

**医療被ばく安全管理委員会 勉強会に関するご質問、ご意見に対する回答のまとめ**

日本低放射線協会 高橋希之

提唱している放射線被ばくリスク低減法（の実現）に関しても、医師を中心とした医療界全体へのアプローチが必要かと思われるが、どのように考えているか？

提案するこのリスク低減消去法を、医療被ばく相談を实践する担当者が学び・理解し、相談者に伝える、または職場や院内そして職域と広めるには、時間も相当要するのでは？

他団体、例えば、医学放射線学会や JSRT という専門団体が受け入れるのだろうか？

普及・啓発には、大きな団体の組織力が必要ではないか？

医療において、「被ばくリスクの低減」はどのように位置づけられ、受け止められるか？

以下は、私（高橋）の理解です。

-----日本の医療における「被ばくリスク」の全体像と被ばくリスク低減消去の実現の方針-----

放射線治療は高線量なので、二次がんのリスクの増加は、医療行為に伴うリスクとして認定され、放射線防護剤の使用など、医療の一環としてのリスク低減が行われます。

CT は低線量なのでリスクは不確定との認識です。少なくとも医療行為に伴うリスクとは認定されません。リスクがないなら、リスク低減の必要性はありません。

これが日本の医療の論理ではないかと思います。これは筋が通っています。

CT リスクがないのなら、ですが。

一方、現時点のあるべき状況という意味で言うなら、CT リスクは科学的に証明され国際的に認定されているので、本来なら、CT 検査の際には、インフォームドコンセントを行う必要があり、患者にリスクを告げて、承諾のサインを貰わなければなりません。そして、医療行為に伴うリスクなので、リスク低減が可能であれば、行う必要があります。すなわち、CT リスクの低減は、医療として取り組むべきことになります。

結局、CT の低線量リスクを認定するかどうかの問題です。

科学的な事実は認める認めないの問題ではないのですが、日本では認めないので、医療では CT リスクの低減は扱うべき問題になりません。

さらに、医療がこの真実を受け入れることができない以下の理由があります。

1) 政府と衝突するから、2) 既に欧米で実行されているように、可能な限り CT 件数を減らさなければならぬから。

特に、100mSv 以下は不確実とする政府の方針に対して、インフォームドコンセントで、胸部 CTDIvol13mGy (9.4mSv) のがん罹患リスクとがん死亡リスクを患者に告げるのは、明らかな挑戦になります。医療は巨大な広報媒体でもあり、毎年 3000 万件、約 2000 万人にそれを告げることになり、3、4 年で全国民が知るようになるでしょう。しかし、政府と衝突しては医療は成り立たないので、医療が政府より早くリスクを認めることは、絶対にありえないことがわかります。

そして、医療関係者個人としても、被ばくリスクの存在やリスク低減などにより、これまでの認識を変えなければならない、余計な仕事が増える、これまで努力して築きあげてきたものが損なわれる、などの危機感を抱く人も少なくないでしょう。

リスクが低減できてもできなくても、現行の医療は問題ない。営業的にも問題ない。正当化されているので、たとえリスクが現実であっても問題ない。被ばくリスクを低減したところで、なんら医療として実質的なメリットはない。すなわち、医療においては、被ばくリスクは取り上げる値打ちのある話ではありません。

このように、日本の医療では、CT リスクは不確実（または、無い）であり続け、リスク低減は不要となります。建前であれ、本心であれ、これが医療における低線量被ばくリスクの位置付けです。

すなわち、医療にリスク低減を現実のリスクの低減としてアプローチしても無駄だということです。

それでは、なぜ低線量の CT 装置を開発し、検査技術を向上させるのか？なぜ、医療被ばく低減施設の認定を病院は受け入れるのか？これは、放射線防護の観点から、リスクを想定して、患者の安全を期する努力だからです。

そこで、一つのアプローチとしては、リスクが不確実だからこそ、「放射線防護の目的で」リスク低減を行う。放射線防護のためのリスクの低減なら、正当性があるし無視できないでしょう。

ところがこの場合の問題は、検査技術や CT 装置は、病院で行う「医療行為そのもの」であるのに対して、医療から離れたあとの患者の日常生活でのフォローは医療との関係づけが難しいことです。

もし、リスクが認定され、医療行為に伴う晩発性のリスクとなれば、現実のリスクとして何年後でも医療としてケアする必要がありますが、単に安全を期するために行う防護目的では、患者のその後の何年かを医療としてフォローする必然性はありません。

すなわち、医療にリスク低減を放射線防護のためのリスクの低減としてアプローチすることも、おそらく無駄だということです。

これらのことから、被ばくリスク低減を医療としての動きにすることはできないと思います。関連学会や団体も同様です。要するに、この新しい試みには医療ではほとんど何も動かないということです。

そこで、被ばくリスク低減を行うとすれば、現行の被ばく相談の位置付けで行うことになりますが、それでいいと思います。というのは、医療が関与してもしなくても、実施するのは被ばく相談員をはじめとする診療放射線技師であることは変わらないからです。

医療が関与したとして何ができるでしょうか。患者に周知するために病院で掲示する、パンフレットを用意する、被ばく相談用の部屋を設ける、そして担当する診療放射線技師に被ばくリスク低減相談のオーダーを与える。この程度のことになります。

一見、医療が関与すれば実現に近づくように思えますが、医療が関与してメリットがあるのは患者に周知しやすくなり、相談員が活動しやすくなるだけと言ってもいいでしょう。デメリットは、診療報酬のない仕事を診療放射線技師は医師からのオーダーを受けておこなうことになる、ということです。そこには、これまでのような診療放射線技師の善意と責任感からの行為はありません。

とにかく医療の公式の関与はありえないと思いますが、患者へ周知できて、相談員がこの内容を患者に説明できるなら、十分に補えるのではないかと思います。

結論としては、リスク低減の理解や実現に関して医療へアプローチはできないと思います。関連学会や団体に対しても同様です。

そこで、診療放射線技師会からの医療や周辺組織へのアプローチとして期待したいのは、リスク低減の理解ではなく、病院での相談員の活動の自由度を広げることです。

具体的には、ほんの小さなことです。病院などで患者に知らせるためのパンフレットを置くことの許可、放射線防護のためにリスクを小さくするような生活上のアドバイスをすることの許可などです。

そうして、被ばく相談にリスク低減を付け加えることができればいいと思います。放射線防護に基づき、患者の安全を確保するため、というのが理由です。

医療被ばく低減施設と並んで「医療被ばくリスク低減施設」、線量低減と並んで「生物学的リスク低減」です。

このリスク低減を実現するために、具体的にどのように進めて行くつもりか？

唯一の、そしてもっとも適切な場が、被ばく相談です。被ばく相談に取り入れて行ければいいと考えています。とにかく最初は、現行の被ばく相談の範囲を超えないようにします。医療にせよ、病院にせよ、抵抗を感じないような範囲です。

被ばく相談で、リスク低減をおこなう趣旨は、以下のようです。

組織の行政的には、「リスクはあるかないかわからないからこそ放射線防護が必要で、患者を護る

ためにできることがあるなら、しなければならない。栄養摂取による被ばくリスク低減は新たに明らかになった“できること”である。したがって、これを実施することは医療の義務を果たすことになる。」という論理です。

患者に対しては、「リスクはないかもしれないが、可能性が否定できないために心配になるのだから、その可能性そのものを低減消去してしまえば、一切心配する必要がなくなる。」という論理です。

相談員自身は、「CT リスクが明確になり、検査のせいで毎年、将来のがん患者が数万人、がん死亡が2万人ずつ増え続けている。これを防いで患者を救う。結果として患者の不安をなくし、幸せにする。」という動機によるものです。

リスクが事実でがん死亡が発生するのでリスク低減が必要、という本来のアプローチは、上で述べたように不可能です。しかし、リスクを仮定して患者の安全を図るという放射線防護に基づき、できることはしなければならないのでリスク低減を行う、という放射線防護に沿った考え方には正当性があるはずです。

放射線防護のための努力は、検査技術の向上や装置の開発ですでおこなわれています。それらと同様に、これは放射線防護のための新たな努力の一つです。

仮に、放射線防護に沿ってリスク低減を患者に勧める、ということができない場合、「患者は被ばくのがんリスクを心配しているので、がんになりにくい生活をアドバイスして、安心してもらう。」という名目で行います。リスク低減ではなく、健康生活の勧めです。

基本レベル（提案書の実現方法1のレベル1）である、がんになりにくい生活の勧めからスタートします。そして次の、レベル2である野菜果物の摂取、そしてレベル3の食事からの抗酸化物質の摂取、へと進みますが、ここまで、常識範囲の健康生活のアドバイスでしかありませんが、誰かの了承が必要なのでしょうか。

この際に相談者に、「リスクはないかもしれないが、可能性は否定できないので、その可能性ごと低減消去してしまえば、何も心配する必要がなくなる。」ということができれば、相談者にとっては嬉しいことです。これまでは単なる健康生活の勧めにすぎませんでしたが、これからは、同時に被ばくリスクも低減できる、という大きな意味を持ちます。

すべて相談員が行うことで、医療にも病院にも負担はありませんが、是非協力してもらいたいことは、CTを受けた患者に被ばく相談のことを知らせることです。

どうせ解決できないので相談しても仕方ない、というのがほとんどの患者の気持ちでしょう。そこで、被ばくの不安を解決できますという一言があれば、多くの方が利用すると思います。

具体的には、パンフレットをCT検査室の戸口に置いて、帰りに1枚取ってもらう。これだけでいいのです。

被ばくリスクの実現は被ばく相談から、と考えていますが、診療放射線技師、特に相談員の方に

このことを知ってもらわなければ始まりません。そこで、日本診療放射線技師会雑誌や、日本放射線講中安全学会雑誌などに寄稿させていただき、一人でも多くの診療放射線技師の方にこのことを知っていただくこと、いろいろな機会に話させていただくこと、web サイトや動画で説明させていただくことなどが私の第一歩となります。

診療放射線技師にとって、この被ばくリスク低減の価値は何か？どのようなメリットがあるか？

メリットは、患者に対しては、CT 検査の影響による、患者の将来のがんやがん死亡を防いで、命を助けることができること、患者や親の不安を払拭できることです。そしてそれを医療の一部としてではなく、独自に行えることです。

一方、自身に対しては、現実には誰かの心や命を救うことができるということ、これまで誰もできなかったことを実現するということです。そして、正当化されている医療被ばくリスクですが、患者に与えたリスクの始末を自分でつけることができること、さらに、自分の力で誰かを幸せにすることができるということ、などでしょうか。

