

報 告

デトリメントに関するICRP Publication152は 新勧告議論の出発点になるか？

Will “Publication 152” lead the evolution of ICRP Recommendations?

宮崎振一郎

Shinichiro Miyazaki

概要

国際放射線防護委員会（International Commission on Radiological Protection：以下、ICRP）は、「Radiation Detriment Calculation Methodology（放射線被ばくによるデトリメントの計算方法）」をPublication152（以下、Pub152）として2022年11月に公表した。デトリメント（放射線損害）（以下、デトリメント）は、放射線防護体系を構成する基本的概念の一つであり、その内容を、計算方法、感度解析などを踏まえて明確にした意義は大きい。つまり、現在のICRPの放射線防護体系で使われているデトリメントを正確に把握し、科学的データの蓄積、時代の変遷に適切に対応する基盤ができたことになったと思われる。デトリメントの具体的な内容が把握できたので、必要であれば、デトリメントを見直す具体的な方向性が見えて来たと考えられる。ただし、現状では、使えるデータが十分そろわない懸念がある上、デトリメントが放射線防護体系全体に関わる概念であるので、もし、デトリメントの内容に変更が出ると、体系の整合性を維持する観点から、更に、時間を要する議論となることは容易に想像できる。ICRPはこの大きな問題と今後、取り組んで行くことになるだろう。

キーワード：放射線防護体系、ICRP、Publication152、勧告、デトリメント、放射線損害、放射線発がんメカニズム、リスク

ICRP Publication 152 for making clear the details of “radiation detriment” was opened in November 2022. Radiation detriment is the basic concept for underpinning the current radiological protection system. Given the content of Pub 152, this document could be recognized as the first step for putting forward the discussions regarding the evolution of “detriment” and “Recommendations”. It is well understood this evolution will need rather long period because of difficulties for getting the new data regarding carcinogenesis mechanism, epidemiology and consensus.

Keywords: radiological protection system, ICRP, Publication152, Recommendations, detriment, carcinogenesis mechanism, risk

1. はじめに

ICRPは、2007年に新しい勧告をPublication103（ICRP, 2007）として公表して以来、この勧告の補

足的な報告書をAnnual of the ICRPの中で公表してきた。その数はPub103以降、約50（2022年11月末現在）に及ぶ。そのような動きも踏まえて、

デトリメントに関するICRP Publication152は新勧告議論の出発点になるか？

ICRPは、新しい勧告作成に向けた動きを具体化させた（宮崎、2021）。その中で、新たに公表されたPub152は、現在使われているデトリメントの基本的な部分を詳細に解明したものである。デトリメントはICRPの放射線防護体系の根幹となる大切な概念であるから（宮崎、2021）、それを、科学的及び社会的観点から正確に把握し、その発展を図ることが、2021年から本格的に始まった次のICRP勧告に関する議論に不可欠の要素であろう。本報告では、2022年を中心とした関連する国際動向をまとめた。

*Pub152は、2020年にドラフトが公表され、その内容について意見募集が行われ、その後、2022年11月にICRP主委員会の承認を得てICRPの正式報告書となった。そして、その内容に関するウェブ上での説明会が2022年12月に行われることになっている（2022年11月末現在）。

2. 放射線生物、疫学調査に関する動き

2. 1 全体

ICRPは、「放射線防護の目的に対してICRP勧告が適合しているか（Keeping the ICRP Recommendations Fit for Purpose）」と題する報告書（ICRP、2021）を公表した（宮崎、2021）。この中で、ICRPは、勧告作成を進める上で重要となるポイントを示した。そして、2021年10月から11月にかけて「放射線防護の未来に関する2021年ICRPワークショップ（the 2021 ICRP workshop on the future of radiological protection）」をデジタルワークショップとして開き、その結果は、既に公表されている（Ruhm、2022）。更に、ICRP勧告に関する動向の網羅的な報告書も公表されている（Ruhm、2021）。

