

関の管理測定では担保できないほど低レベルに設定されており、自然放射線レベルと説明することは一般の方に受け入れやすいことと定量的にリスクを評価することは峻別すべきと思われる。

P.113

「看護職者が静脈注射を行うことができるようになって静脈注射を実施する機会が増加してきたことに伴い、…」

日本看護協会は、RIの静脈投与は、規制見直しの際の議論の対象外であり、いまでも看護師の業務ではないという立場を変えていない。リスクコミュニケーションの視点からは関係者の合意形成によるルール作りが望まれる。

「PETで使う放射性医薬品は、半減期が極めて短いために病院の施設内で製造され、法令（医療法・薬事法）の規制を外されています」

医療法の規制は外れていない。また、医薬品としてGMPに従い製造する場合には、薬事法の規制対象になる。

「PETを受けた患者の排泄物などは、短半減期であるために放射線防護上も放射性物質として取り扱う必要はありません。」

前のページの導尿患者に核医学検査が

行われた場合との書きぶりが異なっている。定量的な扱いをベースにすべきではないか。

また、少なくとも通知上は、放射性物質としての管理を求めている。例えば、投与量が200MBqでは、排泄量が投与時刻ベースでは40MBq程度で、検査後2時間だと20MBqとわずかなのでなどの説明があるとよいのではないかと思われた。

D.5.4 診療での放射線リスクマネジメントの課題

「リスクコミュニケーション」とは、リスク分析のあらゆる過程で、リスク評価者、リスク管理者、消費者、事業者、研究者、その他の関係者の間で、情報および意見を相互に交換することで、社会のあらゆる分野で、その取り組みが広がりつつある。そこで、リスクコミュニケーションの視点から放射線診療での放射線リスクマネジメントの課題の整理を試みた。なお、ここでの議論は、研究協力者である西澤真理子博士の仕事^{sixxx}をベースにしている。

D.5.4.1 フレーミング効果などによる放射線へのマイナスイメージ

学校教育、原子力施設の事故や放射性廃棄物の扱いに関連した放射線の扱いから、放射線に対してネガティブなイメージが一般に醸成されていると考えられる。そこに、医療での放射線利用の事故や診療で受ける放射線による発がんリスクの報道が加わり、

放射線診療に対して危険なものというイメージが形成されていることが考えられた。しかし、このネガティブなイメージが放射線診療の適正な利用を阻害するまでは一般には至っていないとも考えられる。日本放射線技師会が希望医療機関に対して提供しているレントゲン手帳の普及状況を調査した例では、外来患者のうち手帳の配布を希望したものは 0.3%を超えていないとされる。また、患者の年代別では、10-29 歳での希望者は少なく、中高年では女性の配布希望が多いという結果が得られている（諸澄、2009）。このように表面化する例は多くないが、潜在的にある懸念が表出することがあり、その場合に医療従事者が対応に苦慮しているという構図があるように推測された。この構図の背景としては、ある医療従事者から、放射線リスクの課題は「バンドラの箱」と評されたように、それと正面から向き合うことに前向きではなかった医療従事者の態度が寄与しているのかもしれない。このように、リスクを扱うことを避ける背景としては、医療従事者の行動原理として無害原理が作動し、患者に余計な不安を与えたくないという心理が働いていることが考えられる。このような心理状態を変えるには、パターンリズムからの決別が求められ、相応のマインドセットの組み替えが必要になる。しかし、医療倫理として、どのような態度が望ましいかは極めて難度の高い問いであり、到底、ここで論じることはできず、明確な解答は提示できない。いずれにしても、インタビュー調査で明らか

かになったように、患者の属性によって（子供、高齢者、妊婦等）放射線のどのようなリスクを懸念するか、また、その程度が異なること、さらに、医師、看護師、診療放射線技師のそれぞれによっても期待される対応が異なることから、各分野のそれぞれに対応した説明資料が必要であると考えられた。

フレーミング効果を低減するには、震災時の原子力施設からの環境放出の報道が深刻な風評被害をもたらしたことからも、そのリスクの程度を適切に伝えるように報道機関を専門家が支援する必要があると考えられる。

D.5.4.2 予防的なアプローチのリスク認知への影響

危険かも知れないものへの対応として、予防的なアプローチを取らざるを得ないことがある。しかし、このアプローチはあらゆる場面で正しいわけではない。放射線診療では、検査を抑制することの不利益がある一方で、放射線リスクの大きさは、これまでの疫学的な研究により一定の不確かさの中で推測ができる状況にある。放射線リスクのマネジメントでは、予防的なアプローチを取る必要性が低いというメッセージはリスク認知の偏り防止に有用であると思われる。

D.5.4.3 過大視されるリスクとか過小視されるリスク

放射線リスクは、リスクの種類によって過大視されたり、過小視されたりする。一般には放射線リスクは過大されていると思

われがちではあるが、透視下手技での放射線皮膚炎やそれに従事しているスタッフの手指の放射線皮膚炎はリスクを過小視した結果とも思われる。また、放射線の加齢促進作用による眼の白内障への影響も最近の疫学研究の知見が医療現場に十分に浸透しているとは言えないことがインタビュー調査から伺えた。リスクを過小視しないために、リスク情報を適切に提供することが必要であり、その活動が、知識不足に基づくリスク過大視の修正にも視すると考えられる。

また、リスク認知は主観的で、それを受け入れることの利益があることが理解できるかどうかで決定されるとされる。また、より親しみがあがり、自己選択でき、倫理的に問題がないリスクほど、受け入れやすいことが知られている。このため、これから受ける、あるいは受けた放射線診療が有益なことの理解を促進することが有効であると考えられる。また、自然放射線である航空機中の宇宙線被ばくやラドンによる被ばくは、放射線のイメージを修正させることが期待される。その上で、臨床での意志決定に参画しているという実感を増やすことや、その診療が社会的な指針に沿っていることを示すことも有益であると考えられる。

