

報 告

国際放射線防護委員会勧告改訂に関する国際動向

International Discussions on the next ICRP Recommendations

宮崎振一郎

Shinichiro Miyazaki

要約：国際放射線防護委員会International Commission on Radiological Protection (ICRP) による次期勧告に向けた動きが具体的になってきた。「現在の放射線防護体系は健全である」とするのがICRPの基本的姿勢であるが、今後の人の健康、社会の健全性を最大限に維持、発展させるために、最新の科学的情報を取り入れて、よりよい放射線防護体系に改善する議論は重要となる。その議論の根幹となる、放射線発がんメカニズム解明、モデル化によるリスク評価を行うには、これまでのように疫学データに依拠したやり方から、より放射線生物の知見を取り入れるやり方に発展させることが求められる。近年の組織幹細胞研究の大きな進展が、それを可能にするかもしれない。つまり、従来のDNA損傷理論に代わる放射線発がんメカニズムのモデルを進めることが大切であろう。一方、これまでの放射線防護体系の根幹を構築してきた広島・長崎の疫学調査は、被爆後75年以上経過して、その価値は変わらないものの、被爆者のデータに依拠しているため、新たなデータの集積が困難になりつつある。そのため、今後は新たなデータ集積の限界と向き合う時期に差し掛かっている。また、現行のICRP勧告 (ICRP, 2007) 公表以降、福島事故、組織反応に関わる線量限度の見直し、そして、組織幹細胞に関わるICRP文書の公表など、現行の放射線防護体系の内容に大きな影響を与える出来事が続いている。これらのことを勘案すると、今回のICRPの勧告改定の動きは、放射線防護体系の継続性に配慮しつつも、放射線防護体系の基本的考え方に関して、科学的及び社会的観点から見直し、ICRPが目指す2029年勧告完成に縛られることなく、しっかりとした議論を進め、今後の放射線防護体系にとっての大きな節目とする可能性を生かすべきであろう。

キーワード：放射線防護体系、ICRP、NCRP、勧告、LNTモデル、発がんメカニズムモデル、デトリメント

Abstract

ICRP has embarked on a review and revision of the system of radiological protection that will update the Publication 103 as general recommendations. Important publications from ICRP and scientific development regarding radiological protection have reported after 2007. ICRP has believed the system is robust and performed well. At the same time, it is important to adapt to address changes in science and society to remain fit for purpose. Many areas are recognized for potential review including classification of effects, with particular focus on tissue reactions including the definition of detriment. At the same time, to clarify the carcinogenesis mechanism model by radiation exposure will be inevitable based on the recent development of scientific researches. Because the carcinogenesis mechanism model is naturally the fundamental issue for defining the risk in the radiological protection system. In this regard, actions by ICRP and National Council on Radiation Protection and Measurements(NCRP) seem to have the common recognition. In addition, taking into the difficulty of understanding the carcinogenesis mechanism by radiation, the risk model by chemicals may be helpful.

1. 序

「委員会が勧告する実用的な放射線防護体系は、約100 mSvを下回る線量においては、ある一定の線量の増加はそれに正比例して放射線起因の発がん又は遺伝的影響の確率の増加を生じるであろうという仮定に引き続き根拠を置くこととする。この線量反応モデルは、一般に“直線しきい値なし”仮説Linear Non-Threshold Theory (LNT) として知られている。(ICRP, 2007)」ICRPのこの基本的考え方は今後も維持されるであろうか。2007年の勧告Pub103以降、勧告の補足的な報告書がPub150まで出され(2021年末現在)、それらと勧告との整理統一が必要となっている。そして、新しいICRP勧告で議論すべき課題、そして完成目標がICRPによって2029年と示されたことにより、関連する議論が加速される可能性がある。放射線防護体系の根幹に関して、ICRPとNCRPは、一応独立した活動を行っているが、双方の文書などから、放射線のリスクモデルの構築に関する認識で、共通の問題意識を持っていると考えられることは、その議論に好影響を与える可能性がある。

