

放射線の非がんリスクに閾値（しきいち）がない？

— ICRP で大事件 —

(下)

永井宏幸

(市民科学研究室・低線量被曝研究会、福岡市在住・フリーランスの研究者)

もくじ

1. 確定的影響に関する ICRP の従来の見解（2007 年勧告まで）
2. 近年の研究成果
3. ICRP の確定的影響に関する新見解（2012 年声明）
4. 市民はこれから何を学ぶか

3 ICRP の確定的影響に関する新見解（2012 年声明）

2012 年声明の骨子を紹介して解説を加えることにします。

2012 年声明は第 1 部「組織反応に関する ICRP 声明」と第 2 部「標準的な組織と器官にたいする放射線の早発性影響と晩発性影響—放射線防護における組織反応の線量閾値」の二部構成になっています。レポートを準備したのは ICRP 第 1 委員会の作業グループであると説明されています。作業グループのメンバーには循環器疾患と白内障のリスクを調査した研究者の名前がみられます。第 2 部は最近の研究の成果が反映された記述になっているように思えます。第 1 部は結論をまとめたものですが、現行の規制に影響がでないようにまとめたものだといえます。したがって、第 1 部と第 2 部の間で、また、第 2 部の段落や文の間で、しばしば一貫性や論理性がなく、表現の曖昧さも随所に目立ちました。そこで第 2 部から手をつけることにしました。そうしないと、2012 年声明と 2007 年勧告の違いを正しく理解することができないと思います。

以下では、各項目の末尾の[]で 2012 年声明の文書の該当箇所を示しておきました。数字は段落番号を示します。2012 年声明の文書（英文）は次の URL から入手できます。

http://files.site-fusion.co.uk/webfusion117640/file/icrp118_1.pdf

第 2 部 標準的な組織と器官にたいする放射線の早発性影響と晩発性影響—放射線防護における組織反応の線量閾値

- (1) このレポートは特に白内障と循環器疾患について注意を払った。最近の証拠で、これらの低線量での発生率が考えていたより高く、閾値がもっと小さいことがわかったのである。こうしたことが起こったのは、主に、被曝から時間がたって障害の発生数が増加したことによる。[Abstract]。
- (2) 観察の追跡期間が延びれば閾値は小さくなる。労働者と公衆の防護目的で最も関係があるのは、40年、50年と追跡調査をしている、たとえば広島・長崎原爆被爆者の調査のような、調査から得られる閾値である[14]

(解説) 被曝から時間が経って統計的精度が上がるにつれて閾値の推定値が下がることを認めている事は重要です。現在行われている疫学調査は今後さらに追跡時間を延ばしていくので、今回 ICRP が提案している閾値はこれからさらに小さくなると予想されます。その値はあくまで仮のものだということです。広島・長崎原爆被爆者の調査は追跡期間が長いので信頼できるとしてはいますが、この観察集団は被曝 5 年後の生存者で作成されているため、放射線への適応力が比較的高い集団であるという問題があります。リスクの過小評価にならないようにこの点を考慮しておく必要があります。

- (3) 大半の身体の組織は線量を分割して照射すれば障害発生率が減少するものだが、低線量の被曝で非常に遅く発生する白内障や循環器疾患のような障害については、線量率の依存性がないようである。このことは、低線量での損傷が回復不能のシングル・ヒット型 (single-hit, irreparable type) の事象から起こることを意味している。[Abstract]

(解説) これまで ICRP は確定的影響の発生が線量率により変わるとしてきましたが、今回、影響は線量率にはあまりよらず累積線量で決まるという見解を表明しました。これは回復能力が作用していないことを示唆しています。また、障害が低線量で発生することは障害を起こすトリガーがシングル・ヒットによるものであることを示唆しています。

- (4) この文書でいう閾値とは「実用閾値」(practical threshold) のことである。「実用閾値」はそれ以下の線量でリスクがないことを意味するものではない。「実用閾値」は 1%発生率線量 (estimated dose for 1% incidence, ED₁) のレベルの線量である。[13]。

