

## ECRR2010

欧州放射線リスク委員会 2010年勧告

放射線防護のための低線量電離放射線被ばく健康影響 規制者版

### 要旨 (Executive Summary)

この報告書は、本委員会が2003年に提出したモデルを更新するものである。本報告書は電離放射線被ばくの人々の健康影響に関する本委員会の知見の概略を与え、さらに、これらのリスク評価についての新しいモデルを提唱する。この報告書は政策決定者やこの分野に関心を持つ人々に向けたものであり、本委員会によって開発されたモデルやそれが依拠した根拠について簡潔に記述することを目的としている。このモデルの開発は、現在法的に制定されている放射線リスクの規制全ての基礎とされ、かつ支配的でもある国際放射線防護委員会〔ICRP〕の現在のリスクモデルを分析することからはじまる。本委員会は、このICRPモデルは、体内に取り入れた放射性同位元素による被ばくに適用するには基本的に欠陥を持つものであると見なしているが、歴史的に存在している〔各種の〕被ばくデータを処理するという実際的な理由のために、内部被ばくに対して同位体と放射線毎に特別な重み付け係数を定義することによって実効線量（シーベルトにより表現される）の計算が成り立つようにICRPモデルにある誤差を修正する〔という手段をとる〕ことに合意した。したがって、新しいシステムにおいてはICRPや他の機関によって出版されている致死がんの総合的なリスク因子は大きくは変更せずに使用できるし、それにもとづいた種々の規制や基準もまた変更せずに使用することができよう。我々の委員会の新モデルによって変化するのは被ばく線量の計算である。

1. 欧州放射線リスク委員会ECRRはICRPのリスクモデルへの批判の中から設立されたが、その批判は1998年2月に開催された欧州議会内のSTOA (Science and Technology Options Assessment) ワークショップのものと明確に同一のものである：それ以降、低線量被ばく健康影響に関してICRPとは別の見方が探求されるべきだとの認識で一致した。本委員会は、欧州内の科学者とリスク評価専門家によって構成されているが、その他の国々の科学者や専門家からの事実の提供やアドバイスも受けている。
2. 本報告は、ICRPのリスクモデルと、人為的発生源に起因する内部被ばくによって疾病のリスク（特にガンや白血病）が増加しているという疫学的証拠との間には不一致が存在していることをまず確認するところから始まる。本委員会は、そのようなリスクに適用されたICRPのリスクモデルの科学的な考え方の基礎に注意を向け、ICRPのモデルはこれまで受け入れられている科学的方法論から生まれたものではないと結論する。とりわけICRPは急性の外部被ばくの結果を、複数の点線源からの慢性的な内部被ばくに適用し、これを下支えするために主として放射線作用の物理的モデルに頼っている。しかしながら、これらは結局において〔組織の質量全体にわたる〕平均化モデルであり、細胞レベルで生じる確率的な被ばくには適用できない。ある細胞は放射線にヒットされるか、されないかである；最小の影響(impact)は一回のヒットであり、時間の経過に伴いこの最小のヒットの回数が増えることによってこの影響は増加する。したがって本委員会は、体内の線源からの被ばくリスクを評価するに際しては、内部被ばくの疫学的証拠を、機械的理論に基づくモデルよりも優先させなくてはならないと結論する。