さらに、これは単なるボランティアでは終わらず、それを唯一実現できる診療放射線技師の独自の価値となります。患者が喜ぶことを実現できるのですから、病院にとって新たなメリットのある人材になるはずです。何より、岩盤の医療ヒエラルキーには属さない価値であり、幸せになった患者（一般市民）が作り出してくれるため、可能性は小さくないと考えています。

大げさに聞こえるでしょうか。被ばく相談を利用する人は少なくとも、気になっている人は多いでしょう。年間 80 万人くらいの子供の患者の母親の多くは不安を抱えているに違いありません。この方達を救うだけでも大きな価値はあると思います。

放射線検査を受けた後に、影響を低減させるための成分を含むもの(サプリ)を処方する、というの  
はどうか？

検査時の防御機能を高めて被ばくリスクを低減する防御、そしてその後の日常生活での防御の二段構えの防御が可能と、と web 勉強会でも触れましたが、まさにその通りです。

現実的には、検査後では日常生活での防御になりますので、検査前に事前に（数日前から）防御成分のサプリを摂取しておけば、確実に検査の影響を低減できますし、効果は小さくないと思います。

検査前に高用量を投与するのは、CT 検査時の被ばくにより発生する活性種の捕捉と、発生する DNA 損傷の修復に直接に役立ちますので、有効です。

もし、検査後の日常生活での防御ではなく、検査の影響そのものを低減するために検査直後に投与するという意味なら、検査数分後には、検査による損傷の発生と DNA 修復は終了しますので、検査直後に投与しても検査による放射線影響は防御できません。

したがって、有効なのは、検査前のサプリ投与と、検査後の日常生活での食品による摂取の二段

構えの防御です。

環境省のぐるぐるプロジェクトなどにより、放射線に対するリスク認知が変わると思われる。人々が被ばくのリスクを客観的に評価できるようになったら受け入れてもらえる考え方ではないか。

その通りだと思います。リスク低減を理解するには、数値で表して、客観的に把握することが必要です。日常のがんリスクとの関連で成り立つしくみなので、日常がんのリスクとそこに追加される被ばくリスクという構成の理解が重要です。

そして次に重要なのは、追加されるとは言え、日常がんと放射線によるがんは別のものではなく、できるのは放射線によって少し増えた日常がんです。被ばくしてもしなくてもできるのは日常がんしかないのです。

100mSv 以下の低線量被ばくの影響は不確実なため、相談対応も技師間で差が生じている。確定的影響のしきい値のような、確実なものが無い限りは、被ばく相談としては、リスクコミュニケーションで対応するしかないと思うが？

低線量被ばくリスクに関しては、結論は出ない、LNT は仮説でしかない、という人は現在でも日本には数多くいます。そこで、不毛な議論を避けるため、web 勉強会では、常識的に信頼できるとされる組織の見解を示しました。

紹介した Nature はご存知世界最高の科学論文誌ですが、「しきい値はありえないことが示された。・・・これからは日常の被ばくによる人々の現実の被害を計算することが可能になる。」と表明しています。

そして、米国 NIH の NCI（国立がん研究所）は、NIH 最大の研究機関であり、世界最高のがん研究機関の一つと国際的に認められている組織ですが、「放射線リスクを評価する責務を担う、国内および国際的な主要組織では、がんを誘発する低線量放射線のしきい値はおそらくない、ということで見解が一致している。すなわち、放射線量がどんなに少なくても、絶対に安全であるとは言えない。」と、ホームページに常時掲載しています。

そして ICRP も、web 勉強会で紹介したように、ICRP publ.131 の要約と重要事項のまとめで、「近年新しくわかった生物学的なしくみが、直線しきい値なしモデルのメカニズムの上での説明になるだろう」、「放射線によるがんのメカニズムは、直線しきい値なしの考え方にある」としています。重要なのは、これまで LNT は、疫学データでわからない低線量部分を安全側に仮定するモデルであり、生物学的なしくみやメカニズムから議論されたことはありませんでした。ところが、幹細胞がん研究の発展により、しくみの上からも裏付けられつつあるということです。

これらは国際的な最高レベルの組織としての見解であり、それだけの確信と責任があって初めてこのような表明ができるのですが、判決があるわけでないので、信じる信じないは自由です。しか

し、この低線量リスクは、インパクトファクターが 40 を超えるような科学誌を含み、超高ランクの科学誌掲載の 10 報以上で確認されており、科学的事実の確立の王道を進んでいることは確かです。

現在の科学的真実は、しきい値がなく、どんなに線量が小さくてもがんリスクが必ず生じるということです。これは確実なものではないでしょうか？

ところが、政府が科学的事実、真実を認めないようにしているために、日本全体が 30 年前の認識のままというのが現実です。これが現実ですから、技師間で認識の違いが生じてしまうのも無理のないことです。

医療は 100%物質科学の世界なので、科学的な真実を知っておくことは重要ですが、真実をどのように使うかは別の問題です。

公式には、低線量リスクはわからないとしておけばいいでしょう。そして相談者には、リスクがあるかどうかかわからないが、あると仮定して対処すれば安全だし、本当の安心が得られる、とすればいいのではないのでしょうか。

放射線防護的にリスクを仮定して行うことと、現実にはリスクがあるから行うことは、実質的、内容的には違いはありません。

このリスクの存在や真実を相談者に言う必要はありません。リスクには一切触れずに、「とにかく不安を消去するためにはリスクを消去すればいい。リスクがあってもなくても、低減消去を行えば、リスクから完全に解放される。」ということでもいいと思います。

これまでリスクを消去することなど論外でしたが、ICRP がそれを保証してくれました。リスク低減行為により、リスクがあればリスクを消去でき、リスクがない場合にも無駄にはならず、普通のがんリスクが低減して将来がんになりにくくなるだけです。良いことだけです。相談者が求めている唯一の答えを与えることができるのですが、いかがでしょうか。

このリスク消去法により、がん手術後の経過観察のための複数回の CT 検査で新たに生じたリスクを消去できるか？

答えは、がん手術後の経過観察の CT 検査被ばくの場合、この方法により、リスク低減、そして消去が可能です。

例として、60 歳で手術を受け、半年ごとの胸部 CT 検査を 3 年間 6 回受ける場合、1 回ごとの胸部 CT のリスクは 3.7 か月 (0.3 年) で消去できますので、検査のつどに消去すれば、6 回目の検査のリスクをその後 3.7 か月で消去して完了となります。検査が何回続いても同様に消去することができます。

検査終了して何年か後にリスク低減を行う場合は、合計線量 56.4mv となり、この消去に 2.7 年かかります。



この見積もりは、有効な摂取量の範囲の最大値の 70%を毎日摂取した場合を仮定していますが、本当に毎日どれくらい摂取できて、どれくらいの効果が得られているのかわかりませんので、実際にはアプリを使い、食事内容を入力し、そのつど効果を数値で確認することで、低減消去が現実に行っていることがわかります。

添付資料「CT 検査の被ばくリスク・影響の英限消去のしくみと消去までの時間」には、幾つかの例の消去までの時間の見積もり表を掲載しています。現実的な利用の可能性がつかめると思いますのでご覧ください。

SFA を使った相談の事例の一つとして、消去法があるというのは紹介できると思うが、すべての不安を取り除く有効な手段とはならないのではないか？

「全ての不安が」どのような内容かによります。

添付資料「CT 検査の被ばくリスク・影響の英限消去のしくみと消去までの時間」の説明にあるようにがんリスクと被ばく影響のいずれも低減消去できますが、かかる時間が異なります。場合によっては時間がかかりすぎて現実的でないこともあります。CT の場合、がんリスクなら現実的な時間内に消去できるのではないのでしょうか。

このリスク低減消去法でやろうとしていることは、わかりやすいことです。野菜果物の摂取が将来のがんリスクを低減するのに効果があることはほぼ常識です。本低減消去法で行う内容はそれと同じです。野菜果物に含まれる防御効果のある栄養成分を十分量摂取するということです。

したがって、現実の効果があることは容易に想像できると思います。さらにこの方法では、野菜果物の抗酸化系の防御成分だけでなく、DNA 修復系の防御成分も含めているので、より大きな効果が期待できます。

がんリスクの低減効果があるだろうとほぼ常識化している、実に当たり前なことを行うだけです。この方法にリスク低減効果があるかどうかは心配する必要はないでしょう。しかし、そのような成分を食事から摂取しましょう、というだけなら、これまでどおり単なる健康法に過ぎません。問題はそれを定量できるかどうかです。

具体的に効果を量で表せなければ、相談者に勧めることができません。なぜなら、どれくらいの効果が得られたかわからないと、努力の成果もわからないし、いつまで続ければいいのかもわからない。本当に低減できているのかさえわからないからです。

低減効果を定量的に数値で表すことができるようにし、被ばくリスクの低減に使えるようにしたのがこの被ばくリスク低減消去法です。

これは考え方、捉え方ではなく、生物学的な事実です。



患者に、とにかく話を落ち着いて聞いてもらうために、放射線誘発のガンは無いと言い切ってもよいのか。

「放射線ではがんはできない」と言わないと始まらない相手なら、話を聞いてもらうためにそれもいいと思います。しかし、その後の話の進め方に苦労するのではないのでしょうか。

そこで、「リスクは絶対にないかどうかはわかりませんが、おそらくないでしょう。」くらいにできれば、その後の話をリスクがあると仮定した場合の話として、無理なくできるのではないかと思います。

相手は、「絶対にない」と断言しないことが気に入らないかもしれませんので、できるだけ早いタイミングで、

「リスクがあるにせよ、ないにせよ、リスクを消してしまう方法がある。とにかく、消去してしまえばリスクは絶対になくなる、被ばくの影響のことは今後一切考える必要がなくなる。」と宣言してしまうのです。

相手は、おそらく消去という言葉が気に入っていると思います。その後の話を、余裕を持って聞くことができるようになるのではないかと思います。

一般の方向けの解説の web サイトが必要でしょうし、わかりやすい説明ビデオも必要でしょう。被ばく相談のサポートになれるような、それらの作成を進めてみたいと思います。

検査（治療）前に必要な栄養素を多く摂取する、または、サプリメントなどでブースト的に増量させると効果的か？

おっしゃる通りです。それぞれの防御成分の体内動態はある程度分かっていますので、事前に（何日か前から）摂取して準備することができます。簡単に実現できますし、効果の大きさはわかりませんが、効果があることは間違いありません。