2. 放射線防護体系に係る動向

2. 1 ICRPの次期勧告に向けた動き

2. 1. 1 ICRP勧告Pub103発表以降

近年のICRPの全般的な勧告は、Publication26 (ICRP, 1977)、Publication60 (ICRP, 1991)、そしてPublication103 (ICRP, 2007) がある。Pub103発行以降に出されたICRPの文書の中で、勧告内容に大きな影響を与える可能性があるのは、水晶体の等価線量限度の改定に関わる「ソウル声明」(ICRP, 2015) とPub118 (ICRP, 2012) がある。また、Pub131 (ICRP, 2015) は、「直線閾値なしモデル、線量率効果、発がん標的細胞の位置、組織リスク係数や放射線に対する年齢依存性など、ICRPにとってこれからも重要な課題」について、組織幹細胞の動態に基づく内容を含み、放射線防護体系を形

成する基本概念の解釈について検討している。それ故、防護体系の発展のためには避けては通れない内容となっている。しかしながら、現時点では十分な議論に発展していない。

2. 1. 2 国際原子力機関 International Atomic Energy Agency (IAEA) の関連会議

IAEAの“放射線安全に関する国際会議”が開催された(オンライン)(IAEA, 2020)。: International Conference on Radiation Safety: Improving Radiation Protection in Practice (2020年11月9-20日) その会議の最終日に、ICRP委員長(当時) Claire Cousineが、“放射線防護の将来(The Future of Radiological Protection)”と題して、Pub103の改定に向けたICRPの考え方を発表した。

*共催組織: EC (European Commission), FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), ILO (International Labour Organization), NEA (Nuclear Energy Agency of the Organisation for Economic Co-operation), WHO (World Health Organization) 等の共催で開催された。

国際的な放射線防護体系はこれまで、90年以上の歴史を持つICRPの勧告に基き構築されてきた。基本的な国際的枠組みは、科学的知見をまとめる原子放射線の影響に関する国連科学委員会United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)、放射線防護体系を組み立てるICRP、そして、放射線防護の具体的な適用を検討するIAEAからなり、ICRPの動きは当然大きな影響を各方面に及ぼすことになる。数年前から、ICRP委員長(当時)が、勧告の改訂について触れている(宮崎, 2016)が、このIAEA会議でこれまでより具体的な改訂の方向性に関する説明があった。現在の勧告Pub103の場合、議論の最初の段階では、勧告の改訂内容が線量限度等の数値に

影響する可能性があったことから、大きな議論を巻き起こした。今回は、既にICRP報告書あるいはTGの議論として進んでいるが、全体としては、方向性に関する説明が出された段階であり、線量限度の変更のように、放射線管理などの実務に直接関わる内容とはなっていない。そのため、いくつかの国際機関を除いて特段の議論になっていない。次期勧告は、現在の勧告Pub103が出た後の個別議論の集大成の意味もあり、当然、それら個別の内容と全体の整合性が大きな注目点となる。まず、ICRP委員長の発表内容の概要を以下にまとめる。

2. 1. 2. 1 ICRP委員長の発表内容

① 勧告改訂の必要性

最新のICRP勧告Pub103は、その改定に関する議論の始まりから、既に20年以上が経過し、この間の様々な議論の進展を踏まえて、次の改定に向けた準備をする時期に来ているとして、次の改定に向けた具体的な4つのポイントを挙げている。

- (1) 放射線防護のより精緻な体系を構築する
- (2) 放射線防護の新たな領域について検討する
- (3) ICRPメンバー、特に若い人材の発掘を目指す
- (4) 適切で正確な情報が直ぐに利用できるようにする

(1) に関しては、Pub103が出て以降、それをサポートするICRPの文書は40以上にのぼること、および環境の放射線防護に関する議論が進んでいることも含まれる。

(2) に関しては、宇宙飛行士の放射線防護に関するリスクと線量評価などが挙げられる。

② 次期勧告に向けた進め方

2021年に始まる新しいICRP委員の任期に合わせて、4年毎の目標が設定され、2029年を新しいICRP勧告の完成目標とするとして、次のような期間設定

としている。

- 2017-2021の任期 残りの任期:改定に向けた準備作業。新しいTGの立ち上げは最小限に絞る。放射線防護体系の構成要素の積み上げ（ビルディングブロック構築）のために、まず、TGの活動のなかでは、主に、TG79,91,102,111,114に集中する。
- 2021-2025の任期 委員長、副委員長らの交代で、2021年6月から新しい体制での活動が始まる。個別議論への関与を強め、ICRP全体として、議論の進展を図る。
- 2025-2029の任期 “新しい勧告”にむけて、全てのTGでの個別議論を完結させる。特に次の5つのTGは次期勧告にとって重要である。