さらに、信頼性を得るコミュニケーションでの従来の基本モデルであった、

- ・能力認知モデル
- ・誠実さ認知モデル

だけでなく、主要価値類似性モデルなど心理学の新しい知見を取り入れた試みを試す

価値があると思われる。

D.5.4.4 リスクイメージの適正化

日常生活でリスクの大きさを実感するのは困難なことから、適切なインデックスを用いる必要がある。ICRP は実効線量を防護量としてのみ使い、曝露量として用いることやそれをリスク推計に用いることは望ましくなく、臓器別の線量をもとにリスク推計すべきとしている。しかし、医療でのトレードオフでは検査手法により照射パターンが異なり、この方法では、それぞれの臓器別のトレードオフを組み合わせで評価することになり現実的ではない。また、放射線科以外の臨床医に多くの指標の理解を求めるのも現実的ではない。さらに確立した放射線診療では、その有効性が明確で、利益と不利益（そのベースになる曝露量）にそれぞれ不確かさがあっても、結果としての判断に影響を与えることは多くの場合考えられず、厳密な評価がそもそも不要である。このため、ICRP が勧告するように各臓器の平均吸収線量をそれぞれ示して判断してもらうのは、果たして、妥当か疑問があると思われる。

代替手法としては、曝露量のみを情報提供するのではなく、損失余命など何らかのリスクメーターを併記することが考えられる。蒲生らによると化学物質のリスク比較では喫煙が最も高く数年から数十年で受動（間接）喫煙による虚血性心疾患で120日、ディーゼル粒子は14日で、以下、ラドンが続くとされている。他の種類のリスクを比較すると米国では、自動車事故207日、自

殺 95 日というデータが紹介されている。これに対し、放射線診療によるリスクは、60 歳女性が肺炎を疑われ胸部 X 線を 2 回受ける場合の損失余命は 0.0023 日で利益 1.02 日と比べ 1/450 倍とされており^{xxi}、このようなリスクの提示法が正しい認知に有益であると考えられる。飯沼は、生命表モデルを作成し、これらを曝露時の年齢別に示している。このデータは教育に活用できると考えられる。

D.5.4.5 リスクリテラシー向上の必要性

放射線リスクに限らず、様々なリスクに関する対応が今後も求められると考えられる。正しくリスクに対応するには、リスク情報を読み解く能力「リスクリテラシー」を高めることが必要である。その中で、放射線リスクは、歴史があり、知見が積み重ねられており、リスク対応のモデルになると考えられる。放射線診療での放射線リスクを適切に扱うことを日常化することは、この他のリスクマネジメントでも役立つに違いない。従って、このような活動は、バランス感覚を養うことに役立つ。社会のリスクリテラシーが未熟であると、イメージに引きずられ不合理な施策が展開され、新規科学技術発展が阻害され兼ねない。そう考えると、身近な医療での放射線リスクを冷静に扱い、リスクリテラシーを高めることは、持続可能な社会の形成にも寄与すると考えられる。

そのためには、放射線診療に関わる各ブレイヤーが各自の社会的影響を自覚し、責任のある行動を取ることを促進するために、

建設的な議論ができるような実践的な取り組みが求められる。

D.5.4.6 曝露の指標

前項にあるようにリスクメーターが示されると曝露量指標の意義は相対的には小さくなるが、放射線防護分野では指標の選択で歴史的な議論があるようである。臨床的な視点からは、このような議論の意義は乏しいと考えられるが、以下によくある議論として、曝露の指標としての実効線量指標の問題とその考え方の整理を試みた。

問題点 1-1) 患者が受ける線量では線量限度のような基準値と比較する必要がない。

確かに基準値と比較する必要はない。しかし、何かの指標を用いて曝露量を推計するのは、何らかの意志決定に役立てたいからに他ならないはずである。このため、推計するのであれば、その結果を何かと比較するのが前提になる。

問題点 1-2) 比較すべき数値としてガイダンスレベルがあるが、これは入射線量であったりしますので、この点からも実効線量を求める意味はない。

ビームサイズなどが同じであれば、入射表面の位置での空気カーマなどを指標にして曝露の大小を比較するのは、現実的である。従って、患者さんの電離放射線の曝露の代用指標として、防護量としての標準人を仮想した実効線量算出のための係数を用いた統合した実効線量を用いるのではなく、入射表面の位置での空気カーマを用いるのがより現実的であるということであれば、

その考え方は成り立つ。もっとも、ビーム中心の放射線の量の最適化を考えるのであれば、ビームサイズ最適化などを考えるべきであると思われる。また、X線CT装置の画像再構成機能の高度化を利用し、耳鼻科医の理解も得て、スキャンさせるビームの入射角度を変えて水晶体への線量を1/8にすることの妥当性やガントリからの散乱線を防ぐような特性患者保持ベルトを使うかどうかを検討する場合には、複数の臓器の線量を考えることになるので、この考え方の範囲に収まらない。さらに、入射表面の位置での空気カーマを用いることが、歯科放射線での被ばく線量が大いという誤解を生む誘因になっているとすると、むしろ、適当な姿勢を仮定した標準人でのラフな推計の実効線量を用いた方が、より適切であると思われる。

問題点 2)最適化のときに比較すべきは、同じ検査の種類となるので、吸収線量や入射線量のほうが現実的である。この点からも実効線量は登場する必要がない。

診療科での透視検査の方法が異なる（患者のポジショニング）ために、入射線量に大きな違いがなくても、臓器に与える平均組織吸収線量に少なからぬ違いがあることが知られている。また、循環器領域の虚血性心疾患でPTCAを行うかどうかの術前診断で、

- ・肝動脈造影
- ・X線CT検査+RI検査

のどちらがよいかを比較するとき、ある特定の領域の吸収線量を電離放射線の曝露

の指標として用いることが妥当とは思えない。むしろ、このような場合のために、実効線量が用意されていると考えられる。

問題点 3)正当化では、リスクを評価する必要がある。この場合、実効線量はリスク評価には適さない。なぜなら、年齢や性の因子はリスク評価上重要であるから。実効線量でリスク評価を考える場合、ICRPが提示する名目確率係数をかけて求めることをしてしまう。