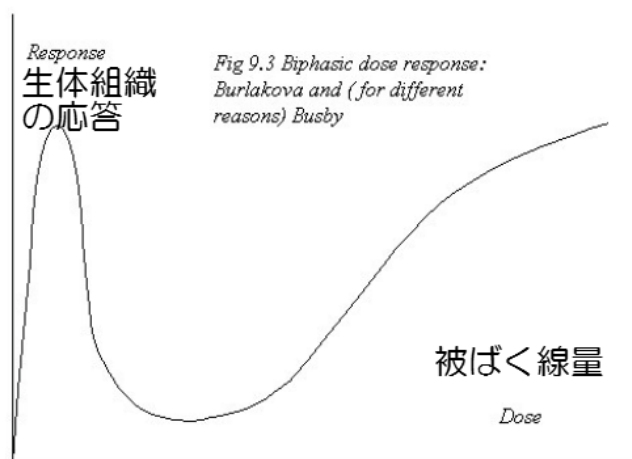
3. 本委員会は、**ICRP** モデルにある、したがってそれらに基づく法体系にある暗黙の原則の倫理的な基礎を検討する。本委員会は、**ICRP** の正当化は時代遅れの哲学的根拠、とりわけ功利主義的な平均的費用～便益計算に基づいていると結論する。行為の倫理的な正当化のための根拠としての功利主義は、公平な社会と不公平な社会とを区別する能力を欠いており、すでに長い間退けられている。功利主義は、例えば、計算するのは全体の便益だけで個々人の便益ではないため、奴隷社会を正当化するためにも使われ得る。本委員会は、ロールズ (Rawls) の正義論、あるいは国連の人権宣言等の人権に基づく哲学を、[人為的な]行為の結果として公衆 (の一部) を回避可能な放射線被ばくにさらす問題に適用すべきであると提案する。本委員会は、同意のない放射能放出は、最も低い線量であっても有限の致命的な害悪を及ぼす確率を、たとえ小さいといえども、有するものであるから、倫理的には正当化できないと結論する。そのような被ばくが許容される事態においては、公衆全体に及ぶ危害の総和を評価するために、関係する全ての行為と時間スパンにわたる「集団線量」の計算が採用されるべきであることを本委員会は強調する。
4. 本委員会は、「公衆の放射線被ばく線量」を厳密に決定することは不可能であると信じる。それは放射線の種類、細胞、そして個々人にわたる平均化の問題や、それぞれの被ばくは、細胞あるいは分子のレベルにおける効果の観点から取り扱われるべきであるからである。しかし、実際上これは不可能なので、本委員会は **ICRP** のリスクモデルを、その実効線量の計算に2つの新しい重み付け係数を取り入れることで拡張したモデルを開発した。それらは生物学的及び生物物理学的な重み付け係数であり、体内の複数の点線源に起因する細胞レベルでの電離密度、すなわち時間と空間における区別の問題を取り扱う。実際のところ、それらは **ICRP** が使っている異なった線質の放射線 (例えば、アルファ線、ベータ線及びガンマ線) がもたらす異なった電離密度を調節するために採用されている放射線重み付け係数の拡張である。
5. 本委員会は、放射線被ばく源を再調査し、新しい被ばくの影響を評価する試みでは自然放射線による被ばくと比較することによって注意を払うことを勧める。新しいタイプの被ばくの中には、ストロンチウム **Sr-90** やプルトニウム **Pu-239** といった人工同位体による内部被ばくだけではなく、完全に人工的な同位体 (例えば、プルトニウム) や天然同位体の形態とは違った同位体 (例えば、劣化ウラン) からなる、ミクロン規模の集合体 (ホット・パーティクル) による被ばくも含まれる。このような比較は、現在のところ **ICRP** の概念である「吸収線量」に基づいてなされているが、それは細胞レベルでの損傷の結果を正確には評価しない。外部被ばくと内部被ばくとの比較もまた、細胞レベルの影響は定量的にきわめて異なることがあるので、リスクを過小に評価してしまうかもしれない。
6. 本委員会は、生物学や遺伝学、ガンの研究における最近の発見は、**ICRP** の細胞内 **DNA** の当該モデルがリスク分析のよい基礎ではありえないことを示唆していること、また放射線作用についてのそのような物理的モデルは、被ばくした人々についての疫学研究に優先することはできないと主張する。最近の研究結果は、細胞に与えられる放射線のヒットから臨床的な発病へとつながるメカニズムについては、ほとんどのところ未解明であることを示している。本委員会は、被ばくに関する疫学的研究の基本原則を再調査し、繰り返しの有害な被ばくについての多くの明瞭な証拠の数々が、**ICRP** が放射線作用の役に立たない物理的モデルに依拠しているため、

考慮の外に置かれてきていることを指摘する。本委員会は放射線リスクを評価するための基礎としてそのような研究を復活させる。かくして、セラフィールド\*の小児白血病の発生群に見られる、ICRP モデルによる予測値と観察結果との間の 300 倍もの開きは、〔逆に〕そのような被ばくがもたらす小児白血病のリスクを評価することとなる。したがって、本委員会によって、その評価因子はシーベルト単位で子供の「実効線量」を計算するのに使用する重み付け係数に取り入れることを通じて、特定のタイプの内部被ばくによる有害性の計算に組み込まれる。