(解説) 2012 年声明は、確定的影響のリスクを「実用閾値」によって制御しようと考えています。ここで注意すべきは、「実用閾値」が閾値でもなんでもないことです。閾値は「ある反応を起こさせる作用の最小値」です。それ以下で反応が起こるならそれは閾値ではないのです。ICRP が、確定的影響が生じない線量があるとの見解を取り下げたことを覚えておく必要があります。次に「実用閾値」の定義についてです。「実用閾値」は 1%発生率線量のレベルの線量というのが定義ですが、その 1%発生率線量は、集団の 1%に特定の影響が発

生するときの線量とされています。発生率は死亡率や疾患発症率のことです。いま循環器疾患の死亡率を例にして説明します。1%死亡率線量が $x(\text{Gy})$ であるということは、 $x(\text{Gy})$ の線量を被曝した集団の死亡者 101 人につき 1 人が被曝による循環器疾患が原因であったということを意味します。「实用閾値」の定義は 1%発生率線量のレベルの線量です。レベルということなので 1%発生率線量から一義的には決まりません。ICRP はこの曖昧さによって相当自由に決めることができるのです。

- (5) 白内障と循環器疾患の急性被曝と慢性被曝における「实用閾値」はいずれも 0.5Gy である。慢性被曝における線量 0.5Gy は累積線量である[Executive Summary (h),(i)]。

(解説) 循環器疾患の「实用閾値」を 0.5Gy とした根拠

2012 年声明は次の式で根拠を説明しています。

$$0.08 \times 0.5 \times (30\% \sim 50\%) = 1.2 \sim 2.0\%$$

数字の意味は、0.08 が循環器疾患死亡率の 1Gy の ERR (過剰相対リスク)、30%~50%が国の死亡のうち循環器疾患死亡が占める割合です。この比率は国によって異なるので範囲で与えています。(日本の値は 30%あたりです。) この式は線量 0.5Gy を被曝した集団では循環器疾患による死亡増加のため 1.2%~2.0%だけ死亡率が上がることを示しています。右辺が 1%でないので 0.5Gy が 1%発生率線量にはならないのですが、これで 0.5Gy を正当化しています。「实用閾値」を曖昧に定義したのはこのような余地を残すためだったのです。なお、ERR に死亡率でなく発症率の値を使えば、右辺は 1.5~2.5%になり、1%発生率線量とのずれはもっと大きくなります。

もう一つここで重要なことは、上の計算が LNT モデルを前提にしているという点です。0.5Gy の ERR を求めるのに、リスクが線量に比例して変化するという LNT モデルの性質を使っています。また 1 Gy の ERR として採用した AGIR (英国健康保護局放射線防護部門の電離放射線諮問委員会) の推定値 0.08 は、LNT モデルを前提にしてえられたものです(AGIR,2010)。循環器疾患の「实用閾値」を求めるには LNT モデルが不可欠であったのです。

水晶体の「实用閾値」を 0.5Gy とした根拠 0.5Gy という数字の根拠がはっきり示されていません。2012 年声明では次のようなことが記述されています。広島・長崎の原爆被爆者の調査で、水晶体混濁の閾値として 0.50–0.70 Sv, 白内障手術の有症率から閾値 0.10Sv, 白内障手術の過剰リスクから閾値 0.45–0.50 Sv という値が報告されていること、職業被曝ではチェルノブイリ原発事故作業員の調査から水晶体混濁の閾値として 0.35 Sv が報告されていること、一方これらの調査で閾値が 0 の可能性があること、NASA 宇宙飛行士や米国放射線技師の調査などで閾値がないかあったとしても非常に小さいという報告があること、など。また、ネズ

ミの水晶体に X 線と中性子を照射して水晶体皮質に生じる混濁ドット数を調べた実験で、水晶体混濁ドット数が水晶体の吸収線量に比例して増えることが指摘されています。(図 10 参照) (Di Paola *et al.*, 1972)。これは水晶体混濁に真の閾値がないことを強力に支持する証拠です。

(6) 白内障はたとえ小さくても閾値のある確定的影響である。[699]