明日からでも実行できるのは、患者に検査の数日ぐらい前から、ビタミン C のサプリメントを 1 日 1g 程度飲んでもらうことです。これくらい毎日摂取している人は少なくないと思います。6 種類の防御成分のいずれも通常のサプリメントで入手できる安全な成分ですが、医療の一環として行うには 10 年や 20 年かかるでしょう。CT を受ける予定の患者にアドバイスするだけでいいのですが、医療関係者の場合そのアドバイス自体に責任が生じて、身内でもなければ、やはり難しいのでしょう。しかし、患者や相談者が勝手に摂取するのは問題ないので、情報を届けることができればいいのですが、それが難しいところです。

栄養摂取によるリスク低減効果は、福島第一原子力発電所事故後などの環境放射線被ばくにも効果が期待できるのか？

本リスク低減消去法の開発のきっかけは、福島原発事故です。医療被ばくの場合は部分被ばくで、被ばく部位のリスクは大きいため、体全体のリスクに変換して消去することになります。

一方、事故などの全身被ばくの場合は、全身の細胞が被ばく細胞であり、低減効果を発揮できるのも全身の同じ細胞なので、変換が必要なく、被ばくした細胞からその影響そのものを消去することになります。

いずれも、子供の場合には、被ばくの影響で若いうちにがんになってしまうこともあり、子供の親にとって、子供の遠い将来のがんリスクの低減などではなく、被ばく影響そのもの、被ばく影響全体をできるだけ早く消したいと考えます。そこで、その後の生活で、被ばくにより増加した放射線による突然変異自体を減らして消去することで、被ばくの問題をすべて終わりにするわけです。「被ばく影響全体の低減消去」です。この場合、実施期間ががんリスクの消去にかかる時間より長くなりますので、もちろんがんリスクは消去されます。

福島原発事故の被ばく者や原爆被爆者やその家族、また JART に日々寄せられる医療被ばく相談の相談者が、被ばくリスクを理解するとき、それぞれの被ばくを他の被ばくと混同しないで（切り分けて）理解してもらえるか？そして、リスク低減はどのように説明できるか？

このご質問が、例えば、医療被ばくのリスクを原爆被ばくのリスクやチェルノブイリの話と混同しないで理解してもらえるか？と解釈してお答えします。

どのような被ばくであれ、人の体の中で起こることは同じで、被ばくリスクは、被ばく時年齢、性別、線量（線種、被ばく部位を考慮した mSv 単位）、線量率（DDREF の適用対象かどうか）、到達年齢（何歳までのリスクか）で決まりますので、すべて同列に考えることができます。

ここでの問題は、相談者が、被ばくに関する無責任な情報を web などから得て、とんでもない想像をしている場合だと思います。チェルノブイリの確定的影響が混入している場合が多いように思います。これこそが被ばく相談が力を発揮する場面でしょう。誤解を解き、整理し、リスクを客観的に見るように導いていただければと思います。

それぞれの被ばくの特徴を明確にして、混乱するような要素を切り離すことです。例えば、チェルノブイリでは、被ばく線量として数値で表されますが、現実には、セシウムの外部被ばくだけでなく、同時に内部被ばくが多いという特徴があります。周辺住民は事故を知らされずに、数日にわたり汚染された作物を食べ、牛乳を飲み、体内に核種を取り込みました。

もし、いろいろな被ばくの相談者に対応するなら、それぞれの被ばくの資料と説明図を用意する必要があります。原爆被爆者は $\gamma$ 線の外部被ばく（中性子線も少しありますが、実効線量で考えればいいです）、福島原発事故被ばく者は $\gamma$ 線の外部被ばく（子供のヨウ素による甲状腺がんは別）、医療被ばくは X 線の外部被ばくと核医学の内部被ばくです。相談者の被ばくがどれなのかを明確にし、相談者の被ばくだけに焦点を絞って正しいことを示して、相談者の頭の中を上書きするべきです。

最終的に被ばくを線量で整理できれば、被ばくの理由は何であれ、リスクが生じるのも同じで、それを低減するのも同じです。内部被ばくも実効線量で表せば外部被ばくと同様に扱えますので、線量だけに整理できます。

そこで、その後の生活で、被ばくした細胞から、被ばくにより増加した放射線による突然変異を減らして消去することで、被ばくの問題を終わりにすることを考えることができるようになります。

提案しているリスク低減消去法は、被ばく相談でどのように使えますか？

被ばく相談は、誤解や混乱があれば解消し、問題を整理して、自分のリスクを客観的に数値で理解できるようにし、その数値を日常のリスクと比較したり、人生の仕方のないことを例示したりして、主観的な恐れを客観的な理解に変えて、客観的に許容できるように導くことが主なプロセスかと思えます。

被ばくしか目に入らなかった相談者にとっては、正当化できている必要な検査でもあり、“人生の仕方のないこと”の一つであると諦めることができるようになるでしょう。その上で、リスクを自分の力で低減することも可能ですと告げることができれば、大きな希望を与えるでしょう。

このアプローチは、中高年の相談者などには客観的理解の効果は大きいと思われますが、子供の母親はどうでしょうか。頭ではすべてを理解し納得しますが、子供が人生に出る前に、人生の仕方のないこと、そしてがんのリスクを与えてしまったことは別問題です。この場合、低減ではなく、消去が唯一の解決となるでしょう。

まず、「がんリスクの消去」まで実施してひと安心し、その後も継続して「被ばく影響全体の消去」を目指す、という方法が良いと思います。

どのような場合でも、継続することで、  
 「全身のがんリスク消去」→「照射部位のがんリスク消去」→「全身レベルの被ばく影響全体の消去」→「照射部位の被ばく影響全体の消去」  
 の順に達成されて行きます。

消去にかかる時間と、どのレベルまで消去できれば安心できるか、の兼ね合いで実施期間を決めることになりますが、まず、がんリスクの消去でひと安心し、あとは落ち着いて継続すればいいと思います。

添付資料「CT 検査の被ばくリスク・影響の英限消去のしくみと消去までの時間」を参照してください。

使い方は、次のいずれかではないかと思えます。

- 1) これまでどおりの相談・カウンセリングのプロセスを行い、そのあと、「まだご心配なら、実はリスクを低減できる可能性があります。」と告げる。
- 2) 落ち着かせる意味も含めて、「ご心配のリスクを小さくできる可能性がありますが、リスクの正しい理解がなければ、それを実現できませんので、しっかり聞いて理解してください。」と前置きする。相談者は、落ち着いて前向きに、相談・カウンセリングを受けることができるのではないかと思います。

これまでおこなってきた相談・カウンセリングのプロセスがあって初めて、このリスク低減が可能になります。

いきなり、リスクは低減できます、消去できますと提示すれば、相談者は逆に不信感を抱くかもしれませんので、相談者に応じたタイミングで提示します。

また、被ばく相談の場やメールでこのしくみを説明することは難しいので、web サイトや動画で行うようになると思います。相談者は、急ぐことなく、サイトなり動画なりを視聴すればいいでしょう。

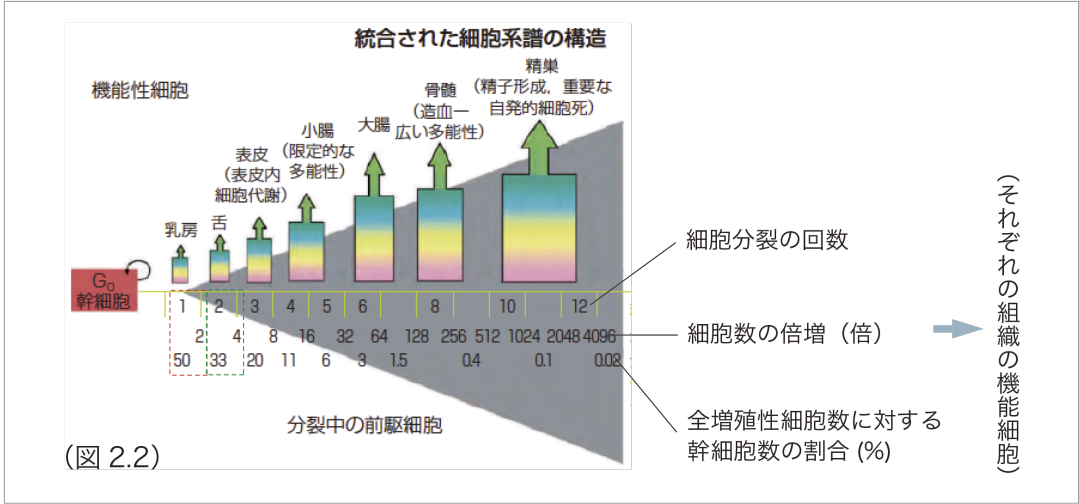
被ばく相談に小さな、あるいは大きな希望を付け加えることになるのではないかと思います。

そして、相談者が実施する場合には、相談者がリスク低減消去を実現できるように、相談員が仕組みの説明、実施の手順、生活指導、栄養指導などをしてこれをサポートします。これらはすべて web サイトや動画などを利用することができます。相談員はアドバイザーであり、時間をかけて説明したりフォローしたりする必要はなく、可能な限り IT を利用することで負担も最小限になります。