【\*イギリスの核燃料再処理工場の名称】

7. 本委員会は、細胞レベルでの放射線作用のモデルについて再調査し、ICRP の「線形閾値無し」モデルは、外部被ばくに対する中程度に高い線量領域のあるエンド・ポイントを除いては、被ばく線量の増加に対する生体組織の応答を表現しないと結論する。ヒロシマの原爆被爆者の寿命調査研究からの外挿は、同様な被ばく、すなわち急性の高線量被ばくについてのリスクのみが反映できる。低線量被ばくに関しては、本委員会はこれまでに発表された研究を再調査し、放射線線量に対する健康影響は、低い線量ではそれに比例し〔レベルが〕より大きくなること、ならびに誘発される細胞修復や（細胞分裂時の）感受性の高い細胞相が存在するために、これらの被ばくの多くが 2 相的な線量応答（訳注）となる可能性があるとして結論する。そのような線量-応答関係は、疫学データの評価を混乱させる可能性があり、本委員会は、疫学研究の結果において直線関係が失われていることをもって因果関係を否定する論拠として用いるべきでないことを指摘する。

（訳注）「2 相的な線量応答」とは極低線量レベルでの被ばくではそれより高い線量での被ばくと異なるメカニズムが作用するために、高い線量から推定する応答よりはるかに高い応答が生じる領域があり、それより少し高い線量領域になると通常メカニズムになるためむしろ見かけ上の応答が低下することをさしている。原資料では下記のように図 9.3 において説明がなされている。



8. 損傷の機構をさらに考慮して、本委員会は ICRP の放射線被ばくリスクモデルとその平均化の手法は、空間的にも時間的にも非均一性がもたらす効果を排除してしまうと結論する。こうして ICRP のモデルは、体内のホット・パーティクルによる組織局所への高線量の被ばくと、細胞複製の誘発と中断(2次的事象)をもたらす逐次的なヒットを無視し、これら全ての高いリスクの状態を大きな組織の質量全体にわたって単純に平均してしまうのである。このような理由から、

本委員会は、**ICRP** が使用している修正されていない「吸収線量」はリスク計算の基礎としては欠陥があるので、それを個々の被ばくの生物物理学および生物学的な側面に基づいて重み付け係数を強調する修正「吸収線量」に置き換えた。以上に加えて、本委員会は、ある種の元素からの、特に炭素C-14 やトリチウムTからの、変質がもたらすリスクに注意を払い、そのような被ばくを適切に重み付けした。重み付けはまた **DNA** に対して特に生化学的な親和性を有する元素、ストロンチウム **Sr** やバリウム **Ba**、そして、オージェ電子放出体についても加えた。