年代別標準人モデルを用いて求めた実効線量を使って、リスクの大きさを考える場合に、臨床医は、当然、年齢を考慮する。薬物の影響を考える場合でも、臨床医は、単に摂取量から判断せずに、各患者の年齢や肝機能、腎機能などから総合的に判断することを日常行っている。また、臨床医が推計したいリスクの大きさを求めている不確かさはそれほど小さくはない。さらにICRPが推奨する指標「入射線量」は放射線科医以外の臨床医に馴染みがなく、それが照射録に記入されても、リスクの推計には役立たない。その一方、臨床医でも放射線荷重係数や組織荷重係数の概念の理解は容易である。臨床医には、ビーム中心の強度や量に関する情報よりも、むしろ、ヒトとしての曝露の指標でデータを提供した方がよいと考えられる。

以上の考察を、ICRPの基本勧告改定の当初の意図であるクラーク提案に拡張してみる。

（基本思想の目的）

クラーク元委員長のアイデアは、防護体

系をより健全でわかりやすいものとする
ことを目指し、放射線防護の枠組みに一貫性
を持たせることを目的としていた。

(実質的な閾値導入)

このアイデアでは、リスク推定の適用範
囲をより限定し、低線量のリスクはないも
のと仮定し、集団線量を意志決定に用いな
いことを基本的な考え方にしている。

しかし、そもそも、小さいリスクはそれ
が0であろうがなかろうが小さいことに
変わりはない。

(指標としてのグループ線量の導入)

すなわち、ある線源から必要な放射線防
護がはかられているかどうかは、その線源
にもっとも曝露する人の線量が十分に小
さいかどうかで判断するとしている。

(曝露量の表示法)

また、リスクの定量評価は、直感的理解
が困難なため、政策決定者には難しすぎる
概念だとし、防護が充分かどうかは、人が
日常的にあびる自然放射線の何倍あるいは
何分の1として表すことを提唱した。

しかし、政策決定者はリスク科学の考え
方に親和性があると思われる。クラーク先
生の考え方は悲観的すぎるのではないか

また、そもそも、私たちは、年間2-3
mSv の線量を自然放射線で曝露しており、
その変動範囲内のような小さな線量のリス
クは扱う必要がないとしたのである

確かに、患者への説明で自然放射線の量
と比較することは、医療現場でもよく使わ
れている。

(この思想への批判)

この提案に対し、リスク科学の視点から
は、これまでのICRPの防護体系構築を大
きく後退させるものであるとして、厳しい
批判が寄せられた。

しかし、クラーク元委員長のアイデアは、
汚染地域の回復や放射性廃棄物処分場など、
様々な問題に現実的な解決が得られないこ
とに対して、なんとか解決の糸口を見いだ
そうとするものであり、政策的な視点から
は、大胆な試みであるとも考えられる。

なぜなら、わが国に限らず、原子力施設
の老朽化・廃炉、放射性廃棄物処分の費用
が大きな社会問題になりつつあるなかで、
クリアランス制度の導入の必要性などが増
しつつあるものの、その合意形成は容易で
はないからである。

さらに、自然放射性物質への規制導入が
各国で進められる中、しきい値の議論を避
け、LNT(Linear Non-Threshold)モデルを
用いない防護の枠組みをつくることを意図
しており、クラーク提案は、放射線防護の
基本思想へのラジカルな見直しの提言であ
ると考えられる。

(クラーク先生の考え方と医療分野の一般
的な思想との親和性)

放射線診療でも、胸部X線検査などでは、
リスクはないと患者に説明すべきという意
見は今なお根強い。

本提案は、このような医療関係者の主張
と通じる。

一方、クラーク提案では、制御すべき対
象の線量として制御可能線量に限り、その

基準線量を範囲で示していた。

基準を幅で示すことは、特に小さい曝露でのリスクの相対的な不確実性が大きいことに意識的であろうとするものの現れでもあった。

このように、クラーク提案は、低線量でのリスク推定の不確かさを、放射線利用や防護に関わる意志決定でどのように扱うかという問題に、真正面から素朴に挑んだものであったと考えられる。

クラーク提案のポイントの一つは、最も多く被曝した個人の健康に対するリスクが問題にならない(trivial)ものであれば、いかに多くの人が被曝しようとも全体のリスクは問題にならないというものである。

この考え方は、WHO のチェルノブイリ報告書でも採用されている。

すなわち、事故に伴う過剰発がん患者数の推定では、ヨーロッパ全域など低曝露グループのデータは用いられていない。

根拠が乏しいまま影響者数を多く示すことが誤解を与えることを危惧したのである。

このような集団線量の部分的使用は、「Workforce Dose」という概念とも共通する。

確かに、集団線量の大小のみで防護策の優劣を論じることは妥当ではなく、クラーク提案の考え方は、一般的な倫理的な原理として受け入れられる。

もっとも、小さい曝露で、事実上、その影響が無視できるとしても、リスクをゼロと見なすのは、やや乱暴であるかもしれな

い。だとすると、集団としてのリスク推計において構成員の受容可能なリスクを単純に加算しないと整理した方がより本質的であろう。

防護体系の重点を個人に置くことに伴い、最適化の原則を、集団線量を用いた費用便益分析に基づく ALARA(As low as reasonably achievable)から、最も高く被ばくするグループのなかの代表的な個人の線量が ALARP(As low as reasonably practicable)であることを保証すればよいこととすることが提唱された(ALARA から ALARP へ)。

しかし、医療分野での放射線防護の考え方に関しては、これらの新提案は抜本的な見直しを迫るものではなかったと考えられる。

D.5.4.7 比較するリスクと利益の範囲

長い経過期間を持つ患者でさらに検査を追加する場合にその放射線診療が正当であるというのは、どのリスクとどの利益を比較すればよいのか？は臨床現場での課題の一つである。線量を記録すると、過去に受けた検査の積算が容易にできる。一方、医療関係者は患者さんに無用な心配は与えたくないという無害原理を大切にしており、倫理的なジレンマが生じている。