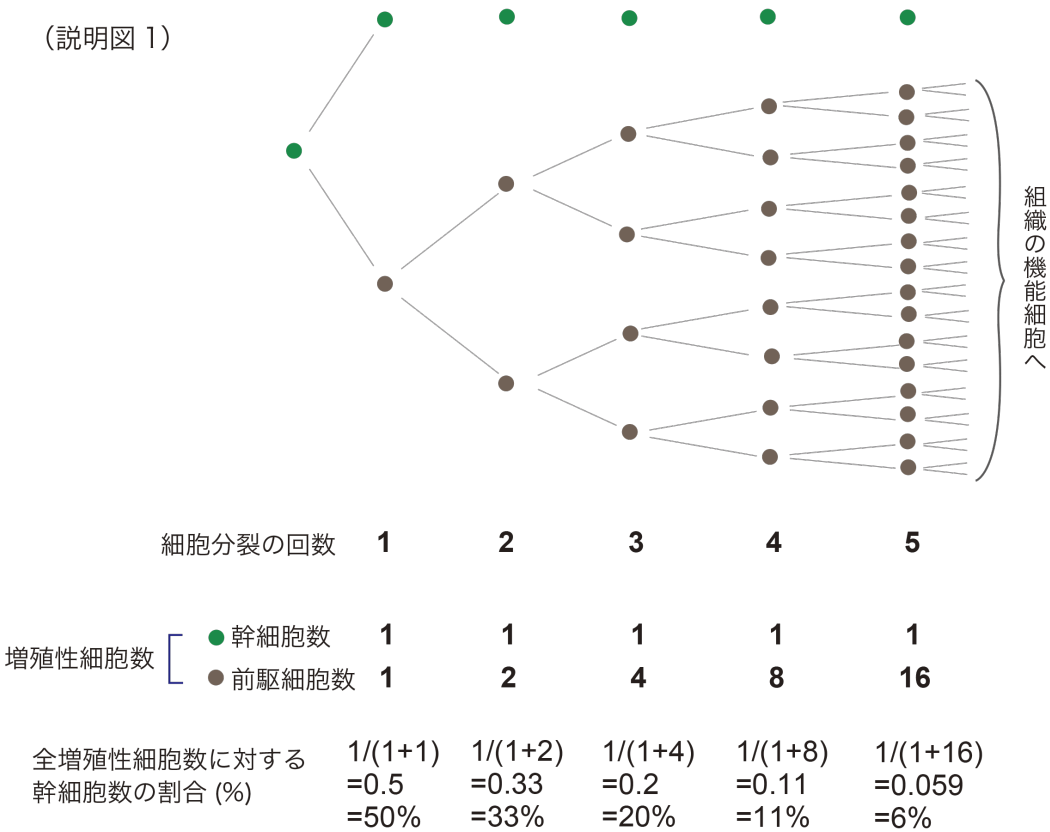
ICRP publ.131 に関して

幹細胞は、どのように組織の細胞を生み出し、組織を作るのか？ (ICRP publ.131 図 2.2)

幹細胞 → 前駆細胞 → 組織細胞



(説明図 1)



### 図 2.2 の説明

この図は、いろいろな組織の幹細胞から成熟した機能細胞（通常の組織細胞）までの細胞の成長（成熟）過程をまとめて一つの図に表したものです。この過程の細胞分裂回数は、組織ごとに決まっています。例えば、舌の細胞は、幹細胞から生まれてから約 2 回の細胞分裂で機能を発揮できる成熟した舌の細胞となります。一方、大腸のクリプトの細胞（表面の細胞）は 5～9 回（図では 6 回）の細胞分裂をすると、機能を発揮できる成熟細胞となります。

（＊ 図 2.2 の出典は本なので「細胞数の倍増（増幅）」の数値の目的を確認できませんが、位置がずれているため、混乱を招くだけですので、無視してください。）

細胞分裂の回数、幹細胞数、前駆細胞数、そして幹細胞の割合（％）は、説明図 1 のようになります。

幹細胞は分裂して 2 個の娘細胞になり、1 個は幹細胞として残ります。ポイントは、次の細胞分裂はまだしない（この細胞分裂でできた前駆細胞が機能細胞になるまでの時間内では）ので、この過程では幹細胞はそのまま 1 個だということです。一方、もう 1 個の娘細胞が分裂を繰り返して前駆細胞を増やしていきます。

なお、増殖性細胞は、増殖能力を持つ細胞のことで、幹細胞と前駆細胞の合計が全増殖性細胞数となります。

「各組織のターンオーバー率および各細胞タイプの数と位置は、外部被ばくと内部被ばくによる放射線発がんの組織特異的リスクを決定する重要な因子である。」

このパラグラフ (17) は、どういう意味か？

これは、組織の被ばくリスクの大きさが何によって決まるのか、を述べています。

以下のような内容です。

「組織はいろいろな種類の細胞で構成されているが、組織のがんリスクを考える時、それぞれの種類の細胞の、組織内の位置、細胞数、そして細胞分裂頻度（ターンオーバー率）が、外部および内部被ばくによる、その組織の放射線発がん（リスク）を決定する重要な因子だと考えられている。」

もう少し詳しく述べると、

-----「組織の被ばくリスクを決定する因子」-----（ここから）

例えば、大腸にせよ胃にせよ筒状ですが、細胞の種類（タイプ）としては、食物が通る内側の表面の上皮系細胞（外界に接するタイプの細胞）と、その他の多くの種類の細胞があります。それぞれの種類の細胞は幹細胞から発生し、上記の図 2.2 のような仕組みで各種類の機能細胞ができて大腸や胃を構成しています。すなわち、それぞれの種類の細胞は幹細胞から機能細胞になる過程で細胞分裂をするので、突然変異が発生する可能性、すなわちリスクが発生する可能性があるため、一般論としてこのように表現しています。

ところが、がんは一般に肺がんや大腸がんと言いますが、ヒトのがんのほぼすべて上皮系幹細胞に発生するので（細胞分裂頻度が大きいこと、表面にあるため位置的に発がん物質による損傷を受けやすいことが理由）、細胞の種類でいうと上皮系幹細胞を意味します。そこで、それぞれの組織のがんリスクというのは、現実には上皮系幹細胞のがん化リスクを指します。

がんリスクを考えるとときに重要なのは、成熟までの分裂回数ではなくその速度（例えば、年間の頻度、回数＝ターンオーバー率＝ターンオーバー速度）です。

というのは、この publ.131 の図 3.1 に示されるように、その組織の幹細胞（上皮系の幹細胞）の、生涯（例えば 90 年間）の全幹細胞分裂回数（＝幹細胞の数 × 1 個の幹細胞の 90 年間の分裂回数）が、その組織のがんリスクにきれいに比例していることがわかっているからです（正の相関係数 0.8 以上）。生涯の細胞分裂回数を求める時に、この速度（年間の回数）が必要となるのです。

細胞分裂がリスクと強く相関しますが、細胞分裂でおこなわれる DNA 複製がリスク（突然変異）を作り出すからです。DNA 複製では、以下のように突然変異ができる可能性があります。

DNA 複製が始まるよりずっと前にできた損傷は、普通に修復されますので、それほど危険ではありません。

DNA 複製の最中に損傷が起こると、損傷の量によっては p53 などが複製を停止して修復を行います。そのままだけに複製が進行することもあります、その場合には修復できないまま複製してミスが出ることが少なくありません。また、複製直前にできている損傷がまだ修復されていない状態で DNA 複製に入る場合、強引に複製を進めて間違った塩基で複製することがあります。

このようなことから、DNA 複製の直前と最中が危険なタイミングなのです。

DNA 複製の際に突然変異ができがちだとは、昔からの常識でした。(ICRP publ.131 図 3.1)及び(原図は、解説(75)~(79) (技師会用資料) (75 解説-4) の図)の Tomasetti の論文はそれをデータから裏付けたものであり、DNA 複製回数とがんリスクの間には想像していたよりきれいな相関があることが示された訳です。

我々の日常では常に発がん作用（発がん物質、発がん因子）が様々な組織の上皮系幹細胞に損傷を与え続けています。その結果として全身で 65%のがんリスクとなっています。被ばくするとリスクが上乗せされます。

細胞分裂の頻度が高いということは、それだけ DNA 複製の危険なタイミングの数が多く、危険な時間が長いことになり、被ばくが危険なタイミングにぶつかる確率が高くなり、突然変異の発生する確率が高くなります。当然、がん関連遺伝子の突然変異の発生確率が高くなり、結果としてがんの確率（がんリスク）が高くなるのです。

被ばくリスクでは、外部被ばくや内部被ばくが、それぞれの組織（臓器、器官）の上皮系細胞にどれくらいの損傷を与えるかがリスクを決定します。



まず、被ばくが上皮系細胞の危険な（細胞分裂の）タイミングにぶつかるかどうか、が突然変異の発生の確率を決める因子です。上記のように細胞分裂頻度（＝DNA 複製頻度）が重要です。

また、がんは幹細胞のどれか 1 個から発生するので、幹細胞の数が多いほどリスクは高くなります。

さらに、幹細胞が被ばくするかどうかは、幹細胞が外部被ばくや内部被ばくを受けるような位置にあるかが重要です。例えば、CT X 線の外部被ばくでは、照射範囲の組織の幹細胞が被ばくしますが、核医学検査の内部被ばくでは、核種により特定の組織の幹細胞が被ばくするので、リスクは幹細胞の位置によることになります。

これらのことから、パラグラフ（17）では一般論として、

「組織の被ばくリスクを決定する重要な因子は、それぞれの組織のいろいろな種類の細胞の数、その細胞の位置、その細胞の細胞分裂頻度（ターンオーバー率）である。」と述べているのですが、現実的に言い換えると、

「組織の被ばくリスクを決定する重要な因子は、それぞれの組織の上皮系幹細胞の数、位置、細胞分裂頻度（ターンオーバー率）である。」です。

このことが、図 3.1 の結果になります。

すなわち、それぞれの組織の（上皮系幹細胞の総数） $\times$ （年間細胞分裂頻度） $\times$ （生涯年齢）で表される、その組織の上皮系幹細胞の生涯の全 DNA 複製回数（＝細胞分裂回数）と、その組織のがんリスクがきれいに比例します。

これが意味するのは、「組織のがんリスクは、その組織の幹細胞の突然変異の総数に比例する」ということです。組織のリスクの合計は全身のがんリスク、組織の幹細胞の突然変異の総数は全身の幹細胞の突然変異の総数になるので、言い換えると、

「全身のがんリスクは、全身の幹細胞の突然変異の総数に比例する」ということです。

-----「組織の被ばくリスクを決定する因子」-----（ここまで）

ご質問から拡張してご説明しましたが、それは、このシンプルなくみが、がん発生メカニズムと、被ばくリスクの発生メカニズムの本質部分 になるからです。

さらに、この最後の結論である「全身のがんリスクは、全身の幹細胞の突然変異の総数に比例する」という事実が、このリスク低減消去法の定量部分のしくみを裏付ける重要な部分です。

この方法では、全身の幹細胞の生涯の全突然変異が生涯の全がんリスクと比例し、定量マーカーとして用いるリンパ球 TL の量は通常の生活ではこの全突然変異量に比例するので、TL の低減を見ることで全突然変異の低減、そして全がんリスクの低減を追跡できる、としています。これがこの方法におけるがんリスクの定量の論理です。

