と参考レベルを状況に応じて選定する3つの枠（バンド）を示しました。枠の境界線量を年間又は急性線量として1、20、100 mSv としました。
- 6) 実効線量と集団線量の誤用例の反省から、その使用を制限し、使用法を解説しました。
- 7) 患者の医療被ばくの防護を別扱いとして独立の1章に記載しました。
- 8) 人以外の生物種の防護体系を独立に考えるとの方針の変更（2003年）に基づいて「環境の防護」の1章を設けました。
- 9) 確率的影響についての名目リスク係数は、1990年勧告と比較して、がんについては微減、遺伝的影響については大幅に減少しました。人では遺伝的（継世代）影響は報告されていません。

わが国では、この新しい勧告を法律などに取り入れるための議論を進めているところです。

4. 公衆被ばくの防護・管理基準

1954年勧告の中で大勢の人々の長期間にわたる被ばくの場合、職業被ばくで容認される被ばくレベルの10分の1に減らすべきであると述べています。1956/1957年改訂に当たって、一般人全てについて、自然放射線を超える線量は住んでいる地域の自然放射線レベルと同等に抑えることが慎重な態度であるとししました。1958年勧告（刊行物1）では公衆の線量限度年間0.5 rem（5 mSv）が設定されました。同時に遺伝線量限度として1世代当たり5 rem（50 mSv）が示唆されました。1977年勧告で公衆被ばくに対する年間0.5 rem（5 mSv）という限度が勧告され、「線量限度」という言葉が採用されました。

1990年勧告では公衆の年間線量限度を1 mSv とし、特別な状況では5年間の平均が年間1 mSv を超えなければ、年間1 mSv を超える年があってもよいとししました。

根拠としたのは、自然放射線レベルの年間1 mSv（ラドンからの被ばくを除く）と同等の被ばくは容認できる。第2に、職業被ばくのおよそ1/10のリスク、すなわち1万人に1人の過剰死亡を社会は容認できるであろうということです。また、公衆被ばくとして制限の対象となるのは「行為」の結果として生ずる被ばくであって「介入」によって生ずる公衆の被ばくは対象としないとしています。この点は2007年勧告では、状況による防護体系となり、限度は計画被ばく状況でのみ適用し、緊急時被ばく状況、現存被ばく状況では参考レベルを用いるという考え方につながっています。

1990年勧告では各線源からの被ばくを制限するために線量拘束値という概念を導入しました。2007年勧告では計画被ばく状況でのみ拘束値を用います。

5. 医療被ばくの防護・管理基準

診断や治療の目的で患者に放射線を照射したり、放射性同位元素を投与したりすることにより、意図的に放射線被ばくを生じさせる医療における放射線利用は特異であり、その防護体系は他の防護体系と区別されます。被ばくする患者自身が健康上の便益を受け、便益は放射線による害を上回る（does more good than harm）という前提で線量限度は医療被ばくに適用されません。一方、医療従事者の職場での被ばくとその防護・管理は他の分野の職業被ばくと基本的に同等と考えられています。1965年報告（刊行物9）、1977年勧告（刊行物26）、1990年勧告（刊行物60）で医療被ばく（medical exposure）の特徴と、患者以外で、医療被ばくに含まれる被ばくが論じられました。

2007年勧告は「患者の医療被ばく」を別扱いとして、独立の1章をもうけました。この章は、患者と、あたかも患者と同じ様に扱う看護師、介護者及び生物医学研究の志願者の防護を勧告しています。患者の医療被ばくでは正当化が通常と異なり3段階あります。第1段階は医療に放射線を用いることの正当化、第2段階は個々の放射線診療行為の正当化、第3段階は特定の患者に特定の放射線診断検査や治療を実施することの正当化です。第1段階は当然のこととして正当化されています。第2段階は専門家グループで、第3段階は主治医と放射線科医が判断することになります。

防護の最適化過程では、医療目的を達成出来る範囲内でできるだけ被ばく線量を低減します。放射線診断では診断参考値を定めて最適化の目安とします。IAEAが策定する「電離放射線に対する防

護と放射線源の安全のための国際基本安全基準（Basic Safety Standard: BSS）」では、この参考値をガイダンスレベルとして公表しました。放射線治療では必要な線量を治療体積に集中的に照射すると共に健常組織への線量を極力避けることが最適化の目的です。

ここまで述べてきたように、放射線の医学利用や産業利用が進むにつれ、それを適正に管理する元となる勧告も、変遷しています。例えば、職業被ばく線量限度は、1934年から1950年の間に約1/3に減り、1958年にはさらに1/3の年50 mSv相当に減りました。2007年には年平均20 mSvとなっています。また、単位を一つとっても、新しい単位と古い単位、新しい考え方に基づく単位などが混在しています。これらのことが種々の対策において、誤解を生む一因ともなっています。

混乱を回避した1例として、1990年勧告で重視された集団実効線量は、2007年勧告ではその使用法を制限しています。

集団実効線量は、ある線源に被ばくしたグループの平均線量にそのグループの人数を乗ずることによって得られます。集団実効線量の単位は人・シーベルト（man・Sv）です。集団実効線量は、放射線の利用技術と防護手段を比較するための最適化の手段ですが、疫学研究の手段として集団実効線量を用いることは意図されておらず、リスクの予測にこの線量を用いるのは不適切であるとしています。

この記載がなされたのは、1977年勧告、1990年勧告で導入されて集団線量が誤用されてきたことの認識に基づいています。特に、チェルノブイリフォーラムにおいて集団線量に基づき将来のがん死亡数が4000名と予測され、さらに期間や地域を広げることで、8000名、16000名と予測が増加して報道されたことの反省に基づくものです。