事例化するのは、このような場面である。がんの放射線治療を受けた後に、経過観察のために定期的に放射線の検査(よくある

のがX線CT検査)をしましよと言われた患者や放射線科以外の主治医がふと思っ
てしまう、こんなに検査して大丈夫なのだ
ろうかという疑問に答えることが必要とな
っている。ここで、心配を強めているのは、
過去の放射線の曝露に加えて、検査を追加
することで放射線リスクがさらに増大する
と心配していることである。単にこれまで
の曝露総計からリスクを計算して、それと
追加する検査による利益を比較するのはフ
ェアではないと考えられる。しかし、この
ような使い方をされることを危惧している
のが、線量記録が普及しない理由の一つと
考えられる。しかし、過去の検査による放
射線の曝露は結果としてサバイバルできた
ことに寄与しており、過去の曝露によるリ
スクはある程度オフセットされているはず
である。だとすると、ベイジアン的なアプ
ローチか、個々の放射線診療でその妥当性
が検証されているので、過去の曝露を改め
て考慮する必要はないと整理することで解
決できるのではないかと考えられた。

これまでは、頻回に検査している患者は
原疾患のリスクが高く、それ故に、検査で
のリスクを受け入れやすいので、過大にリ
スク推計しても実害がないと考えられてい
たように思われる。しかし、その態度は倫
理的とは言えないのではないか。また、こ
のような場合は、ケースバイケースに考え
るとされてきた。個々の事情を考慮する必
要があるというのは正しいが、理論的な原
理を示さず、現場に押しつけることになっ
ているのは建設的ではないと考えられる。

ICRP がリスク推計に実効線量を用いる
ことを推奨しない理由は、そのリスク推計
に不確かさがあり、不適切に使用すると、
誤った結果になるということが主であると
考えられる。しかし、臨床医は薬の投与量
は様々な要素を総合的に勘案して決定して
いるように数字の持つ問題点や不確かさは
理解できることから、臨床医向けにはでき
るだけシンプルな指標を提示するというこ
とから、実効線量をもとに推計した曝露年
齢別の余命損失などの提示が望ましいので
はないかと考えられた。そうではないと放
射線科以外の臨床医には臨床判断ができる
ような判断材料が提供されたとは言えない。

以上の考察をもとに、具体的な事例を考
えてみると、現場で困っているのは、例え
ば、15歳の患者に対し、

- 1) X線CT検査で線量増加オプションを
使うかどうか(CTDIやDLPは放射線科以
外の臨床医では理解が困難なので、別の指
標を提示して判断してもらう必要がある
(照射範囲を増やすオプションだとCTDI
は不適切))、
- 2) それに透視装置を組み合わせる検査す
るかどうか、
- 3) さらに核医学検査を組み合わせる検査
するかどうか、
- 4) この判断に過去に受けた検査の放射線
量を考慮するかどうか(千葉大附属病院の
データだと2007年4月から2008年3月の
統計では小児での同一患者一人あたりの最
大放射線検査件数は85件/人、山岸、2009)
- 5) 将来、この患者が受ける放射線検査のこ

とも考慮するかどうか
という判断が迫られるような構造が考えられる。

過去や未来（検診プログラムを考える場合にも課題になり得る）の線量も考慮すべきかどうかという課題は、過去に受けた曝露のリスクへの割引率に帰着する。医療現場からは、数時間空けた場合、数日空けた場合、数週間空けた場合のリスク係数の低減の程度が知りたいとの要望があった。放射線治療の経験から、確定的影響に関しては、情報が提供できても、確率的影響に関しては疫学調査から、その知見を得ることは期待できない。このため、放射線生物からの知見をまとめて提供することが求められると考えられる。

D.5.5 リスクコミュニケーションを取り入れることの意義と今後の課題

これまで診療での放射線リスクの説明は、無害原理に基づき、心配ないことを強調するものであった。それがIVRでの放射線皮膚炎の遠因になったとも考えられる。このような症例が存在することが医療現場で知られたことやIVRに従事するスタッフの白内障のリスクが高いかも知れないというRSNAでの報告やX線CT検査をはじめとする放射線リスクの定量的な見積り目の研究とその報道は、その見直しを余儀なくされたと考えられる。この状況は食品など環境リスク一般とも共通する。これまで環境リスクに対し、行政側は「安全ですから心配しないでください」とアナウンスしてい

たのが、「すべてのものにはリスクがあります」と国民に判断を預けられ、それぞれのリスクリテラシーが問われているのと構造が類似している。さらに、放射線科以外の臨床医のリスクリテラシーが問われるのではなく、主体的に医療に参加すべきとされる患者のリスクリテラシーまでが問われるのである。環境リスク問題を正しく理解するには、メディアの質の高い解説が有用であるように、その支援が求められていると考えられる。幸い、リスクが曝露量に依存するというアイデアはかなり浸透しており、患者が（ごくわずかであれ）前向きにリスクテイクできるような環境整備が求められている。

また、これらの判断は患者さんが受ける放射線によるリスクだけではなく、医療従事者が放射線診療に関わることで受ける線量によるリスクの管理とも共通する。診療放射線技師よりも、放射線部以外のスタッフが受ける線量の方が多いこともある状況では、「医療被ばくハンドブック」のQ&Aにあるように単に説明して理解を得るだけではなく、関係スタッフ間で合意して放射線防護のルールを定めることが求められる。

D.6 核医学分野での課題

これまでの核医学診療分野では、放射性同位元素を受けた患者が規制されないという考え方が広がっていると考えられる。また、患者からの排泄物に関しても、規制を受けるか受けないか明確でないと考えられているように思われる。しかし、わが国でも、結果として、ICRP 94にほぼ準拠し、

リスクベースで規制され退出基準が設けられている。患者からの排泄物に関しては、医薬発第 188 号通知では国の技術的な基準として、

9 廃棄施設(第 30 条の 11)

(2) 患者の排泄物及び汚染物を洗浄した水等については、その放射性同位元素の濃度が別表第 3 又は別表第 4 に定める濃度を超える場合は本条の適用を受けるものであり、排水設備により廃棄することとされた。

とされ、リスクに依存し、規制を受けるものと受けないものがあることが明確である。また、医療機関の説明責任という観点からは、

- ・病棟に戻る場合の病棟の医療従事者（蕃尿など）
- ・その患者が交通事故にあった場合に救急処置を行う医療従事者
- ・患者が帰宅するのに利用する交通機関（タクシーなど）
- ・死亡した場合のエンバーミング担当者や火葬場職員
- ・紫外線検知タイプの火災報知器の反応時（ICRP 94 では議論なし）
- ・その他

