



Photo: Masaaki Abe

Index

「根拠はどこから？」	
— 低線量放射線を怖がる人と怖がらない人 —	中島 裕夫 1
第17回テクノ技術情報セミナーを開催いたしました	6
【特別講演 1】	
「放射線防護に係る規制及び自主点検の現状等」	平地 康一 8
【特別講演 2】	
「放射線被ばく管理に関する労働安全衛生マネジメントシステム ～当院のマネジメントシステム導入について～」	河内 康志 10
〔コラム〕 78th Column	
【除染除去土壌を考える】	中川 恵一 12
〔施設訪問記⑧〕	
— 東北大学先端量子ビーム科学研究センター（RARiS）訪問の巻 —	13
公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ	18
〔サービス部門からのお願い〕	
測定依頼票のご記入のお願い	19

「根拠はどこから？」

— 低線量放射線を怖がる人と怖がらない人 —



中島 裕夫*

私たちは、何かを理解したり、決断したりするときに、根拠を必要とします。そのための根拠とは、どのようなものなのでしょう。そもそも根拠とは、ある判断が正しいことを示す拠り所としての客観的な情報・事実・データを意味する言葉です。この客観的な情報・事実・データをどこで入手したかが判断の分かれ道となります。しかし、分かれ道で分かれた全く逆の判断でも、それぞれの判断をした本人たちにとっては、その判断が正しい判断として認識されるのです。根拠となるものはその人にとって重要な影響力を持っています。ですから、間違った根拠に誘導されたり、自らつかんだりしないことが肝要です。しかし、万人が長い間正しいと思われた根拠ですら変わることがあります。その良い例として、医療の根拠となる解剖学に関する、ガレノスの解剖学書とヴェサリウスの解剖学書の興味深い話をご紹介します。

ガレノスは、ローマ帝国支配下のギリシャの医学者で古代における医学の集大成をなしました。彼の学説はルネサンスまでの1500年以上にわたり、ヨーロッパの医学において絶対的なものでした。しかし、1539年にアンドレアス・ヴェサリウスは、ガレノスの間違い（血管の始まりは肝臓ではなく心臓であることや、下顎骨はたった一つの骨からできていて2つではないことなど）を明確に指摘して近代解剖学の父となりました。1500年にわ

たった医学における根拠が大きく変わったのです。

このように、根拠とは、不変的でいつも正しいものとは限らず、科学の進歩や時代の流れ、そして、個人の見識によっても変わります。本稿では、今日、話題となっている低線量放射線問題と根拠の関係について考えてみたいと思います。

2023年は、福島第一原子力発電所からのトリチウム水放流で国内外が沸き立った年となりました。この放流では、「危ない」とする意見と「問題ない」とする意見に分かれての賛否両論となりました。この賛否両論には、双方にそれぞれの根拠が存在していますが、突き詰めますと、放射線は微量でも「怖いものである」か、「そうでない」とする根拠の違いに行き着きます。

怖いことの究極を考えると、それは、死につながることで、トリチウム水問題が大きくなったのは、死亡率が高い問題として捉えられたからなのでしょう。しかし、必ずしも死亡率が高いものが怖いものとして選ばれるわけではないことが学生へのアンケートで分かっています。私の講義の初日には、いつも学生に最も怖いもののアンケート調査を行います。面白いことに、10年以上にわたって、順番は変われど、テロリズム、麻薬、ピストル、原子力発電のトップ4は変わっていません。また、放射線に被曝した場合、何

* Hiroo NAKAJIMA 大阪大学 核物理研究センター 特任教授/放射線科学基盤機構 招聘教授/医学系研究科未来医療イメージングセンター 招聘教授

を最も怖れますかという質問では、常に2～3%の人が脱毛を答えに挙げています。いずれにも共通したことは、回答者にとって未知であったり、自分でコントロールする方法が分からなかったりすることの不安からくるイメージがもとになっているようです。そのため、必ずしも死亡率が高いものが怖いものとして選ばれるわけではないようです。

多くの人が、放射線に得体の知れぬ怖さを感じています。大量の放射線を浴びると甚大な健康影響が起こることは確かなことです。これは原爆被爆体験や高線量の動物実験などによる事実からすべての人が周知のことで疑う余地ありません。しかし、線量が低くなってきてもその怖さがほとんど変わらない人が多いです。なぜなのでしょう。変わらない怖さを感じるということは、それなりの根拠があるはずです。

赤ちゃんが初めて「ママ」や「パパ」と言葉が発するときにはとても感動的ですが、次の言葉が「放射線、怖い」と言うことは決してないでしょう。しかし、年齢が進み、ある時がくると「放射線は怖い」と言う人が増えてきます。これは、高いところに上がるとお尻がムズムズしたり、震えたりするのは違い、生後の教育や見聞きしたことが、根拠となっていると言えるでしょう。