(解説) ICRP は 2007 年勧告で非がん疾患が確定的影響か確率的影響かわからないと述べていましたが (2007 年勧告, 57), 2012 年声明は白内障を確定的影響であると断定しています。その理由として、白内障が 1 個の細胞の障害から起こるという直接的証拠がないと言うのですが、1 個の細胞から起こらないという証拠もないのですから強引な結論です。水晶体の混濁が確率的事象であることはっきりわかってきたことであり、それは ICRP も認めているのですから、白内障を確定的影響と決めるのは相当無理なことです。

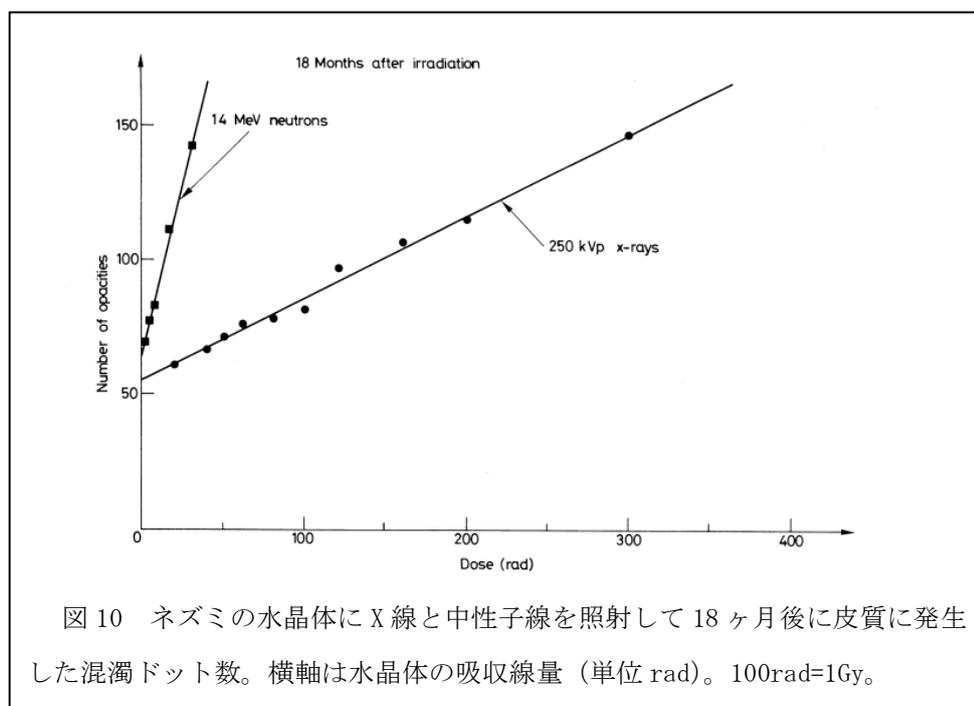


図 10 ネズミの水晶体に X 線と中性子線を照射して 18 ヶ月後に皮質に発生した混濁ドット数。横軸は水晶体の吸収線量 (単位 rad)。100rad=1Gy。

(7) 約 0.1 Gy までの急性被曝では組織の機能障害が生じないとした ICRP の判断に変更はない。したがって職業被曝と公共被曝の主なリスクががんと遺伝的影響の確率的影響であるというは変わらない。しかしながら、0.5Gy 以上の急性または慢性被曝で、確定的影響の、とくに水晶体と循環器のリスクが重要になってくる。[Summary-(p), 714]

(解説) 2007 年勧告では、「約 100 mGy までの吸収線量域では、どの組織も臨床的に意味のある機能障害を示すとは判断されない。この判断は、1 回の急性線量と、これらの低線量を反復した年間被曝における遷延被