があり、それぞれの事情に合わせて合意形成してルールを設けられていることが期待される。もっとも、ごくわずかなリスクであればそもそも合意形成が不要になる。同様に排泄物については、

- ・汚染したトイレの清掃（管理区域内外）
- ・排泄物を収集する廃棄物作業
- ・汚泥中に RI が集積する下水処理場（汚泥コンポストなど二次利用）
- ・医療機関で除外設備を設けている場合の汚泥の処理
- ・その他

に関係する方々と合意形成がなされていることが期待される。しかし、当事者意識が十分ではなかったのではないとも思われた。例えば、放射性廃棄物の規制の合理化を求める意見で、リスクの定量性を踏まえない説明がされている。

（医療関係者の意見）

したがいまして、私の意見の結論を言いますと、病院等での体内診断薬としてのテクネチウム 99m、それよりもっと身近な短半減期の廃棄物は、他の医療用放射性廃棄物とは例外的な規制を設けて、いわゆる放射性廃棄物の規制から除外していただきたいというのが私の意見です。以上です。

（コーディネータ）

会場の方からも、それと同じようなご意見があるのです。例えば「ラジオアイソトープを用いたインビトロ検査の廃棄物の取り扱いについて。特にプラスチック性のチューブ……」。私などはよくわからないので書かれた通り読んでいるのですが、「アイソトープによるインビボ検査というのでは、大量のアイソトープを患者に投与しています。そうすると、その投与後、病院に留ま

らないで市中を歩いていますし、例えばトイレではアイソトープが大量に排尿されています」と。

(医療関係者)

そうです。駅であろうと、家庭であろうと、どこでもそれは排泄、膀胱排泄、直腸排泄、いずれも自由です。

(コーディネータ)

この方は「メーターが触れなければ、これは医療廃棄物としての扱いでよいのではないか」というご意見のようです。これについては、先程おっしゃったのと、同じご意見ですか。

(医療関係者)

そうです。

http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/s_hinpo/00_13/giji13.html

このやりとりでは、メーターで触れる触れないで定量性を担保しようとしているとも考えられるが、ここで示されている例はサーベイメータでの検出は容易であっても、リスクが制御されているものであり、説明として破綻しているように思われる。

以下のやりとりは排泄物をめぐるものであるが、ここでも定量的な説明ではないので患者さんにはできるだけ長く医療機関にとどまった方がよいと曲解されかねない。ま

た、都市部では大口ユーザである医療機関は公共下水への放流は夜間になされることが多く、説明が事実と必ずしも則していないように思われる。なお、大阪府で淀川から毎年のように医療由来の I-131 検出されており、下水処理場では容易に医療機関由来の放射性同位元素が検出され、医療機関から公共下水に排出される下水からも検出は容易である。しかし、そのリスクは十分に小さい。

(医療関係者)

よくお医者さんで R I、R I というのは放射性物質のことを R I と言うのですけれども、R I を使うと危険じゃないかと言われます。一般にはお医者さんの使う放射性物質は短半減期と言いまして、すぐ消えてしまうものです。そこでは被曝しますけれども、トイレに 2-3 回行っているうちに出してしまうようなものとか、非常に短いもので、一時的に体の中に留まるものを医学ではよく使います。

(コーディネータ)

はあ。ちょっと全然話が違いますけれども、トイレに 2-3 回行くと出てしまう。そういうトイレに流れてしまったものというのは、どうなのですか。

(医療関係者)

そうなのです。結構難しくてですね、一般排水のトイレに行かないように、できるだけ病院に長い間いてもらって。

(コーディネータ)

ああ、そうなのですか。

(医療関係者)

病院のトイレというのは、出口の放射線量が高いのです。

(コーディネータ)

へえ。

(医療関係者)

それで病院には大きいタンクが置いてありまして、上澄みをチョロチョロチョロチョロ出すようにしてあるのですが、普通の家庭のこんな大きさのものと違って、はるかに大きいものが使っています。それでも、大学でよく告発がありまして、我々が調査に行くのですけれども、出ているのに放射性物質が混じっていないか、よくやります。

(コーディネータ)

では、そういう検査をした後は、なるべく病院に長くいたほうがいいわけですね。

(医療関係者)

そうですね。国民のためにはその方が。本人はたいして被曝しませんから、どうということはないのですが。

http://211.120.54.153/a_menu/shinkou/sh

inpo/00_09/giji09.html

D.7 リスクの大きさが限定的であることを検証するための低コスト疫学調査のコンセプト

十分な検出力のない疫学研究では、タイプ2エラーが制御できないので、見出したい差を見逃す危険性がある。しかし、リスクが容認できる程度であることを示すという疫学研究も意味があると考えられる。このような研究は曝露量の自動収集とエンドポイントの把握、さらに、エンドポイントに影響を与える因子が確認できると行える。また、米国では放射線診療技師を対象にした調査で放射線と加齢による白内障の関係に関する知見が得られており³³¹⁾、IAEAも地域での疫学研究を進めている³³²⁾ことから、低コストで効率的に行える疫学調査を検討する価値があると思われる。

D.8 患者説明用の医療従事者向け資料のコンセプト

インタビュー調査の結果、簡単でポイントを突いた説明が求められていることが推測された。多忙な医療スタッフが必要最小限の知識を得て、日々の診療に役立てることができることを目指した資料を作成するのが望ましいと考えられた。より詳しくは、市販の資料が充実しつつあるので、それを紹介することができる。