因みに、醤油をたくさん飲むと命にかかわることはご存じでしょうか。子供の致死量は20～250mlなのです。醤油も結構怖いものですね。しかし、摂取する醤油の量をどんどん減らしてくると、どこからかでは、怖いものではなく、日本食での大事な調味料となります。刺身や大根おろしにかける量で怖がる人はいないと思われます。ただ、醤油の影響は組織反応（確定的影響）で確率的影響ではないからと言われるのであれば、ヒジキの無機ヒ素（平均77mg/kg:カナダ食品検査庁）、焼き魚の焦げの中にあるGlu-P、Trp-Pなどは、確率的影響である「がん」を誘発す

放射線被曝と生活習慣因子のがんの相対リスク比較

放射線の線量 (ミリシーベルト)	がんの 相対リスク	生活習慣因子
1,000～2,000	1.8	
	1.6	喫煙
	1.6	大量飲酒（毎日3合以上）
500～1,000	1.4	
	1.4	大量飲酒（毎日2合以上）
	1.29	やせ（BMI<19）
200～500	1.22	肥満（BMI≥30）
	1.19	
	1.15～1.19	運動不足
100～200	1.11～1.15	高塩分食品
	1.08	
	1.06	野菜不足
100未満	1.02～1.03	受動喫煙（非喫煙女性）
	1.00	
	検出困難	

出典：国立がん研究センターHP

る物質ですから問題となるはずなのですが、日本では、食品として普通に摂取されています。この微量については容認されているようです。これは、微量でも許されない放射線とは大きな違いです。

上表に生活習慣因子の発がん相対リスクと放射線による発がんリスクを比較した表を紹介いたします。驚くことにここに挙げられている生活習慣因子よりも100mSv未満の放射線被曝の方が、発がん率は低いのです。

では、どのような量の放射線でも怖いと思う人の根拠とはなんなのでしょうか。

焼きたての焼き芋を握ったら大やけどをしたので危ないから次からは食べないようにしようと思います。しかし、熱いうちに、早く、美味しく食べたい。そこで、熱くてもちょっとずつ触っているうちに、なんとか食べられることに気が付き、触る時間を短くしたり、焼き芋の温度が適度に下がったりすれば、やけどしないことを経験によって分かります。しかし、放射線では、そのような実体験をすることがほぼ不可能です。実体験がないために色々なところから聞かされる情報のみによって得体の知れない怖さを感じているのではないのでしょうか。安部公房の「枯尾花の時

代」(エッセイ集『砂漠の思想』1965講談社所収)で書かれているように得体の知れない怪物でも、ひとたびライオンと名前を付けて情報を共有すると、怖さが限定されてライオンにしか過ぎなくなるように、放射線についても正しい情報を共有して怖さを限定することが重要なのだと思います。

とはいえ、放射線に関係することは、非日常で、実体験ができないために、安心かどうかの線引きが感覚的には想像できません。そこで、一般的には、測定した線量という数値に頼ることになります。しかし、子供の頃から聞いた原爆被爆の話では、どれくらいの線量の被曝でどのようなことが起こったかの説明が欠けており、人体影響に係る線量(数値)を聞いても、実体験と一致できないので身につまされないことから、ピンとこない、実感がない、意味がよく分からない、そして、最後には聞く耳を閉じてしまうことになってしまっています。ここが科学と感情の分かれ道なのかもしれません。

ちなみに、福島第一原子力発電所で放流されるトリチウム水の放射能は1ℓ当たり1,500ベクレル(Bq)未満です。Bqという単位が分からなくても良いように他の比較例を挙げてみましょう。WHO(世界保健機関)では、トリチウムの飲料水中の濃度を放流濃度の7倍近い1ℓ当たり10,000Bq以下と規制しています。そして、もともと宇宙から来る放射線などにより地球上で1年間に自然発生しているトリチウム量はおよそ100,000,000,000,000,000Bq、加えて、ほぼ同じ量のトリチウムが世界の原子力発電所から毎年放出されています。さらに、原爆実験の名残のトリチウムが世界の原子力発電所の年間放出量と同等量残存しています。今、福島第一原子力発電所が抱えている量は、毎年自然に発生している量の100分の1ほどで、これを40年近くかけて放流する予定なのです。そして、ヒト成人(65kg)あたりの体内に蓄積しているトリチウム量は100Bqです。少

なくとも、福島でのトリチウム水放流が与える地球全体に対する、あるいは人一人に与えるインパクトを想像することができませんでしょうか。

怖いと思うことは、人それぞれで、他人がとやかく言うべきものではありません。あべのハルカスなどにあるガラス張りの床は、車に乗っても割れない強度があり、科学的に人に乗っても安全であることは証明されていますが、それでも怖くてガラスの上を歩けない人に無理強いすることはよくありません。放射線を怖いと言っている人に科学的安全性を示しても同じことだと思われます。しかし、高所を怖がることは別で、前述のように放射線が怖いことは生まれつきのことではございません。放射線は知識の上にある恐怖ですから、なぜ、どのようにして、それが体得、インプリントされたかが焦点となります。