Tomasetti の論文と上記の ICRP の説明はそれを裏付けています。添付資料「CT 検査の被ばくり

スク・影響の英限消去のしくみと消去までの時間」をご覧ください。理解がしやすくなると思います。

被ばく相談で必要な場合には、この簡単なしくみを、もう少しレベルを下げて説明すればいいのではないかと思います。専門的な内容が断片的に混ざると、理解も説明も困難になるでしょう。全くの素人レベルから専門レベルまで、どのレベルで説明するにせよ、重要なのは一貫してレベルを一定にすることだと思います。

相談者が web などから作り上げた勝手な論理や印象に付き合うのは時間の無駄です。相談者が何を持ってきたにせよ、こちらの説明だけで進めるべきです。こちらの説明の中の質問だけ受付けて、web 情報と結びつけた質問には乗らないようにするべきです。相談者は安心したいだけですから、こちらの説明の筋がわかれば問題ないと思います。

『がんは突然変異の量の問題で、突然変異の量でがんのリスクが決まる。放射線は突然変異を増やす可能性があり、それが被ばくリスクになる。』ということがわかれば、被ばくリスクの理解の最先端です。

おそらく 3 種類くらいのレベルでの説明を用意しておけばいいと思います。

web サイトと動画などで用意できればいいと思いますが、これは私が作成するものかもしれません。

付け加えると-----（ここから）

この突然変異を増やす可能性、というのが被ばくリスクであり、不安の元になります。実際には、被ばくしても修復され、ほとんど突然変異はできません。できるのは非常に小さい確率です。

次に、万が一突然変異ができて、それが遺伝子部分である可能性は非常に小さい。さらに、その遺伝子のがん関連遺伝子である確率は非常に小さく、そのがん関連遺伝子はその細胞にできる他のがん関連遺伝子とちょうどがんを発生させるような組み合わせになる確率は、さらに小さいものです。

被ばくにより生じるがんの可能性というのはこれらの小さな確率を全て掛け合わせたものになります。普通に考えるとそんなことは起こらないくらいの小さな確率です。

それにもかかわらず、現実にはたった 10mSv 程度の被ばくにより、がんリスクが 0.16% も増加してしまいます。これは、被ばく前後の日常生活でできる突然変異があまりにも多く、様々ながん関連遺伝子の突然変異が発生するため、放射線により運悪くできてしまったがん関連遺伝子の突然変異が何であれ、数十年の間にはがん化に必要ながん関連遺伝子の組み合わせが完成するためだと思われます。

現実には 100mSv の被ばくでも大抵は問題になりません。しかし、不安を消すためには、最悪を想定して、被ばくのせいで将来がんになる場合を仮定します。しかし、被ばく後の生活でできる突然変異が足されないと組み合わせは完成しません。そこで、被ばくによってできてしまった突然変異と同じ量と質の突然変異をその後の生活で減らすことができれば（できにくくすれば）、がんが発

生する可能性は低減し、いずれは被ばくしなかった人と同じレベルに戻すことができ、リスクはゼロになる、というのがこのリスク低減消去法です。

ほとんどの人にリスクは生じていませんが、たとえ最悪中の最悪の場合でも消すことができるというのが、不安を消去するという観点での重要な点です。

-----（ここまで）

被ばく相談にこの部分を付け加えることで、相談者の期待に応えることができるはずですが。しかし、この一連の説明を行うのは、対面でもメールでもほぼ不可能です。何時間かかるかわかりませんし、図も数多く必要です。図の中での動きがあればわかりやすいでしょう。ということで、やはり web サイトや動画などが必要になってくるようです。

幹細胞から組織細胞への成長（成熟）過程で使われる細胞の名称がいろいろあり、相談者が混乱するので、整理してほしい。

#### 用語、細胞名称について

幹細胞は、分裂して 2 個になります。そのうちの 1 個は幹細胞として残り、もう 1 個の方は前駆細胞（英語では progenitor cell なので、プロジェニター細胞と呼ばれることもある）としてその後分裂を繰り返して行き、図 2.2 のような回数の分裂の後に成熟した機能細胞（機能性細胞、機能性組織細胞、組織細胞 みんな同じ意味）になります。

「娘細胞」は、一般に細胞分裂で 2 個になった状態のそれぞれの細胞を指す場合の“呼び名”であり、生物学的な正式名称ではありません。「分裂してできた二つの細胞」という意味で使いますが、娘細胞という呼び名でこれを表現できるので便利なのです。

幹細胞が分裂してできる 2 個の細胞も娘細胞ですが、1 個の名称は「幹細胞」であり、もう 1 個の名称は「前駆細胞」です。この前駆細胞が分裂してできる 2 個の細胞も娘細胞と言えますが、いずれも名称は「前駆細胞」です。

参照する本や文献により、異なる名称が使われていることがありますが、日本語では  
幹細胞→前駆細胞→組織細胞 というのが、適切だと思います。

## 2. ICRP publ.131 解説 (75)~(79)（技師会用資料）に関して

政府発行の文書では、放射線被ばくは日常の発がん物質と並列に書かれ、発がん因子のひとつ（要因）の印象になっている。一般では、放射線被ばくはがんの原因のように描かれることが多いのだが。

#### 放射線被ばくは“要因”？ “原因”？

「放射線の基礎知識と健康影響」や「放射線リスクに関する基礎的情報」などは、政府が一般向けに公表する資料です。放射線は日常の環境からの他の発がん物質と並列にしています。数ある要

因の一つということです。

一方、ネットの情報はほとんどがコピーで、要因も原因も考えていませんが、見る人は悪い方に理解して、放射線はがんの要因の一つではなく、がんの原因だとなるでしょう。

現時点での科学的真実は、放射線（自然放射線も CT も原爆も）は日常の発がん物質（発がん因子、発がん要因）の一つである、ということです。これにより ICRP もようやく publ.131 で、新しいパラダイムとして、「放射線の作用は、発がん過程に 1 個程度の突然変異を追加する作用である。」（パラグラフ 79）と宣言するようになりました。

相談者の頭にあるものが何であれ、正しい内容で上書きする必要があります。そのためには、説明の難易度レベルを一定にして、論理的にわかりやすく説明することしかありません。

例えば、CT の CTDIvol 12mGy の場合、時間要素は必要か？

このような物理量は、本来時間要素が必要です。時間要素がない被ばくはありません。例えば、肺に同じ 10mGy 受ける場合、原爆では 0.001 秒程度、CT では 5 秒程度、自然放射線では約 4 年の時間をかけて受けます。これらが線量率になります。

しかし、「CTDIvol 12mGy、吸収線量 14mGy」と、一般に時間要素なしで言うのは、生体影響やリスクはこの線量（エネルギー）の大きさだけで比較できるからです。すなわち、CT ではそれぞれの組織への線量は数秒から 10 秒程度のスキャンで与えられ、DNA 修復効率に違いは生じないため、かかった時間の違いは考慮する必要がなく、線量だけで間に合うからです。

DNA 修復効率の違いとは、被ばく後の DNA 修復が完了した後に次の被ばくが来るのか、修復中に次が来るのか、により修復効率が異なるからです。緊急の仕事中に次の緊急の仕事が来るとミスが多くなるわけです。

DNA 修復にかかる時間は、大抵の DNA 損傷は 2~3 分以内、二本鎖切断が含まれるものでも数分、面倒な二本鎖切断クラスター損傷で数時間、まれに 1 日くらいかかる場合もありますが、放射線被ばくの場合、数分と考えてよいでしょう。したがって、数分以内の時間での被ばくとそれ以上の時間の被ばくでは、修復効率の違いから影響が異なる可能性があります。原爆被ばくと CT では、線量率は 1000 倍以上違いますが、影響は近いと言えます。

また、このかかる時間（線量率）が影響の違いになるというのが、線量・線量率効果係数(DDREF)です。ICRP はこれを 2 として、同じ線量でも、慢性被ばく・遷延被ばくの「ゆっくり被ばく」のリスクは急性被ばくの 1/2 ということにしています。

現実的な問題として、被ばくリスクを低減する場合、CT 被ばくによるリスク増加の見積もりは、原爆被爆者のデータ（相対リスクなど）を利用することができます。一方、例えば自然放射線による被ばくリスクや、福島原発事故による事故後 1 週間、1 か月間、1 年間などの、ゆっくり被ばくのリスクは、原爆データに 1/2 をかける必要があります。

また、分割被ばくもゆっくり被ばくに含められることがあります。例えば、がん手術後の半年ごと6回のCT検査の場合には、それぞれの被ばく自体は1回ごとに急性被ばくの線量率で完結していますので、DDREFで1/2にはしません。

解説 (75)~(79) (技師会用資料) の「発がん多段階メカニズム」に掲載されている Armitage/Doll の図に関して、年齢の5~6次の意味は？

また、発がんリスクは、死亡率、罹患率のいずれを使うのがいいのか？

Armitage/Doll のデータは死亡率の増加が年齢に対して、5~6次の相関がある、すなわち、年齢を横軸に死亡率を縦軸にすると、5~6次関数になるということを示しています。これは1950年頃の英国の医師のデータですが、重要なのは、年齢に対して5~6次で増加することです。日本の場合、縦軸は罹患率ですが、死亡率は罹患率の38~39%で一定なので、死亡率も同じような図になります。

そこで、昔も今も、英国も日本も、死亡率も罹患率も、ほぼ普遍的に、がんは年齢の5~6次で増加する、ということを示したのですが、説明が足りませんでした。

この「時間（年齢）に対して5~6次」という意味は、がんに結びつく何らかの出来事がある一定のペースで発生すると仮定すると、それが5~6回起こる（蓄積する）ことで初めてがんになる、ということの意味します。後に、その“何らかの出来事”が突然変異であることが明らかになりました。

ICRP Publ.60（パラグラフ78）では、がん罹患率の記録が不確実性だから死亡率で評価する、と言っていますが、がん死亡率にも小さくない不確実性があることを考えると、必ずしもそうでもないと思います。

というのは、ICRP のリスク評価というのは、社会の一般の集団が被ばくした場合に、どれくらいの人がそのせいで死亡するかの見積もりです。本来は生物学的な影響を問題にしているはずですが、がん死亡は、生物学以外の社会学的な影響が非常に大きいです。例えば、健康な生活を送るかどうか、定期検査を受けるかどうか、検査の頻度、そして良い医療を受けることができるかどうか、などが強く影響します。これには教育、経済的な余裕、社会的階層などが大きく関与します。そこで疫学調査では、これらをできるだけ考慮した調査を行うのですが、不確実性は小さくありません。それぞれの国の、このような状況も含めた社会全体での死亡リスクということかもしれませんが、国単位で考えると、この社会全体の状況の違いは小さくなく、ICRP が発表するモデル式とパラメータを全ての国で適用するのは明らかに無理があります。