市販の資料を補うものとしては、当事者側に立った医療従事者からのメッセージ

を形成することが考えられる。妊娠中に放射線業務に従事した医療従事者や自らが放射線資料を受けた医療従事者が率直に感じたことを伝えるのも有益ではないかと思われた。

D.9 患者説明用の医療従事者向け資料への掲載Q&A

Q. 検査でどの程度の線量を受けますか？

A. ガイダンスレベルや放医研の全国調査などの表を提示。日常生活で受ける線量と比較させる。

Q. 日常の生活で受ける線量はどの程度ですか？

A. 1年あたり2.4mSv程度ですが地域によって異なり10mSv程度に達するところもあります(放医研のラドンマップ)。

【リンク】日常生活で受ける被ばく

<http://www.nirs.go.jp/research/jiscard/information/06.shtml>

【より詳しく知りたい方へ】K-40による内部被ばくの計算、放射能温泉の入浴剤による内部被ばくの計算

ウラン・トリウム系列による線量で最も大きいのはラドンの吸入による。屋内ラドン濃度100Bq/m³あたりの肺がん相対リスクは3-16%増加する^{xxiv}。

Q. 航空機内で受ける線量と胸部X線検査の線量はどちらが大きいですか？

A. 東京—ニューヨーク間往復では0.2mSv程度の線量を受けるとされています。これは胸部X線検査4回分程度です。

【リンク】

航路線量計算システム
<http://www.nirs.go.jp/research/jiscard/index.shtml>

Q. X線検査で受ける線量は大きいのでしょうか？

A. 検査の目的や体格で線量は異なります。

種類	実効線量(mSv)
一般X線検査	1
X線CT検査	8
胃の健康診断	0.6
胸部の健康診断	0.05
歯科X線検査	0.03
核医学検査	4

Q. X線検査を繰り返し受けても大丈夫でしょうか？

A. 検査を10回繰り返すと放射線リスクは10倍になります。しかし、検査で受ける線量が小さければ検査を繰り返しても放射線のリスクは大きくありません。検査はどれだけ追加するかは、追加した検査の必要性とこれまで受けた線量によるリスクのバランスなどで決まります。

Q. 検査を繰り返した場合の放射線リスクの大きさを教えてください

A. 低線量CTで、スキャン範囲も限定して実効線量が1mSvだとすると、千回で1Svになります。ここでリスク係数を0.05/Svとすると、100人中5人が放射線誘発の過剰ながんで死亡するようになります。一方、マンモグラフィの線量を一回10 μ Svだとすると、千回で10mSvなので、10万人あたりの過剰死亡は50人になります。乳がんの余命損失を30年と仮定すると、この仮定では、千回のマンモグラフィでの余命損失は6日となるでしょう。ただし、この推計は不確かさ大きく、それ以上リスクが大きくないことは明らかですが、それよりもリスクが小さい可能性は否定できません。

Q. 特定の手技での線量(例1: IVRでの線量)

Ablation(切除手術)を行ったところ、患者が妊娠していたことが後で判明し、循環器内科医から相談がありました。診療放射線技師からは、DAPとIVR基準点の空気カーマの情報提供がありました。胎児の受けた放射線の量を教えてください。

A. 線量は放射線部にお尋ね下さい。

平均的な症例を想定し、側方からの照射時の線量を計算すると入射面の空気カーマが1Gyの時に、子宮の平均組織吸収線量は0.01mGyで、卵巣の平均組織吸収線量は2.3mGy程度になるようです。

Q. 特定の手技での線量(例2: 造影検査での骨髄への線量)

1分あたりの透視線量0.0mGy/minで、1回あたりの撮影線量0.0mGyの場合に、骨髄にはどの程度線量を与えていますか?

A. 線量は放射線部にお尋ね下さい。

ビーム強度と照射の幾何学的条件から、等価線量を推測します。

Q. 放射線のリスクを年齢別に教えてください。

A. 放射線影響研究所のデータをグラフで表示。

Q. マンモグラフィで受ける線量を教えてください。

・マンモグラフィで受ける線量はとても小さいです。

・年間に自然放射線から受ける線量は、平均で1.4mSv程度です。マンモグラフィで受ける線量は多くても0.4mSv程度です。

・このため放射線リスクを特別に気にする必要はありません。

歯科放射線検査のリスク

Q. 歯科のデンタル撮影やパントモ撮影で患者さんにエプロンをかける施設とかけない施設があります。これは掛けたほうが良いのでしょうか?

A. この場合、防護衣の効果は小さく、放射線も小さいのでメリットはとても小さいと考えられます。

Q. 同じ線量でも小児は成人よりもリスクが大きいのでしょうか。

A. 5倍程度高いと考えられています。

(より詳しい説明)

曝露した年齢と生涯での致死がん発症確率の関係は、疫学研究からある程度データが得られています。小児のリスクが高いというのは、(1)組織の放射線感受性の違いと、(2)がんが発症するまでに生存できているかどうかという2つの要因で決まります。

Q. 検査回数の相談例：放射線治療後の経過観察の放射線検査

健康診断にて、2cm位の肺がんが見つかり、各検査を経て、ピンポイント放射線治療により、肺の影が消えました。以後経過観察として、2ヶ月に1回CT検査を受けていますが、最近の新聞等の情報によりますと、過剰な検査は、治療被ばくの恐れがあるといわれているようですが、検査回数を減少したいと思いますがどうなのでしょう？経過観察では、現在まで、CT検査合計7回受けています。

A. 経過観察のための検査は有益です。検査で受ける線量は目的に応じてできるだけ小さくしており、放射線のリスクよりも検査の利益が上回ると考えられます。

Q. 検査の間隔をあけると放射線のリスク

は小さくできますか？

A. 発がんリスクでは明確なデータはありません。そもそもリスクが小さく調べるのが困難です

(より詳しい説明)

間隔をあけると生体の修復機能がより発揮されやすくなるのが考えられる。事実、放射線治療では、このメカニズムの差異を利用して、照射計画を立てている。しかし、診断領域では、そもそも、線量が小さく、影響は小さい。このため、すぐ検査した場合と1週間空けた場合で、どちらの方の放射線影響が小さいかは差が見いだせないだろう。また、差があったとしても限定的で、臨床的には、そのことを考慮する意義は乏しい。

Q. 放射線防護ではプロテクタや衝立が重要と学びました。プロテクタがあれば、安全に仕事できます。しかしICUには防護衝立がありません。衝立を要求すべきでしょうか。

A. 放射線防護は総合的に考える必要があります。放射線部とも相談しましょう。

Q. 病室やICUでのポータブル撮影での立ち会いでは鉛防護衣が必要ですか？

A. 受ける線量は検査の種類、介助の方法、患者さんの体格、頻度によって異なります。放射線部と相談しましょう。

Q. 一般病棟のトイレでRIを投与された

患者の蓄尿をしています。放射線防護はどうすればよいですか？

A. 外部被ばくと内部被ばくをコントロールすればよいでしょう。放射線部と相談しましょう。

高度な質問

Q. 線量限度を超える線量は危険でしょうか？

A. 公衆の線量限度（1mSv/年）は放射線による発がん死亡のリスクを10万分の1になるように設定されています。つまり毎年1mSvの線量を50年間追加して受けるとがんによる死亡確率が10万分の1増加します。線量限度を超えた線量を毎年受けるとこのリスクが大きくなる可能性があります。