曝のかたちで受ける状況の両方に当てはまる」[2007 勧告,60]となっています。遷延被曝（慢性被曝）では年間線量 100 mGy までどの組織も臨床的に意味のある機能障害を示さないと判断したのです。しかしこれでは 5 年間で累積線量が 0.5Gy に達してしまいます。そのため慢性被曝という語句を削除したと考えられるのですが、これは非常に重要な変更ですから、姑息なやり方でなく誰もがわかるように説明すべきです。ともかく、ここから、ICRP が年間 0.1 Gy の線量 以下で組織の機能障害が生じる可能性を否定していないことがわかります。次に、「したがって」の接続詞に続いて 0.1Gy 以下で確定的影響は「主なリスク」でないという判断を述べていますが、前文との論理的つながりがありません。それでは確定的影響は副次的リスクなのか、それともリスクは無視できるのか説明がありません。

- (8) 集団には放射線に強い感受性を遺伝的にもっている人々が存在する[51,320]。子供の水晶体は成人に比べ放射線への感受性が強い。[697]

(解説) ICRP が勧告する線量限度の値はあくまで平均的な集団を前提に推定されたものであることが強調されています。

- (9) 放射線による組織の損傷のプロセスとしては、(a) 細胞死、(b) 細胞破壊を伴わない機能障害、(c) 2 次的な組織反応、が考えられる。[48,50]

(解説) 確定的影響は高線量で被曝して数年までに現れると判断していたので、ICRP にとって、40 年、50 年後に低線量被曝の影響で非がん疾患が現れることは理解できない驚きであったことでしょう。こうした確定的影響を説明するために、(b)、(c)を加えています。しかし内容が具体的に示されているわけではありません。とにかく、確定的影響と確率的影響の違いを DNA 損傷か組織細胞の壊死かによって区別するという考え方を放棄したということです。

次に、第 1 部の内容をまとめておきます。

第 1 部 組織反応に関する ICRP 声明

- A) これまで確定的影響とってきたもののあるものは、被曝時だけで以後の影響が決定されるわけではないことがわかった。確定的影響という用語は不適切になり「組織反応」と言い換える。
- B) 晩発性の組織反応の閾値は、これまで ICRP が考えていたより小さいか、小さい可能性がある。
- C) 眼の水晶体の閾値は吸収線量で 0.5Gy である。

- D) 計画被曝状況の職業被曝では、眼への線量制限として、5 年を平均して 1 年間 20mSv の等価線量を超えないこと、1 年で 50mSv を超えないことを勧告する。
- E) 脳と心臓の閾値（循環器疾患の閾値）には不確定さがあるが、閾値が吸収線量で 0.5Gy 程度である。医療従事者はこのことに留意し、最適化（optimisation）を図らねばならない。
- F) 職業被曝でも公衆被曝でも防護の最適化を図るよう勧告する。特に水晶体・心臓・脳の組織の被曝についても最適化を図るよう勧告する。

（解説）

ここで使われている閾値はすべて「実用閾値」のことです。第 2 部で説明したように、「実用閾値」以下のリスクは LNT モデルを使って評価するのが最も妥当な方法です。しかし、第 1 部だけだと、0.5Gy 以下でリスクはないと誤解するように書かれています。

D) について 2007 年勧告では眼の 1 年間の等価線量の限度が 150mSv だったので一桁ほど小さくなりました（表参照）。しかし、これは 2007 年勧告の(全身)実効線量の限度と同じ値なので、放射線の管理者側は新しく眼の防護措置を図る必要がないという内容になっています。「実用閾値」を 1%発生率線量のレベルであると曖昧に定義したことでうまくいったわけです。

公衆被曝の眼の線量限度は変更していません。そのため、2007 年勧告で 10:1 だった職業被曝と公衆被曝の線量限度の比が 20:15 に変わりました。ちなみに、皮膚組織の線量限度もこの比は 10:1 です。