TG79 : Use of Dose Quantities in RP
(Pub147) 放射線防護における線量の使用

TG91 : Radiation Risk Inference at Low-dose and Low-dose Rate Exposure for Radiological Protection Purposes
放射線防護のための低線量・低線量率放射線リスクの推定

TG102 : Detriment Calculation Methodology
デトリメントの計算方法

TG111 : Factors Governing the Individual Response of Humans to Ionising Radiation
電離放射線に対する個人の反応に影響する要素

TG114 : Reasonableness and Tolerability in the System of Radiological Protection
放射線防護体系における合理性と許容度

そして、最終目標として、各任期の目標を達成することで、2029年に新しい勧告完成を目指す予定となっている。

2. 1. 2. 2 発表内容の見方

・Pub60改訂に関する議論が始まってから20年以上経過していることは重要な点であるが、より重要なことは、その期間に科学的情報がどれほど蓄積されて、それが放射線防護体系の内容に影響を与えているのかを評価することである。例えば、放射線防護体系構築の根幹となる発がんメカニズムのモデル化に関するICRPとしての評価には言及されていない。また、Pub118の内容に関連して、非がんの線量反応曲線に関しては、まだ十分な議論が進んでいない。また、非がんの閾値の考え方、デトリメント、例えば、白内障のデトリメントに関する議論も進んでいない。Pub131に関しては、放射線防護体系に関する多くの指摘に関する取り扱いも進められていないままである。TGで各種の議論が行われた。また、現在活動中のTGの中で関連の検討が進められているので、それらの成果が注目される。

・放射線防護体系構築のための基礎情報の更なる収集

放射線生物と疫学のデータが本来放射線防護体系構築の基礎であるべきであるが、実際には広島・長崎の原爆被爆者の疫学データに依拠している面が大きい。放射線生物と疫学のデータが放射線防護体系の両輪となるためには、放射線生物データの充実により、疫学データからは見えてこない100mSv以下の被ばく線量のリスクを解釈することが重要である。しかしながら、現行の勧告以降、放射線生物に関連しているのは、組織幹細胞に関連するPub131 (ICRP, 2015) と非がんに関連するPub118 (ICRP, 2012) のみである。現在、放射線生物に関する議論を主題として活動しているTGがないので、少なくとも当面は、放射線生物に関する議論が出てくる可能性は低い。「放射線によるがん誘発のメカニズムに関する現在の理解は、Armitage と Doll (1954) の多段階モデル、あるいはそれが多段階的分子変化へと拡張した Vogelstein ら (1988) のモデルに依拠している。しかし、これらのメカニズムは放射線

発がんの観点では十分に評価されていないためリスク評価への影響力は限られている」(ICRP, 2015)。放射線発がんメカニズムのモデル化から、被ばくのリスク評価を進めることは、勧告の議論にとって重要と考えられる(宮崎, 2020)。発がんに関する研究は、ここ20-30年の間に飛躍的に進展していることを考えると、このままでは、ICRPが取り入れている発がんに関する情報との間に大きなギャップが出ている可能性がある。

非がんに関連する文書Pub118が出てきた背景には、英国健康保護局Health Protection Agency (HPA) のグループ報告書 (AGIR, 2010) があった。つまり、国際的に活動しているICRPは、他で行われている検討の成果を咀嚼、取り入れる可能性がある。発表では取り上げられていないが、EC,あるいはNCRPなど、ICRPの周囲で行われている検討が、今後のICRPの検討に影響することも考えられるので、全体的な状況把握は常に重要である。

・TGなどで行われる個別の議論(ビルディングブロック)を組み上げて全体として統一感のある勧告に仕上げ、最後は勧告全体の意見募集などをして行く過程を、今後、より透明性を確保して進めることが重要となるが、上記で挙げたような課題が、現状では積み残される可能性がある。

2. 1. 3 次期勧告に関わる新しいICRP文書

ICRPは、Keeping the ICRP recommendations fit for purpose (目的に合ったICRP勧告を維持するために) と題する文書を公表した (ICRP, 2021)。この文書は、ICRPデジタルワークショップ :The Future of Radiological Protection (2021年10月19-20日) 向けに出された。2. 1. 2章のIAEA会議の内容を総論とすれば、各論的な内容で、議論の発展を期待する内容となっている。(なお、ワークショップは、COVID-19の世界的な流行のため、2022年11月に延期された) この文書の構成は、以下に示す6章、24ページである。冒頭の概