1990年以降、複雑化した体系を2007年には単純化する努力がなされました。新旧の体系が共存するため、實際上、誤解を招くことがありえることから、特に東電福島第一原発事故を契機に我が国から情報を発信し、特にリスクコミュニケーションの観点（一般の方にはいかに分かりやすく伝えるかという観点）から、わが国は、より分かりやすい勧告構築をリードしていくべきと思います。

参考：放射線防護に用いる線量の単位

1. 放射エネルギー

- ・ベクレル(Bq)：1秒間に壊変する放射エネルギー。
- ・測定器で計測するのは1分間当たりのカウント(cpm)。cpm=Bq×計数効率×60(秒)

2. 被ばく線量

1) 吸収線量(グレイ: Gy)

物質(人体組織)が放射線を受けて吸収するエネルギー。

1グレイは1キログラム当たり1ジュールの熱量吸収。

2) 放射線防護のために用いる線量(シーベルト: Sv)

確率的影響(がんリスクの増加)に注目して、放射線の種類による健康影響の違いと臓器の放射線感受性(がんになり易さ)を加味した線量(等価線量と実効線量)。

標準人ファントムとモデルを用いて計算される線量で、実測できない。

3. 実効線量(マイクロシーベルト毎時: $\mu\text{Sv/h}$)

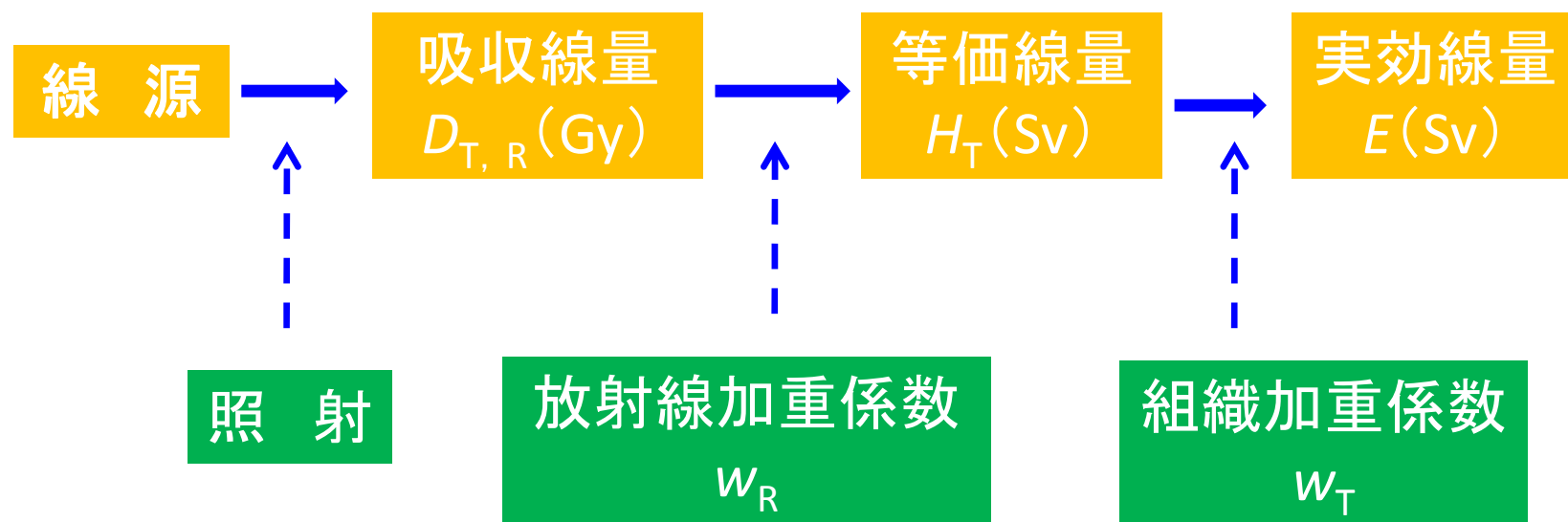
ICRUが勧告。放射線測定器(サーベイメータ)が計測する1分間当たりのカウント(cpm)を1時間当たりのマイクロシーベルトに換算して表示。ICRUファントムを用いて校正。

4. 預託実効線量(シーベルト: Sv)

体内に摂取した放射能(ベクレル)に放射性核種の種類毎モデルを使って求められた換算係数を乗じて得られる内部被ばく線量。

被ばく時から50年間(子どもは70歳まで)に被ばくする線量を算出し、そのすべてを被ばく時に受けたとみなす。

吸收線量・等価線量・実効線量



$$E = \sum_T w_T H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}$$

放射線加重係数 (w_R) の勧告値

放射線の種類とエネルギー幅	刊行物60	刊行物103
光子、全エネルギー	1	1
電子とミュオン、全エネルギー	1	1
陽子	5	2
α 線	20	20
中性子	階段状関数	連続関数

組織加重係数 (w_T) の勧告値

組 織	w_T	Σw_T
赤色骨髄、大腸、肺、胃、 乳房(0.05)* ₁ 、残りの組織* ₂ (0.05)* ₁	0.12	0.72
生殖線(0.2)* ₁	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

*1 ()内の数字は1990年勧告値

*2 残りの組織：副腎、胸郭外部位、胆のう、心臓、腎臓、リンパ節、筋肉、
口腔粘膜、膵臓、前立腺(男性)、小腸、脾臓、胸腺、子宮／子宮頸部(女性)