罹患の記録ががん死亡より不確実というのは単なる印象ではないかと思います。というのは、がんに罹患すると、医療を受けずに治癒することはほとんどありません。また、医療を受けずにがん死亡することもほとんどないでしょう。必ずいつかは記録されます。不確実というのは、罹患している人が医療を受けていない場合が含まれることをいいます。それ以外にはありません。しかし、

今年の新規罹患率という意味では記録されない罹患率はいても、必ずいつかは罹患が記録されます。すなわち、罹患はほぼもれなく記録されます。がん死亡も必ず記録されますが、上記のように、死亡に影響する因子は多くあります。

罹患率にも、生活習慣などが影響し、教育も因子となります。ポリープの状態で切除すれば、罹患にはなりません。このように不確実性はあります。

ICRP のリスク評価は、生物学的な観点ではなく、社会的な観点で利用するものですから、不確実性はあまり問題にする必要ありません。死亡率も罹患率もどちらでもいいのではないかと思います。

私にとっては、がんにならないように罹患リスクを低減するので、がん死亡でなく罹患率が重要です。

(75 本文) に掲載されている「追加1」のグラフは、本来バックグラウンドのがんリスクの上に乗るものでは？

「原爆被爆者のがんの発症」というタイトルは、正確には、「原爆被爆者の被ばくが原因の白血病とがん死亡者数」ですが、「被ばくが原因のがんリスクの増加」としてもいいでしょう。言われるように、この図は、増加分だけを描いていますので、日常のがんリスクの上に乗る部分です。

これは異なる年齢での被ばく者のデータをすべてまとめて、被ばく後の年数を横軸に表示したものです。日常のがんはもちろんバックグラウンドにありますが、この図の場合、被ばく年齢が違いため、年齢を横軸としたバックグラウンドに乗せて表示することはできません。

影響がいつ出るかを示すだけの目的のグラフですから、白血病は割とすぐ出るが、固形がんはずっと後に出るということがわかりさえすればいいのではないのでしょうか。

(77 本文) 「ヒトの健康を促進する行為が発がんリスクの低減につながる」ことの説明（証明）は？

ICRP の言う「禁煙や食生活の改善などの、ヒトの健康を促進する行為」が「発がんリスクの低減につながる」ということの ICRP の説明（証明）は、解説 (75)~(79) (技師会用資料) の (77 解説-2) に述べていますが、RC (被ばくがんリスク) と SC (日常がんリスク、生涯のがんリスク) が比例関係にあるということです。

RC が SC に比例して変動するなら、SC を低減すると、RC も低減する、すなわち、「日常がんのリスクを低減すると、被ばくリスクを低減できる」ことになります。これが ICRP の論理であり説明です。

ちなみに、正確には、「ヒトの健康を促進する行為」のうちの「がんになりにくくする行為」が、生涯のがんリスク SC を低減し、比例的に被ばくリスク RC を低減するのです。

このように、「ヒトの健康を促進する行為が発がんリスクの低減につながる」ことは、ICRP の論理で一応説明されています。ICRP はとにかくリスクモデルが命ですから、モデル式で論理を説明しますが、定量性がないために気休めにしかならず、この論理では、SC を低減する努力を生涯続けても RC の消去はできません。しかし、低減できるという意味では間違っていない。

気休めでしかないとしても、ICRP が被ばく後のリスク低減が可能であると表明したことに大きな価値があるのです。

一方、生物学的な説明では、被ばく後の人生で、被ばく細胞に突然変異が追加されなければがんにならないので、「がんになりにくい生活」により日常の突然変異ができにくくすれば、被ばく細胞はがん化しにくくなる。すなわち、被ばくリスクが低減します。

これは、私が十数年前に診療放射線技師の方々にお話しした論理です。しかし、「がんになりにくい生活」では定量性がないため気休めにしかならず、使えないという意味では ICRP と同様です。

そこで、これを発展させると、以下のようになります。

「がんになりにくい生活」は、日常の突然変異ができにくくするためですから、正確には「突然変異ができにくい生活」です（\*1）。「突然変異ができにくい生活」とは、正確には「DNA 防御機能が向上した生活」です（\*2）。「DNA 防御機能の向上」は、「DNA 防御機能の高い栄養成分の摂取」により可能です（\*3）。

すなわち、この「がんになりにくい生活」の部分は、よりの確に表現するなら、「DNA 防御機能の高い栄養成分の摂取により、DNA 防御機能が向上した生活」となります。

したがって、「DNA 防御機能の高い栄養成分の摂取により、DNA 防御機能が向上した生活」により日常の突然変異ができにくくすれば、被ばく細胞はがん化しにくくなる。すなわち、被ばくリスクが低減します。

これが、私が今回提案する被ばくリスク低減消去法です。

-----注釈-----

（\*1）「がんになりにくい生活」には2通りあり、上記の「突然変異ができにくい生活」と「がん免疫が向上した生活」です。しかし「がん免疫」は、完成間近あるいは完成したがん細胞に働く機能なので（60代以降）、被ばくリスク低減という観点では「がん免疫が向上した生活」は取り入れることはできません。

（\*2）「突然変異ができにくい生活」には2通りあり、上記の「DNA 防御機能が向上した生活」と「発がん物質の少ない生活」です。「発がん物質の少ない生活」は ICRP が想定している行為・生活ですが、喫煙や大量飲酒ならともかく、一般人の場合には、現在の生活の質を低下させずにこれを行うことは難しいので、「発がん物質の少ない生活」は取り入れることはできません。（提案書「患者の被ばくリスクの低減と消去」p11～p12 参照）



(※3)「DNA 防御機能の向上」には2通りあり、上記の「DNA 防御機能の高い栄養成分の摂取」と「運動」です。「運動」は何らかの効果があるようですが、データも少なく、メカニズムも不明なため、取り入れることはできません。

-----  
私の論理の概要は、添付した解説『CT 検査の被ばくリスク・影響の低減消去のしくみと消去までの時間』に書いた通りです。

以前の提案書『患者の被ばくリスクの低減と消去』では、「がんリスクの低減消去」と「被ばく影響全体の低減消去」のうちの、後者を説明しています。

もっとわかりやすい説明が必要だと思っています。

### 3. 提案書「患者の被ばくリスクの低減と消去」に関して

被ばく細胞のがん化リスクを低減する事が必要なのは解るが、具体的には？」

上記の「DNA 防御機能の高い栄養成分の摂取により、DNA 防御機能が向上した生活」により日常の突然変異ができにくくすれば、被ばくリスクが低減する、という論理に沿って、被ばくリスクの低減を定量的に評価することが可能です。

現実に毎日使うためのスマホ用 web アプリが用意されています。この提案書の最後の方に、それを使ったリスク低減の実施を簡単に紹介したつもりでした (p20-p21)。

利用者登録して、CTDIvol、吸収線量、実効線量、いずれかを最初に入力すれば初期リスクが%、mGy あるいは mSv 単位で表示されます。あとは毎日の食事内容を入力するだけです。そのつど、どれだけ被ばくリスクが低減できたのかが、数値とグラフで表示され、このペースならあとどれくらいの期間で消去できるかが表示されます。

解説『CT 検査の被ばくリスク・影響の低減消去のしくみと消去までの時間』に掲載した消去時間くらいの期間行えば、消去まで実現することができます。

具体的に実施することは、「6 種類の防御成分を有効量の範囲で多く摂取できて、その他の栄養成分をバランスよく摂取できるような献立を考え」、「食後に食べたものをアプリに入力する」だけです。このように栄養摂取に留意することは必要ですが、ほとんど問題なく実現できるでしょう。一例では、1日にパプリカ 1/2 個、アーモンド 15 個、人参 1/2 本、みかん 1/2 個で、6 種類のうち抗酸化系の 4 種の摂取が満点になります。

この程度の食生活の改善と入力を継続することだけです。

1 日単位、1 週間単位の摂取量で考えればよく、嗜好には一切影響はありません。味噌ラーメンを味噌野菜ラーメンにする必要はありません。他に野菜サラダや温野菜、果物などを追加すればいいのです。これまで通り好きなものを食べ、献立に少し鶏胸肉や魚の料理を増やせばいいだけです。

こんな簡単なことで被ばくリスクが低減できるのか？と思うくらいです。

継続するのに少し努力が必要かもしれませんが、被ばくリスクを本当に心配している方にとっては、リスクを消去できるとすれば、むしろ嬉しい努力ではないかと思います。

#### 回答の最後に

これまで想像すらできなかった、被ばくリスクの低減が可能である、ということ自体どれだけ画期的なことかと思います。患者さんや相談者にとってもそうではないかと思いますが、どうでしょうか。

ICRP の、低減はできるだけ健康法レベル、という方法でさえ、被ばくリスクを低減できるという意味で、患者にとってはすごいことではないのでしょうか。

これまでも、このような健康法で日常のがんリスクを低減できれば、放射線のがんリスクの増加などは埋もれてしまう、と言われてきましたが、全く通用しません。なぜなら、怖いのは放射線のがんリスクそのものだからです。単なる健康法で日常のがんリスクを低減しても仕方ないことでした。

ところが、この単なる健康法が、日常のがんリスクとともに、放射線のがんリスクそのものも低減する、という画期的な事実が明らかになり事態は一変しました。

単なる健康法の勧めからスタートすることができます。

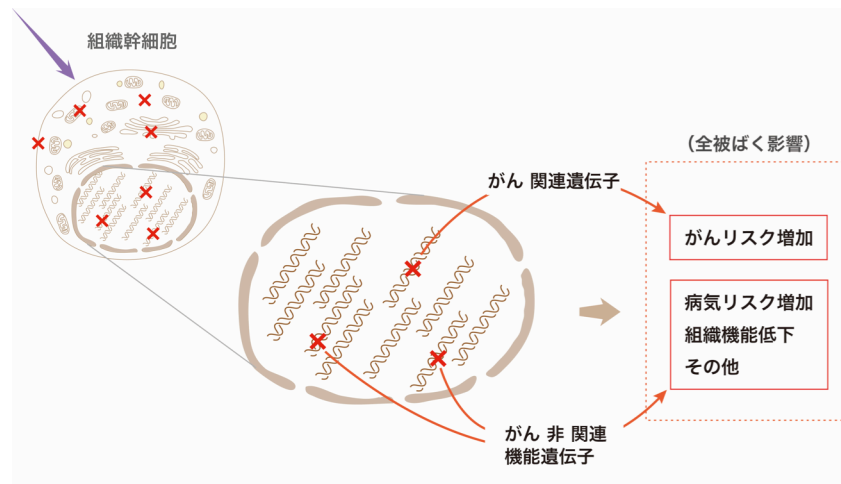
単なる健康法から、いつでも自分のペースで本格的なリスク低減の実現までレベルアップしてゆくことができ、被ばくリスクの消去を手に入れることができるでしょう。