要で、「ICRPは、現在の勧告Pub103の改訂議論を開始している」として、その議論の土台となる内容を提示している。

1. 背景と目的

2. 目的と体系の原則

- 2. 1 目的
- 2. 2 人の防護
- 2. 3 環境と人以外の生物の防護
- 2. 4 正当化の基本原則
- 2. 5 最適化の基本原則
- 2. 6 線量限度の適用に関する基本原則
- 2. 7 被ばくと被ばく状況のカテゴリー

3. 関連する考察

- 3. 1 放射線防護における倫理的側面
- 3. 2 意見交換と利害関係者の関与

4. 線量

- 4. 1 線量
- 4. 2 年齢、性及び個人の特定の線量を含む実効線量
- 4. 3 医療での実効線量の使用
- 4. 4 実効線量係数
- 4. 5 人以外の環境の線量

5. 影響とリスク

- 5. 1 放射線による影響の分類
- 5. 2 組織反応
- 5. 3 低線量・低線量率放射線による発がん
- 5. 4 個人の反応
- 5. 5 遺伝的影響
- 5. 6 異なる影響に対する放射線加重
- 5. 7 損害
- 5. 8 人以外の環境への影響とリスク

6. 結論

.....

これらの中で、例えば、5. 1項にあるように、白内障や循環器系の疾患のように、確率的影響と組織反応の2つのカテゴリーに必ずしも当てはまらない健康影響についての考察は重要となろう。当然、デ

トリメントの議論にもなってくる。ICRPは、2021年11月の主委員会会議でRadiation Detriment Calculation Methodology（放射線デトリメントの計算方法）の出版を承認した（ICRP, 2021）。また、同時にcancer risk models（がんリスクモデル）を検討するTGを近日中に立ち上げることも決定している。

更に、ICRPリ्यूモ新委員長は、全米アカデミーズ（National Academies of Sciences Engineering Medicine: NASEM）で「放射線防護体系のレビューと改訂（Review and Revision of the System of Radiological Protection）」のタイトルで講演（オンライン）した（NASEM, 2021）。この中で、非がんを含むデトリメントの改良などについて言及している。非がんに関するデトリメントの定義が、勧告Pub103及びPub118に含まれていないことが認識されていると考えられる。この点では、上記5. 3項にも関連して、Pub131に詳細に記述されている組織幹細胞が果たしている役割が重要となろう。また、関連の研究が日進月歩であることを勘案すれば、より進んだ放射線発がんメカニズムの解明そしてリスクモデルについての検討が可能となろう。

2. 2 近年のNCRPの動き

2. 2. 1 NCRPの報告書

ICRPは、世界の放射線防護体系構築の中心的存在であるが、独自にあるいは協調して活動する組織がある。その一つが、米国放射線防護審議会（NCRP）である。「生物学の進展は目覚ましい。放射線防護体系に影響を与える新たな情報の有無を調べることは不可欠である」として出版されたReport No.186（NCRP, 2020）は、「低線量の健康リスク評価を強化するための放射線生物学と疫学からの情報の統合のためのアプローチ」をタイトルとしている。この文書をまとめたNCRPの科学委員会（Scientific Committee (SC)）1-26の委員長は、ICRPイメリタスメンバー（元主委員会委員）のR.

Julian Prestonであり、副委員長は、現在のICRP委員長（元第1委員会（生物）委員長）Werner Rühm である。そして、7人の作成メンバーの一人は、ICRP主委員会委員のSimon Boufflerである。従って、NCRPの文書ではあるが、ICRPが次の勧告に関するスケジュール、考え方を具体化させつつある一方、放射線防護体系構築の基本となる発がんに関する動きがTG91のみ（2021年末）であるので、NCRPの文書は、この観点からも興味深い文書となっている。

この報告書の全体的な目的は、「放射線起因のがん及び循環器系疾患について、生物学的に裏打ちされた線量応答（biologically based dose-response (BBDR)) モデルに関する情報を与えることである」としている。「放射線生物と疫学調査結果から得られた情報の集積は、低線量・低線量率放射線による被ばくに伴って考えられるリスクの不確かさを減らすことで、リスクアセスメントプロセスの価値を高めることになると考えられる」としている。放射線防護体系において、LNTモデルは40年以上に渡って使われている概念であるが、依然としてその有効性に関する議論が続いている。例えば、前述のICRP TG91（放射線防護の目的のための低線量・低線量率放射線被ばくのリスク推定）で行われている議論は、その関連である。（現ICRP委員長 Werner RühmがTG委員長） NCRP Report No. 186は、「それ以前に出された、低線量・低線量率放射線被ばくの健康影響に関する3つの文書（NCRP 2012, 2015, 2018a）の結論あるいは提言に触れている」ように、それらの趣旨を取り込んで作られている。そして、「LNTモデルが現時点では被ばくリスクの推定に最適のモデルと考えられるが、BBDRモデルがより良い方法になりそうである」としている。そして、ここに至る上で、特に「参考になるのが次のNCRP文書」であるとしている。