2. 2 疫学調査関連

放射線影響研究所（Radiation Effects Research Foundation 以下、RERF）は、広島・長崎の原爆被爆者の疫学調査を継続している。その一環として、原爆被爆者寿命調査（Life Span Study 以下、LSS）集団における1958年から2009年の線量反

応を詳細に解析し、全固形がんの、（新規）罹患率および（特定期間のがんによる）死亡率の線量反応について、これまでの解析結果と比較した報告書を公表した（Brenner、2022）。RERFが行っている疫学調査には、LSSと成人健康調査（Adult Health Study 以下、AHS）などがあり、LSS、AHS共に、精度、規模を考えれば、体系的、科学的に解析することができる疫学調査として非常に重要である。現時点の放射線防護体系に大きな影響を与えている広島・長崎の原爆被爆者の疫学調査には、2012年に発表されたLSS 14報と、2004年のAHS第8報が最新であるが、それらに関連した論文が出てくることがある。そのような論文の中には、非がん影響の場合のように（Shimizu、2010）放射線防護体系に大きな影響を与えることがあるのでRERFの発表には注意深いフォローが必要となる。

2. 3 放射線生物研究関連

2. 3. 1 放射線生物研究計画

ICRPは、「放射線防護体系を発展させるための研究（Areas of Research to Support the System of Radiological Protection）」を出した（Laurier、2021）。この文書は、2017年に出されたものの改定版で、放射線防護体系の発展のために必要とされる研究について書かれている。その意味で、下記2.3.2項に関連するものである。なお、放射線防護体系の最重要課題の一つとも言える、放射線発がんメカニズム、低線量・低線量率放射線影響、そして、リスク論について、組織幹細胞の観点からの研究課題を記述したICRP Publication131（ICRP、2015）に関しては触れられていない。

全米科学アカデミー（National Academies Science・Engineering・Medicine：以下、NAS）が、「米国における低線量放射線研究の長期的戦略」（Developing a Long-Term Strategy for Low-Dose Radiation Research in the United States）委員会を開催し、米国における低線量放射線研究を再活性

化するためにすべき研究などについてまとめている (NAS, 2022)。

ここでは、低線量放射線の疫学的、生物学的研究を進める必要性を網羅的に述べている。提案では、疫学及び生物学研究、特に、低線量被ばくの発がんリスク、心血管疾患リスクおよび神経疾患リスクなどを対象とする放射線生物全般に及ぶ研究基盤の確立に毎年1億ドル(約140億円)を15年間に渡り支出する必要があるとしている。(ただし、ここでもICRP Pub 131については触れられていない)。このような放射線の疫学調査及び生物影響に関する大規模な研究としては、過去に、1999年から10年以上に渡り続き、200億円以上の資金を投入したと言われる、米国エネルギー省 (Department of Energy 以下、DOE) の研究*がある。今回の計画が実現すれば、同様にDOEによる統括が想定されている。また、2009年に始まった欧州の学際的欧州低線量イニシアチブ (Multidisciplinary European Low Dose Initiative 以下、MELODI**) は、現在も研究計画の議論を継続している。例えば、低線量・低線量率の放射線リスク研究では、①発がんリスクの低線量・低線量率依存性の研究 ②放射線による非がん影響 ③個人の放射線感受性などに関する研究が重点的に行われるべきとしている (Kreuzer, 2017)。しかしながら、これまでのところ、上記2つの大規模な研究から、放射線防護体系にインパクトを与えるような成果は報告されていない。NASの提案する研究が、これまでに行われた大規模研究から得た教訓を基に、放射線防護体系の発展に寄与する研究をより効果的、効率的に推進することが期待される。

*DOEの低線量放射線影響の研究成果に関する報告書が公開されている (Brooks, 2015)。

**低線量放射線影響に関する研究内容を戦略的に議論するプラットフォームがMELODIで、そこで実際に研究を実施するための長期的戦略的研究計画

(a long term European Strategic Research Agenda (SRA)) が作られ、戦略的に検討された研究内容に沿った研究が、学際的統合に向けた低線量研究プロジェクト (Low Dose Research towards Multidisciplinary Integration: DoReMi) などで行われる。MELODIはそこでの研究の透明性を高める意味もあって2009年に第1回の公開会議を開いている。第1回MELODIでは、DOEの代表を招待して、世界初とも言えるDOEの大規模な低線量放射線生物研究の反省点などについてパネルディスカッションを行った (宮崎, 2017)。