被ばく相談では、これまで通りの相談やカウンセリングに加えて、相談者にこのような希望を与えることができるのではないかと考えています。

# --- CT 検査の被ばくリスク・影響の低減消去のしくみと消去までの時間---

日本低放射線協会 高橋希之

放射線被ばく影響の全体



放射線被ばく影響全体の概念図です。

幹細胞以外の細胞も被ばくしますが、～2年以内の寿命で消えてゆくため、確定的影響（組織反応）でない限り問題にはならないので、被ばく影響は幹細胞への影響です。放射線により細胞内の様々な分子や器官が損傷を受けますが、これらは常に新しい分子と置き換わるため、細胞死でも起こらない限り問題にはなりません。結局、遺伝子への影響が問題として残ります。

幹細胞の遺伝子のうち、がん関連遺伝子に突然変異が発生するとがんリスクに結びつきますが、その他の機能遺伝子に発生した場合にはがん以外の問題に結びつく可能性があります。様々な病気や組織の機能低下、老化などは、私たちの通常の人生で起こる問題ですが、生涯にわたる日常生活でこれらの機能遺伝子の突然変異が発生し蓄積していくことが原因の一つと考えられています。

幹細胞はその組織細胞を作り出す細胞であり、幹細胞に発生した突然変異はその組織細胞に受け継がれます。したがって、幹細胞の遺伝子の突然変異は組織細胞の遺伝子の突然変異になり、細胞の機能、すなわち組織の機能に問題が生じることになります。

したがって、日常生活と同様に、放射線被ばくは幹細胞の突然変異を増加させ、将来の病気、機能低下、そして老化などのリスクを高めます。

被ばくによるがんへの影響を消去するには、がんリスクの増加分だけを低減消去していけばいいのですが、被ばく影響全体を消去するには、放射線により発生する突然変異全体の増加分を低減消去する必要があります。

この方法により、被ばくによる「がんリスクの低減消去」と「被ばく影響全体の低減消去」が可能になります。

### 被ばくリスク低減消去のしくみ

組織ごとに、組織の全幹細胞による生涯の全身 DNA 複製回数とがんリスクは一次の強い相関がある（比例している）ことが示されました(Tomasetti 2015)。したがって、個人の全身の幹細胞の生涯の全身 DNA 複製回数と生涯の全身のがんリスク（全がんリスク）は比例すると考えられます。

次に、突然変異は DNA の複製時に発生する確率が高いため、生涯の全身 DNA 複製回数は全身の幹細胞の生涯の全身の突然変異数に比例すると考えられます。

したがって、「個人の生涯の全突然変異数と生涯のがんリスクは比例します。」

体全体の幹細胞にできる突然変異の数が多ければがんになる可能性が高くなるというのは、理解しやすいと思います。

以下では、体全体の幹細胞にできる突然変異数を「全突然変異」と呼び、全身のがんリスク（いろいろな組織のがんのリスクの合計）を「全がんリスク」と呼びます。また男性の場合を例に説明します。

通常の日常生活で、年齢に伴い(A)のように、全突然変異が増加します。これは全がんリスクの増加を意味し、最終的な全突然変異ががんリスク 65%に相当します。

全身の全突然変異の中にはリンパ球にできる TL（転座タイプの染色体突然変異）も含まれます。TL は体全体の突然変異（全突然変異）の一部なので、通常の生活では、(A)のように、全突然変異に連動して同じように増加していくと考えることができます。

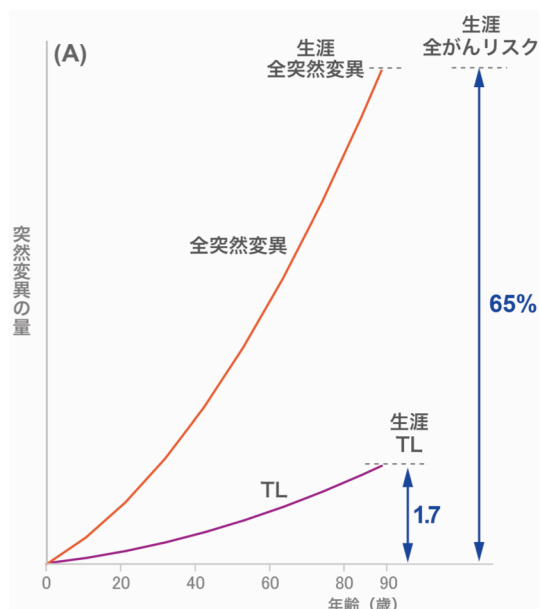
生涯（90 歳までと仮定）の全突然変異が生涯のがんリスク 65%に相当します。この時 TL 値は 1.7

になっています。すなわち、TL 値 1.7 ががんリスクの 65%に相当します。

この TL を以下のように利用することで、本リスク低減法が可能になります。

がんリスクの低減の場合には、がんリスクを測るための道具として TL を用います。

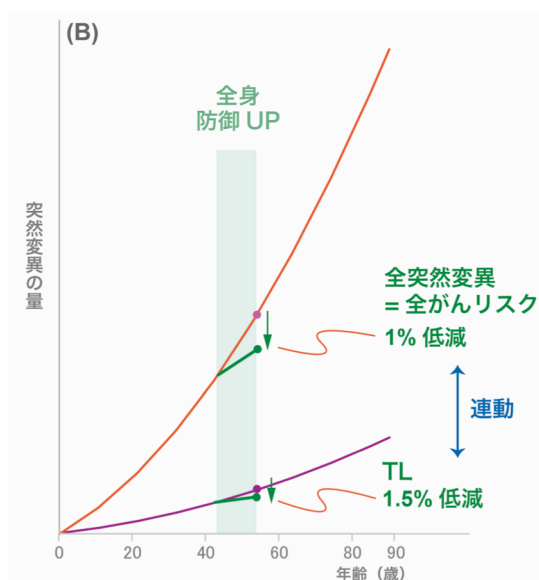
被ばく影響の低減の場合には、TL 自体を低減します。（提案書にはこの方法を記載しています。）



### 「がんリスクの低減消去」

がんリスクが低減すべきターゲットです。

DNA 防御機能を向上させると、全突然変異（＝がんリスク）が低減することは間違いありませんが、がんリスクの低減を直接に知ることはできないため、TL を用いて間接的にがんリスクの低減を追跡します。

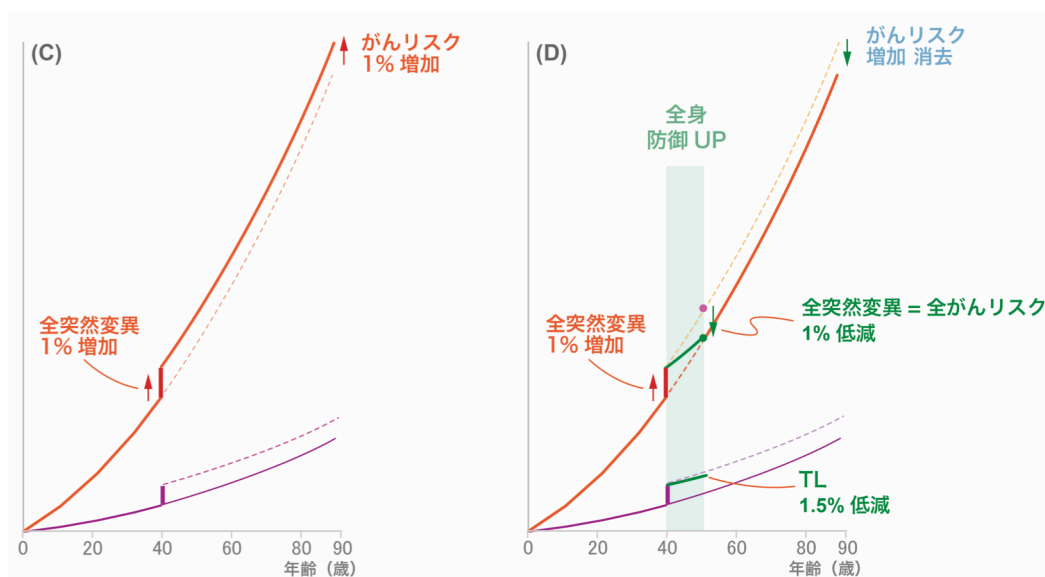


DNA 防御機能を向上させて、全身の突然変異を低減する行為をおこなう場合、全突然変異（＝全がんリスク）と TL は連動して低減すると予測できます。

しかし、低減効果が 1:1 の関係にあるとは限りません。実際の集団の TL の低減とがんリスクの低減のデータからは、がんリスクの低減率は TL の低減率の 0.67 倍と見積もられます。すなわち、TL が 1.5% 低減するときには、がんリスクは 1% 低減することになります（図 (B)）。

例えば、がんリスクが 90 歳までの生涯リスクで 1% 増加した時、その増加分を消去するには、生涯リスクで 1%、すなわち、90 歳の時点の TL で 1.5% 低減できれば良いことになります。

これが、本リスク低減法によるがんリスク低減消去のしくみです。



ここで、被ばくにより、がんリスクが 1% 増加する場合、それは全突然変異が増加して全がんリスクが 1% 増加したことを意味します（図 (C)）。このままなら増加分を生涯持ち続けることに

なります。そこで、この1%の増加分を低減消去するために、全身の防御をUPします。すると日常生活での全身の突然変異の増えるペースが減少し（図(D)のがんリスクの緑線）、TL も同時に連動して低減して行きます（図(D)の TL の緑線）。