Q. 吸収線量と実効線量は違うのですか？

A. 吸収線量は局所の線量です。実効線量は全身の線量です。全身の部位のそれぞれの吸収線量をもとに各部位の放射線影響の出やすさを考慮して計算します。

Q. 放射線にはリスクがあるのですか？

A. ヒトでは3つの種類のリスクが知られています。皮膚炎などの組織障害、発がん、白内障など加齢促進です。

Q. 放射線はどうしてリスクをもたらすのですか？

A. DNAに損傷を与えることやフリーラジ

カルを発生させることで細胞の分裂に影響を与えます。

Q. 放射線診療で患者には線量限度が定められていないのは何故ですか？

A. 放射線診療はごくわずかなリスクを与えるだけでなく大きな利益を患者さんにもたしますので、必要な検査や治療を受けられるように線量限度は設けられていません。

Q. 検査で受ける線量が適切であるかどうかはどうやって判断するのですか？

A. 同じ種類の検査でも目的により必要な線量は異なりますが、診断参考レベルを目安にすることができます。

Q. 放射線診療従事者がある病気を発症した場合に、それが勤務中に受けた線量に起因するかもしれない確率はどのように計算するのですか？

A. 原因確率分析で計算することができます。

Q. 透析患者は核医学診療を受けられますか？

A. 放射線防護上、必要な配慮があれば受けられます。透析患者では透析タイミングを工夫すると核医学診療の質を下げることなく受ける線量を減らせる可能性があります^{xxv}。

Q. ひとたび被ばくした線量はDNAに何

らかの影響を蓄積し次世代へ伝えられますか？

A. 人類が地上に存在してから現在まで 40 万年とすると 1 万世代程度になります。この間に被ばくした線量は約 1000Sv になります。この影響が単純に蓄積されているとは考えられません。

Q. ドイツに 1 年間滞在して平成 10 年に帰国しました。献血を行おうとしたところ受け付けてもらえませんでした。チェルノブイリ事故の影響なののでしょうか？

A. 変異型クロイツフェルト・ヤコブ病対策として予防原則的にヨーロッパに滞在された方の献血をご遠慮いただいているものであり、チェルノブイリ事故とは全く関係はありません。

【詳しく知りたい方へ】WHO のファクトシート

Q. バイスタンダー効果とは何ですか？

A. 放射線に照射された影響が細胞間ギャップを伝搬し、酸化ストレスや細胞周期を早めることなどで発がんリスクが増加すると考えられる効果。その他、高線量では細胞死などがおこり放射線が効果的に発がんに寄与しないことなどから低線量域では単位線量当たりのリスクが小さくなるという考え方も提唱されています。しかし、これらの効果は疫学研究では検出されておらず、その寄与はあったとしても限定的です。

Q. 心臓 CT を受けた患者はどんどん乳がんを発症してしまうのでしょうか？

A. 1,000 人の 20 歳代の循環器領域の疾患を持つ女性を想定してみます。

・心臓 CT しない。

病状が悪化して、QOL 低下、寿命短縮 (〇〇人)

自然に乳がんが発症 (生涯で 1/30? とすると 33 人発症 (二項分布に従うはず))

・心臓 CT

治療により QOL の低下を来さない、寿命短縮を来さない (〇〇人)

乳がんが発症 (生涯で自然発症の 1/30? + 放射線誘発の乳がん死亡 MAX1/114 = 自然 33 人発症 + 最大 9 人の放射線誘発の乳がん死亡)

Q. 相対リスクと寄与危険は違うのですか？

A. 相対リスクはリスクを比で表現しています。寄与危険はリスクを差で表現しています。

(詳しい説明)

放射線のリスクの表現は大別して 2 種類に分けられています。ひとつは「相対リスク」で、同じ年齢と性の被ばくしていない人の死亡率 (あるいは罹患率) を 1 とした場合の死亡率 (あるいは罹患率) です (「何倍」と表現されます)。

「過剰」相対リスクとは、相対リスクから 1 を引いたものです。

もうひとつのリスクの表現法は「寄与危険」で、観察期間中に集団に発生した例数の曝露による増加分を表します（例えば「10万人・年・グレイ」当たり）。

放射線によるがん死亡の過剰絶対リスクは男女でほとんど違いはありません。しかし、自然発症のがんは男性の方が約2倍高いので、過剰相対リスクは女性のリスクが高くなります。

Q. ハザード比と何ですか？

A. 曝露による相対的な寿命短縮を示します。

Q. 乳がんの罹患率は集団で異なるのですか？

A. 乳がんの罹患率には集団による差異が大きく、人口10万人あたりの年齢標準（世界）年間罹患率は、次のように示されています（UNSCEAR 2002）

米国、ロサンゼルス（非ラテン白人）103.7

米国、ハワイ（白人）96.5

イスラエル（非ユダヤ人）21.3

米国、ロサンゼルス（韓国人）21.4

また、日本人のバックグラウンド乳がん発症率は、以下にデータがあります。

<http://www.jaeri.go.jp/dresa/dresa/chart/cr100430.jpg>

Q. 乳がん検診のリスクを教えてください。

A. 乳がん検診における乳房の等価線量は、3 mGy 程度とされています（UNSCEAR 2000 の表 24 だと日本のデータは平均 1.80 mGy（4cm 圧迫乳房に換算？）となっています。）。

また、乳房の名目確率係数は、0.2%/Sv とされています。

<http://mext-atm.jst.go.jp/atomica/pict/09/09040208/02.gif>

従って、両方の乳房についてX線検査を受けた場合の放射線誘発乳がんによる致死確率は、 $0.6E-5$ となります。

一方、乳がんの自然生涯罹患率は4%とする資料があります^{xxvi}（罹患率が人口10万人当たり43.6人とする資料もあり^{xxvii}、これだと、生涯をとおしてみると、女性のうち30人にひとり程度が罹患することになります）。