(1) NCRP Report No. 171, Uncertainties in the Estimation of Radiation Risks and Probability of

Causation (NCRP, 2012)

(2) NCRP Commentary No. 24, Health Effects of Low Doses of Radiation: Perspectives on Integrating Radiation Biology and Epidemiology (NCRP, 2015)

(3) NCRP Commentary No. 27, Implications of Recent Epidemiologic Studies for the Linear-Nonthreshold Model and Radiation Protection (NCRP, 2018)

それぞれの文書の関連するポイントは次の通りである。

(1) の主たる結論は、「放射線生物のデータは、高線量の疫学データから低線量での健康影響推定の外挿に資するように使われるべきである」としている。

(2) では、「低線量放射線の健康影響に関する疫学研究を、放射線生物の基礎かつ科学的研究との統合的推進によって、両者のギャップを埋める提案」をしたとしている。

(3) では、「動物実験の情報と人及び動物モデルを使って集めた有益な生物指標とを合わせて、低線量あるいは低線量率疫学データを使う手法を推奨」したとしている。

2. 2. 2 Report No. 186の内容

この報告書は、NCRPから出された結論などに関する上記3つの文書の内容を、低線量・低線量率放射線の健康影響に関するリスク推定の考え方をを発展させるために、発がん及び循環器系疾患の発生メカニズムに焦点を当てるために次のような構成になっている。

1章:総説、 2章:序、 3章:疫学、バイオサンプルとバイオマーカー :がんと循環器系疾患、 4章:がんと循環器系疾患に関連する放射線起因性の生物学的影響、 5章:生物学的な根拠に基づく線量反応モデル、 6章:がんと循環器系疾患の概念的モデルの提

案、7章:必要とされる研究、となっている。この中で、主に4章で発がんメカニズムを扱っている。この章では、白血病を含むがんと非がん疾患としての循環器系疾患も取り上げられている。発がんメカニズムにかんしては、その複雑さから、議論の収束は難しいとしているが、まずは発がんの標的細胞を明確にすることが大切として、4. 1. 1項「遺伝的不安定性とがんの特徴」では、ICRP Pub131も引用しながら、「がんは高齢者グループに特に発生していることから、元々の細胞は、長期間生存する必要がある。そのため、生涯を通して組織の維持に必要な、幹細胞もしくは初期前駆細胞に注意が必要となる」としている。また、4. 1. 2. 2項「細胞の生存」では、「DNA損傷、細胞の生存、放射線照射後の組織の再生、これらとがんリスクとの関係の間の複雑な関係を想定している。その一方で、標的細胞の死滅あるいは生存に関する情報は、多くの機能的リスクモデルの重要な部分となっているが、これまでのところ、低線量・低線量率放射線の場合は小さな役割しか果たしていないようである」としている。そして、7章で「標的細胞の同定」が取り上げられ(7. 2. 2項)、「放射線起因性がんの標的細胞の線量反応や増殖速度を測定するために、標的細胞の同定がまず必要となる」とある。このように基本的な研究の必要性についての言及は、ICRP Pub131と共通する。「がんは単一の標的細胞での突然変異により生じ、重要なことは、がんの発生に係わる標的細胞の本質と特性である。(略)異なる組織における標的細胞としての幹細胞に関して、年齢依存性も含めた、電離放射線による被ばく後の発がんメカニズムの最近の包括的なレビューは見当たらない。発がんの標的細胞とそれらの位置組織幹細胞は、主要な発がんの標的細胞と考えられている。造血組織、結腸粘膜および表皮においては、前駆細胞も標的細胞であることを示す証拠がいくつか存在する(ICRP, 2015)」とある。このような事を勘案すると、BBDRモデルの検討は重要となると思われる