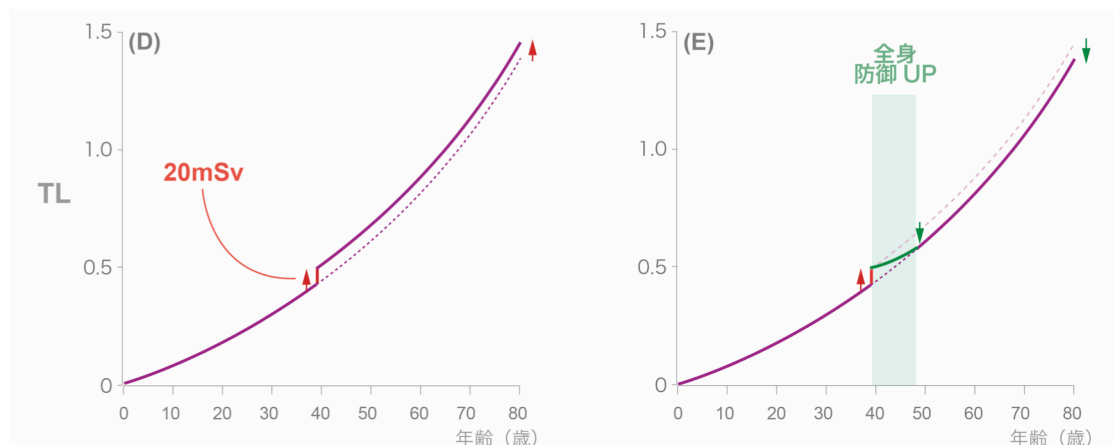
TL が1.5%分低減した時に、全がんリスクは1%低減しているはずです。こうして、TL を追跡して1.5%分低減した時に、全突然変異（＝全がんリスク）が1%低減し、被ばくによるがんリスクの増加分は消去されます。

### 「被ばく影響全体の低減消去」

この場合、TL はがんリスクの低減を知るための道具ではなく、TL 自体が低減すべきターゲットです。

TL は放射線による突然変異（クラスター突然変異）全体の代表であり、TL の低減は放射線による突然変異を総合的に低減していると考えられます。DNA 防御機能の向上により TL が低減することで、放射線による他のタイプの突然変異もすべて低減すると考えられる理由は、TL は放射線により発生する様々な突然変異のうち最も危険で最も修復が難しい突然変異であり、TL を防御低減できるということはそれ以外の突然変異はより効率良く防御低減できると考えられるからです。

したがって、被ばくにより増加した TL と同じ量の TL を低減することが、被ばく影響そのものを



低減することになります。

過去の被ばくにより発生した突然変異そのものはどうにもできませんが、その後の日常生活で、被ばくによる突然変異と同じものを低減すれば、被ばく影響そのものを低減消去するのと同じ効果を得ることができるというのがこのしくみです。

以下に、この方法でリスク低減をおこなった場合の、消去までに必要な時間の見積もりの一例を示します。

## CT 検査によるがんリスク・影響消去までの時間

## がんリスク（全がんリスク）

被ばく時年齢 (歳)	到達年齢 (歳)	CT 検査部位	実効線量 (mSv)	全がんリスク 増加分 (%)	全がんリスク 消去まで (年)
10	20	頭部	1.4	0.0017	<b>0.4</b>
		胸部	7.0	0.0084	<b>2.1</b>
		腹部 - 骨盤	10.0	0.0121	<b>2.9</b>
	30	頭部	1.4	0.0017	<b>0.4</b>
		胸部	7.0	0.0086	<b>1.8</b>
		腹部 - 骨盤	10.0	0.0123	<b>2.5</b>
	90	頭部	1.4	0.0301	<b>0.3</b>
		胸部	7.0	0.1506	<b>1.5</b>
		腹部 - 骨盤	10.0	0.2152	<b>2.1</b>
30	90	頭部	1.5	0.0212	<b>0.1</b>
		胸部	9.4	0.1326	<b>0.7</b>
		腹部 - 骨盤	14.5	0.2045	<b>1.1</b>
60	90	頭部	1.5	0.0113	<b>0.05</b>
		胸部	9.4	0.0709	<b>0.3</b>
		腹部 - 骨盤	14.5	0.1093	<b>0.5</b>
60	90	胸部 6 回	56.4	0.4253	<b>1.7</b>
		腹部 - 骨盤 6 回	87.0	0.6560	<b>2.7</b>
60	90	(任意の部位)	100.0	0.7540	<b>3.1</b>

## 部位がんリスク

被ばく時年齢 (歳)	到達年齢 (歳)	CT 検査部位	CTDI vol (mGy)	部位がんリスク 増加分 (%)	部位がんリスク 消去まで (年)
10	20	胸部 (肺)	13	0.001	<b>2.0</b>
		腹部 - 骨盤 (大腸)	15	0.009	<b>18.6</b>
	30	胸部 (肺)	13	0.090	<b>1.6</b>
		腹部 - 骨盤 (大腸)	15	0.413	<b>11.6</b>
	90	胸部 (肺)	13	0.015	<b>1.0</b>
		腹部 - 骨盤 (大腸)	15	0.359	<b>3.5</b>
30	90	胸部 (肺)	13	0.023	<b>0.8</b>
		腹部 - 骨盤 (大腸)	18	0.043	<b>2.3</b>
60	90	胸部 (肺)	13	0.041	<b>1.1</b>
		腹部 - 骨盤 (大腸)	18	0.045	<b>1.8</b>
70	90	胸部 (肺)	13	0.050	<b>1.5</b>
		腹部 - 骨盤 (大腸)	18	0.045	<b>2.1</b>
60	90	胸部 6 回 (肺)	78	0.247	<b>6.3</b>
		腹部 - 骨盤 6 回 (大腸)	108	0.270	<b>10.5</b>

## 被ばく影響全体

被ばく時年齢 (歳)	CT 検査部位	実効線量 (mSv)	全身換算被ばく影響 消去まで (年)	部位の被ばく影響 消去まで (年)
6	頭部	1.4	<b>1.3</b>	52.2
	胸部	5.0	<b>4.5</b>	11.8
	腹部 - 骨盤	7.5	<b>6.6</b>	13.2
10	頭部	1.4	<b>1.1</b>	42.9
	胸部	7.0	<b>5.2</b>	9.6
	腹部 - 骨盤	10.0	<b>7.2</b>	10.8
15	頭部	1.4	<b>0.9</b>	34.9
	胸部	8.0	<b>4.9</b>	7.9
	腹部 - 骨盤	12.0	<b>7.1</b>	8.9
30	頭部	1.5	<b>0.6</b>	31.8
	胸部	9.4	<b>3.8</b>	5.2
	腹部 - 骨盤	14.5	<b>5.7</b>	7.1
60	頭部	1.5	<b>0.5</b>	24.7
	胸部	9.4	<b>3.0</b>	4.1
	腹部 - 骨盤	14.5	<b>4.6</b>	5.6
60	胸部 6 回	56.4	<b>16.6</b>	22.9
	腹部 - 骨盤 6 回	87.0	<b>24.6</b>	30.5
60	(任意の部位)	100.0	<b>27.8</b>	



(見積もり表の注釈)

この表は一例であり、被ばく年齢、到達年齢、線量は自由に設定して見積もることができます。

到達年齢とは、がんリスクを評価する年齢で、何歳までのリスクを問題にするかです。

「がんリスク」の実効線量は文献値を用いています(青山他 Jpn J Health Phys. 47, 270-281, 2012)。

また、「部位がんリスク」のCTDIvol は、日本の診断参考レベル(2020年版)の値を用いています。

(実際の吸収線量はCTDIvolの1.1~1.2倍程度)

「被ばく影響全体」の「全身換算被ばく影響」とは、部分被ばくを全身被ばくに換算して計算したものです。実効線量はがんリスクの観点での換算ですが、がん以外の影響の全身換算はデータがないため、実効線量による換算を行いました。「部位の被ばく影響」は、実際の被ばく細胞で放射線の影響を消去することになるので、最も完全な被ばく影響の消去になります。しかし、日常で発生する突然変異の中から放射線による突然変異と同じものを低減してゆくので、非常に長い時間がかかります。

### 本リスク低減消去法の使い方

上記のように、「がんリスクの消去」と「被ばく影響全体の消去」が可能です。すべて同じ行為(防御成分の摂取管理)により達成できます。したがって、同じCT検査における効果内容の違いは、継続期間の違いによるものです。見積もり表に示すように、内容に応じて消去時間が異なり、大まかには以下の順に時間が長くなります。

[短期間] 全がんリスク低減 → 被ばく部位(組織)のがんリスク低減 → 放射線影響の低減(全身に換算) → 被ばく部位(組織)の放射線影響 [長期間]

利用者が何を消去したいのかで、選択することもできますが、継続するうちに段階的に順にリスクが消えていきますので、不安が消えて満足できるところまで継続するのが良い方法でしょう。

例) 10歳時に胸部CTを受けた場合

90歳までのがんリスク(到達年齢90歳)の増加分の消去時間は1.5年です。1.5年継続すると、一般にいう被ばくリスクは消去できます。1.8年継続すると30歳までのリスクの増加は消去できます。2.1年継続すると20歳までのリスクが消去できます(若い頃はがんになる人が少ないので放射線の影響が大きくなります)。肺がんリスクは、ほぼ同じぐらいの時間で消去できます。しかし、被ばく影響全体の消去にはもう少し時間がかかります。

見積もり表の全がんリスクの到達年齢90歳の値が、一般の被ばくリスクにあたります。CT検査を複数回受けても、現実的な時間範囲で消去が可能だとわかります。

中高年の場合、とにかく全身のがんリスクが問題になる時期なので、全がんリスクの消去ができれば十分でしょう。しかし、たとえCTリスクを消去できてひと安心しても、通常の一般平均の大きながんリスクは相変わらずありますので、リスク低減を継続して“がんに近づきにくい生活”を送る

ことで、一般平均よりがんリスクの小さな状態を維持するのが良いでしょう。

一方、子供の場合には、がんリスクと言うより、被ばく影響そのものを全部消去して被ばくしなかった状態に戻したいと、親は考えるでしょう。本リスク低減法の本来の利用法です。全身換算被ばく影響の消去まで継続できれば、それが可能ですし、それまでにがんリスクは完全に消去できています。まず、全がんリスクを消去してひと安心し、その後被ばく影響そのものから解放されるまで継続すれば良いでしょう。

そして、さらにがんリスク消去後の継続により、がんリスクの低減は続き、一般平均よりがんリスクが小さくなってゆきます。

### **リスク低減のために行うこと**

行うことは、毎日の食事で防御成分を一般の摂取量より多く（設定した範囲の量を）摂ることです。全て通常の食事で摂取する通常の栄養成分であり、幾つかの成分に留意した献立を考えるだけでいいのです。努力が必要なものではありません。あるとすれば、食後にアプリで食事内容を入力すること、そしてその食生活を継続することです。