9. 本委員会は、似た条件での被ばくはそのような被ばくのリスクを定義するとの根拠に立って、放射線被ばくを疾病に結びつける証拠を再調査した。したがって、本委員会は被ばくと疾病との関連についての全ての報告、すなわち、原子爆弾の研究から核実験降下物による被ばく、核施設の風下住民、原子力労働者、再処理工場、自然バックグラウンド放射能、そして原子力事故について検討した。本委員会は、低線量での内部被ばくによる障害を明快に示している **2**つの被ばく研究にとりわけ注目した。チェルノブイリ後の小児白血病と、チェルノブイリ後のミニサテライトDNA突然変異についてである。これらのいずれも、**ICRP** のリスク評価モデルが **100** 倍から **1000** 倍の規模で誤っていることを示している。本委員会は、内部被ばくや外部被ばくによるリスクの証拠を、健康への影響が予測されるあらゆるタイプの被ばくに適用できる新しいモデルで被ばくを計算する際の重み付けを設定するために用いる。**ICRP** とは違い、本委員会は、致死性ガンから子どもの死亡率、さらに不特定の健康被害を含む不健康の原因に至るまで分析を拡張した。
10. 本委員会は、現在のガンに関する疫学状況は、**1959** 年から **1963** 年にかけて世界中で行われた大気圏内核実験の降下物に被ばくした結果であること、また核燃料サイクル施設の稼働がもたらすさらに大量の放射能放出が、ガンや他の健康被害の有意な増加を生じるだろうとの結論に達した。
11. 本委員会 **ECRR** の新モデルと **ICRP** のモデル双方を用いて、**1945** 年以降の原子力事業が引き起こした全ての死者を計算した。国連が発表した **1989** 年までの住民に対する被ばく線量を元に **ICRP** モデルで計算すると、原子力のためにガンで死亡した人間は **117** 万 **6300** 人となる。一方、本委員会のモデルで計算すると、**6160** 万の人がガンで死亡し、また乳児 **160** 万人、胎児 **190** 万人が死亡すると予測される。さらに、本委員会のモデルは、世界的に大気圏内で行われた核実験の降下物で被ばくした人々が罹患した全ての疾病を全て併せると **10%** が生活の質の低下をこうむっていると予測する。
12. 本委員会は自然放射能の電磁的被ばくとその光電子への変換を通して高い原子番号の吸収された元素により促進された被ばくの障害を例証する新しい研究に言及する。本委員会はこの影響がウラン原子での被ばくによる健康影響の主な原因と同一であると認め、そのような被ばくへの重み付け係数を定義する。本委員会はウランの降下物にさらされた住民のウラン兵器の影響を議論し、ウランに被ばくした後の異常な健康影響はそのプロセスによる機構として説明されるべきであると強く主張する。

13. 本委員会は 2003 年の我々のモデルを出版して以来、そのモデルを支持する疫学的な観察結果が発表されたことに留意する。すなわち Okeanov によるベラルーシにおけるチェルノブイリ効果と Tondel らにより報告されたスウェーデンにおけるチェルノブイリ効果である。
14. 本委員会は以下を勧告する。人類のあらゆる行為に起因する公衆の構成員の最大許容被ばく限度を **0.1mSv** 以下に引き下げる。原子力産業の労働者の被ばく限度を **2mSv** に引き下げる。これは原子力発電所や再処理工場の運転の規模を著しく縮小させるものであるが、人類の健康が蝕まれていることを総合的な評価に含めるとすれば、原子力エネルギーは犠牲が大きすぎるエネルギー生産の手段であるという本委員会の見解を反映したものである。〔原子力発電を含む〕あらゆる新しい試みは、全ての個人の権利が考慮されたうえで正当化されなければならない。放射線被ばく線量は、最も優れた利用可能な技術を用いて合理的に達成できるレベルに低く保たなければならない。最後に、放射能放出が与える環境への影響は、全ての生命システムへの直接的・間接的影響も含め、全ての環境との関係を考慮に入れて評価されるべきである。

訳：放射線から子どもたちを守る三郷連絡会 事務局

[misato.rad.kodomo@gmail.com](mailto:misato.rad.kodomo@gmail.com)

訳者あとがき

1. 文中の [ ] 部分は意味を明確にするために補った表現である。
2. 原文は

#### **ECRR**

#### **2010 Recommendations of the European Committee on Radiation Risk The Health Effects of Ionising Radiation Exposure at Low Doses for Radiation Protection Purposes. Regulators' Edition.**

Edited by Chris Busby with Rosalie Bertell, Inge Schmitz-Feuerhake, Molly Scott Cato and Alexey Yablokov

Published on behalf of the European Committee on Radiation Risk

Comité Européen sur le Risque de l'Irradiation

Green Audit ♦ 2010

として公表されているものでたとえば

<http://www.nrc.gov/docs/ML1523/ML15239A858.pdf>

から入手可能である。

3. 本文はその英文冊子の p.239 から p.243 の **Executive Summary** を訳出したものである。
4. 2.に示した英文冊子全体についてすでに邦訳「放射線被ばくによる健康影響とリスク評価 欧州放射線リスク委員会 (ECRR) 編 山内知也訳 明石書店」が出版されている。しかしその邦訳 p.329 から p.336 にかけての **Executive Summary** の訳出がわかりにくく、理解困難であると感じたので英文に戻って必要な部分の改善を試み理解の一助にしようとしたのが本訳文である。したがってかなりの部分の表現が上記出版物と重複していることをお断りしておきたい。