が今後、多くの研究がこれから必要とされる。また、放射線だけでなく、化学物質による発がんメカニズムをも参考にしてモデルを検討する進め方は、発がんメカニズムの複雑さ、そして低線量・低線量率放射線を使った生物研究の難しさを勘案すると、新しい道を開くことになるかもしれない。

2. 3 IAEA以外の国際組織の動き

2. 1項で触れたIAEAの会議以外でICRP勧告の改定の動きに関して、経済協力開発機構/原子力機関Nuclear Energy Agency OECD/NEAで、勧告に関するNEA専門家グループNEA Expert Group on International Recommendations EGIRが活動を再開した。2002年に設置され、当時のICRP勧告改訂に関する議論を活発に進めた実績があるグループが、活動を再開させることになり、2021年10月に初回会議を開き(オンライン)今後の活動内容について議論している。これ以外では、現在のところ(2021年末)目立った動きは国際組織の中に見られない。

3. まとめ

ICRPの次期勧告に向けた動きが具体的に見えてきた。現在の放射線防護体系は健全である、とするのがICRPの基本的姿勢であるが、今後の人の健康、社会の健全性を維持、発展させるために、既に絞り込んだ項目から体系の問題点、改善点を議論しようとしている。あるいは、放射線生物研究・発がんメカニズムの著しい発展、あるいは疫学調査の限界と発展性にも従来と異なる考え方で臨むことを考慮する時期に差し掛かっている可能性がある。ICRP Pub131で示された、組織幹細胞の微視的動態の議論を発展させることも必要であろう。更には、放射線防護体系の本質的發展を図るには、発がんメカニズムモデル化を最新の科学的データから進めることが求められ、この点では、ICRPとNCRPの共通の問題意識があるように見えるが、両者のア

国際放射線防護委員会勧告改訂に関する国際動向

ブローチの方法には、大きな違いがある。発がんメカニズムの複雑さが、放射線による発がんメカニズムのモデル化を困難にしていることも勘案すると、化学物質のリスク評価、微生物のリスク評価などの分野横断的なリスクの検討がLNTの議論に新たな展開を持ち込む可能性も考えられる。ICRPが新勧告作成の進め方で対象としている項目のみに議論を絞ると、この観点からの横断的議論は含まれないことになるが、次期勧告完成時期に拘束されることがなく、放射線防護体系の今後の発展を考えた議論が重要となる可能性がある。

文献

宮崎振一郎、2016. 低線量放射線リスク研究動向と放射線防護体系. 近畿大学原子力研究所年報. 53:19 - 27

宮崎振一郎、2020. 放射線損害の概念と課題. 近畿大学原子力研究所年報. 57:23 - 33

AGIR(2010) Circulatory Disease Risk. RCE-16, Health Protection Agency, Chilton, UK

C Clement et al (2021) Keeping the ICRP recommendations fit for purpose J. Radiol. Prot. (41) 1390 - 1409

ICRP(1977) International Commission on Radiological Protection. 1977 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 26

ICRP(1990) International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60

ICRP(2007) International Commission on Radiological Protection. 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP37(2-4)

日本語版 国際放射線防護委員会の2007年勧告.

日本アイソトープ協会. 2009. http://www.icrp.org/docs/P103_Japanese.pdf

ICRP(2012) ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118. Ann. ICRP 41(1/2).

ICRP(2015) International Commission on Radiological Protection. Stem Cell Biology with Respect to Carcinogenesis Aspects of Radiation Protection, ICRP Publication 131. Ann. ICRP44(3-4)

日本語版 放射線防護のための発がんの幹細胞生物学. 原子力規制委員会 ICRP Publ_131_Japanese.pdf

ICRP(2021) International Commission on Radiological Protection. https://www.icrp.org//news_latest.asp

NASEM(2021) National Academies of Science, Engineering, Medicine, <https://www.nationalacademies.org>

NCRP(2012) Uncertainties in the Estimation of Radiation Risks and Probability of Causation, NCRP Report No. 171

NCRP(2015) Health Effects of Low Doses of Radiation: Perspectives on Integrating Radiation Biology and Epidemiology, NCRP Commentary No. 24

NCRP(2018) Implications of Recent Epidemiologic Studies for the Linear-Nonthreshold Model and Radiation Protection, NCRP Commentary No. 27

NCRP(2020) Approaches for Integrating Information from Radiation Biology and Epidemiology to Enhance Low-Dose Health Risk Assessment”, NCRP Report No. 186