表 6 計画被ばく状況において勧告された線量限度の値^{a)}

限度のタイプ	職業被ばく	公衆被ばく
実効線量	定められた5年間の平均として、年間 20 mSv ^{e)}	1年につき 1 mSv ^{d)}
以下の組織における年等価線量：		
眼の水晶体 ^{b)}	150 mSv	15 mSv
皮膚 ^{c,d)}	500 mSv	50 mSv
手足	500 mSv	—

a) 実効線量の限度は、ある特定の期間の外部被ばくからの該当する実効線量と、同じ期間における放射性核種の摂取からの預託実効線量の合計である。成人に対しては、預託実効線量は摂取後 50 年の期間で計算され、子供の場合には 70 歳までの期間について計算される。

b) この限度は ICRP の課題グループで現在検討中である。

c) 実効線量のこの制限は、皮膚の確率的影響に対して十分な防護を与える。

d) 被ばく面積に関係なく、皮膚面積 1 cm² 当たりの平均である。

e) 実効線量はいかなる 1 年にも 50 mSv を超えるべきではないという規定がある。妊娠女性の職業被ばくには追加の制限が適用される。

f) 特別な事情の下では、単年における実効線量のより高い値が許容されることもあり得るが、ただし 5 年間にわたる平均が年に 1 mSv を超えないこと。

表 ICRP2007 年勧告の線量限度の値

E)について 循環器疾患のリスクが低線量で増加する可能性が大だという大問題を、医療関係者だけが知っておけばよいというのはひどい話です。

F)について ICRP は 2007 年勧告で、最適化を「被ばくの生じる可能性は合理的に達成できる限り低く保つべきである」と説明しています。これまで ICRP は、線量限度の勧告を守れば確定的影響は起こらないと考えてきたので、医療被曝以外で最適化をいう必要がありませんでした。低線量で確定的影響が否定できなくなったため責任逃れで加えた一文であると考えられます。防護措置の基準は放射線事業者に任せるが「合理的に達成できない」と判断するのならそれで結構ということです。

4 市民はこれから何を学ぶか

「低線量でがん以外の影響が生じることはない」という ICRP の従来の見解を、国をはじめ関連する研究機関と学会は「公認の事実」とであるという国民に浸透させてきました。核施設事業者はこれを使って放射線従事者を教育し、文部科学省は学校で子供たちを教育してきました。それが事実と大きく違っていたのです。「線量限度を守っていれば安全だ」と教えられ安全だと信じこまされて働いてきた人々が、白内障や循環器の病気のリスクに曝され健康や命を失っていたのです。その責任を ICRP にあります。もし ICRP が慎重な姿勢で安全側に立ったリスク評価をしていれば、このような被害をある程度は防止できたはずで、そして、ICRP の見解を「公認の知識」として浸透させた人たちの責任が厳しく問われるべきです。

ICRP は安全側に立って判断しているか？

2007 年勧告で確定的影響に高線量（数 Gy 以上）の閾値があると誤って判断したのは、追跡期間の短い疫学調査や動物実験に頼ったためだと釈明していますが、こんな言い訳で済ませられる問題ではありません。第 2 章で明らかにしたように、2007 年よりもずっと前から低線量で非がん疾患が増加することが疫学研究で報告されていたのです。これを重要な警鐘と見ることができたはずで、広島・長崎原爆被爆者の寿命調査で、小さい線量で非がん疾患による死亡リスクが増えていることが報告されていました。2003 年にはその閾値が 0Gy である可能性と 0.5Gy である可能性があるとして指摘しています（LSS 第 13 報告, 2003）。ところが ICRP はそのどちらも認めませんでした。可能性が二つあるのは不確実を意味するという理由で認めなかったのです。その後、追跡期間を延ばした寿命調査で、非がん疾患の死亡リスクの閾値が 0 であることを否定する証拠がないことが報告されています（LSS 第 14 報告, 2012）。これからわかるように、ICRP には安全側に立ってリスクを評価するという基本姿勢がありません。今回の ICRP の間違いはそこから起こったことであり、「安全側に立ってリスクを評価する」という姿勢をもたなければ、また同じことを繰り返すでしょう。