2. 3. 2 放射線発がんメカニズム

発がんメカニズム、そしてそのモデル化に関する研究が進むとドトリメントの検討に大いに役立つ可能性がある。放射線被ばくが発がんリスクを高めるメカニズムは、放射線被ばくによる組織の損傷とそれに続く炎症が、自然発生した悪性細胞の腫瘍の形成を誘発・助長させているために起こると推測し、炎症を抑えることで、放射線による発がん作用が抑制できる可能性を、新しい視点から論じた報告書が出た (Nakamura, 2022)。「放射線によって誘発された炎症状態は長期にわたって持続すると考えられており、このことは、放射線に関連するがんのリスク (危険性) の増大が生涯にわたって続くという疫学データと一致」するとしている (RERF説明資料から)。関連する報告書 (Nakamura, 2021) も出され、放射線による炎症とがんのリスクとの関連に関する新しいメカニズムを提案している。現行の放射線防護体系の基礎的データとなっている広島・長崎の疫学調査データを説明する新しい提案がRERFから出ていることは重要で、現在の放射線防護体系に新しい視点を持ち込む可能性が考えられる。上記NASの研究計画が実現するようであれば、このような提案が具体的に研究計画に盛り込まれ、放射線による炎症とがんのリスクとの関連を示す新しいデータが出れば、まだ、明確になっていないがんと

デトリメントに関するICRP Publication152は新勧告議論の出発点になるか？

非がん影響の関連などにも新たな論拠が見えてくる可能性がある。

3. 放射線防護体系に関する議論

国際放射線防護委員会ICRPは、主委員会委員を中心とした執筆メンバーによる論文、「Keeping the ICRP Recommendations Fit for Purpose (ICRP勧告の目的適合性の維持)」を公表した(Ruhm, 2021)。また、2.1項で触れたように、「放射線防護を再考する作業は継続している (Radiological protection revisited-the story continues)」も出されている。これらを通して、ICRPは、2007年勧告に代わる新しい勧告の必要性を強調して、関連する議論の発展を促そうとしている。ICRPの主張する主なポイントは、「現在の防護体系は堅固に構築され、しっかりと機能しているが、今後も目的に適ったシステムであり続けるためには、科学や社会の変化に対応する必要がある、防護体系において、どの分野を見直すことが最も効果的であるかについて議論を促し、共同作業を開始することが重要である。具体的には、組織反応に焦点を当てた影響の分類、非がん疾患を含むデトリメントの再定義、そして、人と環境の防護を両立させるための枠組み」などがある。詳細とそれらの検討を進めるための体制などについても考え方が示されている(宮崎, 2021)。ただし、Pub152を基に考えれば、放射線防護体系の根幹となり、そこで使われる具体的な数値などに大きな影響を与えるデトリメントの検討を本来であれば最優先に進めて、生物研究あるいは疫学調査データをリスク論につなげるプロセスがより鮮明に見えてくる必要があるだろう。

4. まとめ

(1) Pub152は新しいICRP勧告議論の出発点である
ICRP勧告に関する議論がいろいろな形で進められているが、最重要課題は、Pub152を出発点とするデトリメントの概念に関わる議論になるべきであ