他方、乳がんは、5-10年生存率60-80%と比較的予後の良いがんであることが知られています。このため、乳がんの致死確率（乳がん罹患した場合に乳がん死亡する確率）を0.5とすると、乳がんによる生涯致死確率は、2%程度と考えられます。

従って、乳がん検診により、乳がんによる生涯致死確率は、2%程度から $2%+0.6E-3\%$ 増加することになります。この増加の割合を比で示すと、 $0.6E-3\%/2\%程度=0.03\%$

程度増加することになります¹。

従って、乳がん検診のリスクは、十分に小さいと考えられ、放射線被ばくのリスクとの比較的では正当化されるものと考えられます（ただし、検診の有効性は、また、別の議論になります）。ただし、その検診の質の維持・向上や防護の最適化の観点からは、放射線曝露量の制御も重要です。

10歳から15歳までの6年間に歯の矯正治療などのために歯科X線検査を150回程度行いました。検査時には、甲状腺防護用プロテクターは使用していませんでした。

Q1.甲状腺の線量はどの程度でしょうか？

Q2.甲状腺腫瘍のリスクはどの程度でしょうか？

A1.下顎大臼歯のデンタル撮影での甲状腺の線量は0.02mGy程度です。

パノラマでの甲状腺の線量は0.2mGy程度です^{xxviii}。

これらの検査を150回行くと、積算線量は、下顎大臼歯のデンタル撮影での甲状腺の線量:3mGy パノラマでの甲状腺の線量:30mGy程度になります（検査の方法や種類で異なる）。

¹ BEIR Vで示されたモデルを用い、40歳で乳がん検診を受けた場合の検査経過後の過剰相対リスクを計算すると以下のようになる。

5年	6.0E-05
7年	3.6E-04
10年	1.4E-03

A2.甲状腺に放射線が照射された場合の生涯での甲状腺癌による死亡リスクは、

5E-4/Sv

とされています^{xxixxxx}。

従って、甲状腺の線量が30mGyの場合のリスクは、1.5E-5になります。

（ICRP Publ.60（1990）では1万人1Sv当り8症例の増加^{xxxi}）

→ 30mGyだと寄与リスクは、1万人当り0.24人で検出は容易ではない。

一方、甲状腺がんの自然発生率は1E-5/y程度とされています（無症状のものを含めると

より高くなる可能性がある）。

なお、歯科放射線検査で甲状腺防護用プロテクターの効果は限定的です²。

² 4.5.2 甲状腺カラー

甲状腺は頭頸部領域で最も放射線感受性の高い臓器の一つである。甲状腺は口内法X線撮影時に頻りに散乱線に曝され、ときには一次線束に曝される。30歳以下の人にはそれ以上の人より放射線誘発甲状腺癌のリスクが高く、この年代の人に口内法X線撮影を行うときは甲状腺カラーを使用すべきであるという人もいる(55)。しかし、口内法X線撮影では矩形絞りを採用したときの甲状腺の防護効果は、甲状腺を鉛で遮蔽した場合と同一のレベルであろうし、加えて、さらに他の線量低減効果もある(21, 22, 40)。甲状腺遮蔽はパノラマX線撮影法では一次線束を妨げる可能性があるので不適切である。

頭部X線規格撮影法における鉛の甲状腺防護は、もしX線束の絞りが甲状腺を避けられないならば必要である。頭部CT撮影時に

Q. 個人の放射線感受性の考慮は必要ですか？

A. BRCA1/2 mutation などでは放射線感受性が高いことが知られています。しかし、DNA 修復遺伝子の突然変異のヘテロ保因者におけるリスクはよく分かっていません。XPA DNA 修復遺伝子に創始者変異をヘテロに有する人が日本人集団の約 1% を占めるとされています^{xxxii}。

・特異的な患者さんでの診断・治療では個別の配慮が必要なことがあります。ただし、XP でも放射線検査は必ずしも禁忌ではありません^{xxxiii}。

Q. 小児 X 線 CT 線量低減プログラムを導入する意義はありますか？

A. インパクト推計するとよいでしょう。

高線量群で 1 件の線量を 1mSv 低減:8→7mSv

1.3→1.1/千人 (小児のリスク係数 0.16/Sv の場合)

低減集団線量:3 割の症例で 1mSv/件低減: 340 人・Sv

114 万件/年、平均実効線量 5.8mSv (西澤,2004)

過剰死亡低減: $340 \text{ 人} \cdot \text{Sv} \times 0.16/\text{Sv} = 55 \text{ 人}$

は甲状腺遮蔽は 45% の放射線量を低減することが認められており、特に若年層には強く推奨される(5)。
<http://www.soc.nii.ac.jp/jsomr/European%20guidelines.pdf>

リスク係数 0.05/Sv の場合 17 人

正当化されうる社会投資

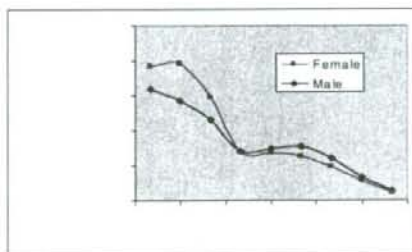
寿命延長 1 年のためにかけられるコスト (WTP)

平均 600 万円、中央値 100 万円、割引率 2% (大日,2003)

54 億円 (平均値)、9 億円 (中央値)

リスク係数:0.05/Sv:17 億円 (平均値)、3 億円 (中央値)

2001 FDA Science Forum: Estimated Benefits of Proposed Amendments to the FDA Radiation-Safety Standard for Diagnostic X-Ray Equipment



Q. 廃業した病院などが放射性廃液などの処理を適切に処理していない場合、廃液が流れ出て放射線に被ばくすることがあるのでしょうか？例えば、その病院の前の道を歩いたりするだけで被爆しますか？また、その危険度はどのくらいでしょうか？

靴などに汚染物質が付着して二次被爆のようなことはありえますか？

また、被ばくしたかどうかの確認はどのようにすれば確認できますか？

A. 行政機関がきちんと確認しており心配