「統計的に有意でない」という意味は？

リスクの過小評価を援護する「理論」があることを知っておいてほしいと思います。「統計的に有意ではない」という言い回しを使ってリスクを否定するのがそれです。疫学で使われる統計学的推論には「信頼区間」と「仮説検定」という 2 つの手法があります。「統計的に有意」という言い回しは「仮説検定」で使われているものですが、「公認の事実」を広めている人たちは、「信頼区間」を仮説検定の枠組みで解釈しなおし、リスクの信頼区間の下限値が正でないかぎり統計的に有意でないことを理由に、リスクがあったとは認めないと主張します。（統計的偶然だとみなします。）この人たちは信頼区間の下限値だけに注目し、リスクの最確値や信頼区間の上限値には意味を見出しません。したがって、仮説検定のこのような使い方は、リスクの過大評価を避けることが最大目的になり、たいていはリスクの過小評価をおこなうこととなります。市民からすれば、リスクの過小評価だけはしてほしくないのですが。統計的に有意でないからリスクを認めないと言い募る人は、リスクの過小評価はかまわないが過大評価だけはしたくないと表明しているのと同じです。

「放射線を正しく怖がろう」とは何だったのか？

福島原発の重大事故の直後からよくこのキャッチフレーズを見るようになりましたが、この裏には「わたしは正しい怖がり方を知っている。あなたはそれを知らずにむやみに怖がっている」という姿勢が透けて見えるのでいい感じがしませんでした。最高の権威をもつと宣伝されてきた ICRP でさえまったく不十分な知識しかもってなかったのです。「公認の知識」を広めてきた人が、自分こそ正しいなどと言えるはずがありません。

放射線の影響はわかっていないことが多いのです。避けられるのなら、できるだけ避けるのが原則です。これから下の線量は安全だという閾値は発見されていません。

職業被曝の線量限度は年 7mSv に下げる

ICRP は確定的影響のリスクの大きさを表すために「実用閾値」を定義しましたが、曖昧さがあり使い物になりません。リスクの大きさを表すためなら 1%発生率線量を使うほうがまだましです。（本当は ERR のほうがもっとましだと思いますが。）そこで、循環器疾患の 1%発生率線量を死亡率に関して計算してみましょう。ICRP の計算では、ERR の値に AGIR 報告の最確値 0.08 を使っていましたが、ここでは安全側にたって防護するという観点から、95%信頼区間の上限値である 0.12 という値を使うことにします。日本では循環器疾患の死亡比率が約 30%です。この数値を使って計算すると 1%発生率線量は約 280mGy になります。これは累積線量です。この値をいま累積線量限度と考え、年間線量限度を計算してみます。公衆被曝の場合は、寿命を 80 歳として 1 年 3.5mGy (3.5mSv) になります。職業被曝の場合は、40 年勤続として 1 年 7mGy (7mSv) になります。職業被曝の年線量限度の現行は 20mSv ですから、これを 1/3 ほどに下げなければなりません。そうでないと循環器疾患死亡率を確実に 1%以下に抑えることができないことになります。（「確実」は、死亡率が 1%以下に抑えられる確率が 97.5%であるという意味です。）

線量限度を下げるだけでいいのか

では、年線量限度を 7mSv に下げればそれでよいのかと問われれば、そうだとはいえません。この値は循環器疾患死亡率が 1%を超えないというだけの条件から決めたものです。確定的影響のリスクは組織ごとのリスクが加算されていきます。循環器疾患のリスクに白内障のリスク加わり、さらにほかの組織のリスクも加わる可能性が大なのです。広島・長崎原爆被爆者の寿命調査からは、呼吸器系と消化器系の疾患による死亡率が増加していることが明らかになっています。これとは別にがんのリスクも加わります。年線量限度を 7mSv にしてもこれだけのリスクを容認することになってしまうのです。さらに、被曝は職場だけのことではありません。医療被曝を考慮する必要があります。CT 検査を 1 回受ければ約 7mSv の被曝です。放射線治療を受ければもっと被曝量は多くなります。このように考えていくと、年線量限度を 7mSv に下げても想定されるリスクはあまりにも大きすぎます。そのような犠牲を強いて、核保有国が核兵器を開発・製造し、原発保有国がエネルギーを手に入れることは許されるのでしょうか。これは明らかに人道に反する行為だと思います。このような犠牲を人々に強いる社会を文明社会とは決していえないでしょう。