ろう。確かに、今の防護体系は堅固に構築され、しっかりと機能していると言えるかもしれないが、Pub152で示されているように、使われているデータの古さ、デトリメントの定義のない非がん影響の扱いなどを含む、網羅的な検討が必要となろう。言い換えれば、今後も目的に適った確固システムであり続けるためには、新しい、信頼できるデータを収集し、それを説明する理論の構築が不可欠である。例えば、固形がんの場合、その発がんメカニズムとして、多段階説が広く認知されている現在、DNA損傷理論に代わる放射線による発がんメカニズムを明確にすることが重要である(ICRP, 2015)。また、多様な疾患を含む非がん影響のように、低線量・低線量率領域では線量反応曲線(直線)が不明確な場合、低線量・低線量率領域の不確実性を前提とした議論を構築するか、別の指標を入れることが必要となるかもしれない。そしてそのような議論を通して、閾値の扱いなどについてももう一度、検討方針の議論が必要となるかもしれない。いずれにしても、Pub152で現在の放射線防護体系で使われているデトリメントの中身が詳細に調べられ、今後の検討課題がピックアップされているが、リスク論への発展を具体的にイメージできる議論の展開が喫緊の課題であろう。

(2) これまでの延長からの脱却

2. 3. 1項で紹介したように、低線量・低線量率研究に関する議論は世界的に様々な形で進められている。その必要性に関する基本的認識は世界共通と言える。しかしながら、低線量・低線量率研究が、Pub152の内容と整合の取りながら(放射線防護体系の一貫性維持)、リスク論への発展を具体的にイメージできる実質的な研究として加速されるためには、生物反応が非常に弱いとか、定量化できないなどの理由で壁に当たっている低線量・低線量率領域での研究に、放射線発がんメカニズム解明のキーとなる組織幹細胞の研究を積極的に入れることが重要

である (Sakai, 2021)。今は明確に出ていない組織幹細胞研究が、本稿2.3.1項の研究課題に含まれ、併せて本稿2.3.2項も重要事項として勘案されることが、壁を超えるために重要となろう。

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

宮崎振一郎 (2021) 国際放射線防護委員会勧告改訂に関する国際動向. 近畿大学原子力研究所年報. 58 : 25 - 32

Brenner, A et.al., (2022) Comparison of all solid cancer mortality and incidence dose-response in the Life Span Study of atomic bomb survivors, 1958-2009, *Radiation Research*. 197(5):491-508

A.L.Brooks, (2015) A Commentary on: "A History of the United States Department of Energy (DOE) Low Dose Radiation Research Program: 1998-2008". *Radiation Research*.183(4): 375-381. <https://doi.org/10.1667/RR14027.1>

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. Ann. ICRP 1 (3)

ICRP (1990) International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP21 (1-3)

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

ICRP (2015) International Commission on Radiological Protection. Stem Cell Biology with Respect to Carcinogenesis Aspects of Radiological Protection. ICRP Publication 131. Ann. ICRP 44 (3-4)

Kreuzer M et.al., (2018) Multidisciplinary European Low Dose Initiative (MELODI): strategic research agenda for low dose radiation risk research, *Radiation and Environmental Biophysics* 57, 5-15

Laurier et.al., (2021) Areas of research to support the system of radiological protection, *Radiation and Environmental Biophysics* volume 60, pages519-530

Nakamura N, (2021) Re-examining the role of tissue inflammation in radiation carcinogenesis: a hypothesis to explain an earlier onset of cancer. *International Journal of Radiation Biology* 97 (10) :1341-51

DOI:10.1080/09553002.2021.1955998

Nakamura N, (2022) MECHANISMS OF

デトリメントに関するICRP Publication152は新勧告議論の出発点になるか？

RADIATION CARCINOGENESIS: WHAT IS REALLY INDUCED? Radiation Protection Dosimetry, 198 (13-15), 1090–1097

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, (2022) Leveraging Advances in Modern Science to Revitalize Low-Dose Radiation Research in the United States. *Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/26434>*.

Sakai K, et.al., (2021) Conclusions and Suggestions on Low-Dose and Low-dose Rate Radiation Risk Estimation Methodology. *Journal of Radiation Protection and Research*; 46(1):14-23

Shimizu,Y,et.al., (2010) Radiation Exposure and Circulatory Disease Risk; Hiroshima and Nagasaki Atomic Bomb Survivor Data, 1950-2003. *MJB*, 340, b5349

Werner Rühm, Donald Cool & Christopher Clement, (2021) Radiological protection revisited- the story continues. *Radiation and Environmental Biophysics* (60) , 507–510