低線量放射線生物影響を評価するには、多くの人が苦手な統計解析データを根拠にして考えざるを得ません。統計には数字がつきものです。本誌No.544('22.4.1発行)の「原爆被爆の誤解」で書きましたことと重なりますが、日本語には、数詞がなく、数に対してアバウトなのです。例えば、給料や持ち物の値段をはっきりは言わずあいまいに言うことが多かったり、短歌「白鳥は悲しからずや、空の青海のあをにも染まずただよふ(若山牧水)」のように匹数が書かれていなかったりです。私たちは、本能的に数字をはっきり知ろうとはしない民族のようで、線量限度やリスクを数字で表されてもピンとこないのかもしれません。そのせいか、講義でも数値が関わる内容は学生にとって一番記憶に残りにくいもののようなのです。計画被曝、現存被曝、緊急被曝線量の講義で、どれくらいの線量まで許容できますかという質問に「私は100Svまでなら大丈夫です!」と回答する学生がいました。「100Svなら死んでるよ」と話すと大笑いになったことを覚えています。

統計といえば次のような111111、123456、258937の番号の3枚の宝くじの話があります。皆さんが貰えとしたりどの宝くじを貰いますか？ 3番目の宝くじを貰いませんか？ 実は、どの宝くじでも当たる確率は全く同じなのですが、1、2番目のような当たりくじを見たことがないために3番目の宝くじが最も当たりやすそうに見えてしまいます。しかし、その3番目ですら、前回の当たりくじと同じ番号と聞けば、確率は変わらないのに、これもまた当たらないと思われる宝くじ番号になってしまいます。

また、医学の世界でも、「t検定の神話」といわれた時代があり、データ解析には、だれもかれもが単純に「t検定」による統計解析をしていました（現在はそのようなことはないですが）。

このように、一般的に統計はなかなか理解されにくい学問ですが、数字のみの意味付けではなく、身につまされることと併用して実体験をすることができれば、イメージが変わるのではないのでしょうか。

低線量放射線のイメージ認知のための一案は、X線検査後に検査結果と共にその時の被曝線量も表記して知らせることです。線量の意味はあまり分からなくとも線量の数字がいつも見える状態にすることで、基礎が備わり、

それがいずれ自分のイメージの根拠となり、事あるごとに外部線量との比較ができるようになるかもしれません。このように新しい根拠を作ることができれば、放射線も量のイメージができる身近なものになるのかもしれません。

線量や統計値といった数値を受け入れられない人にとっては、抽象的に放射線の怖さを強調する周りからの情報に影響を受けざるを得ません。しかし、そのことにより、余計な怖さを感じてしまっているのであれば、損をしているように思われてなりません。今一度、皆さんが、ご自身の放射線に対する考えの根拠は何かを思い返してみるのも良いのではないのでしょうか。

さて、最後に下図をご覧くださいませよう。最初に、日本人は、数になじみがないようなことを書きましたが、面白いことに数字に絡む言葉は多くあります。□枠内に漢字を入れてみませんか？どのような漢字が入りますでしょうか。

そうです、一石二鳥の次は、二束三文（二人三脚でも可）、三寒四温、四捨五入、五臓六腑、七転八倒、九死一生と国語テストの解答のようになります。しかし、六□七□、八□九□はいかがでしょうか。文系に強い方も一所懸命考えたと思いますが、なかなか出てこないのではないのでしょうか。答えは、六時七分と八月九日です。「えっ!？」と思った方は、

□に漢字を入れてみよう

	一	二	三	四	五	六	七	八	九
石	□	□	□	□	□	□	□	□	□
二	三	四	五	六	七	八	九	一	
鳥	□	□	□	□	□	□	□	□	□

最初から四字熟語と思い込んで考えられていたのではないのでしょうか。□に入る漢字は？という問いでしたので、これもありなのです。

「えっ！そんなのあり？」と思われる方、「それなら他にも、六割七分、六分七秒、六勝七敗など色々入るではないか」ということになりませんか？これが、科学者がいつかはしてみたいと思っているブレイクスルー (Break-through) というものです。この言葉は、障壁に突き当たったとき、従来にない「これもありか！」という考え方で壁を破壊して通り抜け、一気に新しい道を開くことの意味で使用されます。

先に述べたように、これまで知らされてこなかった検査被曝などの被曝線量を身近で見ることができて、ありきたりなものにすることは、得体の知れない怖い放射線を、ただの怖い放射線に変えるブレイクスルーになるかもしれませんね。

著者プロフィール

大阪大学 核物理研究センター 特任教授
放射線科学基盤機構 招聘教授
医学系研究科未来医療イメージングセンター 招聘教授

1958年仙台生まれ。1987年大阪大学大学院医学研究科博士課程修了（医学博士）

大阪大学大学院医学系研究科遺伝医学・放射線基礎医学講座 助教（医学部講師）、放射線基盤機構准教授を経て現在に至る。専門分野は放射線基礎医学、発生遺伝学で放射線、化学物質によるがん、奇形の発生機構、次世代への影響を中心に研究。ここ17年間は、セシウム137を55世代以上にわたって投与して低線量内部被曝させ続けたマウスの子孫への遺伝学的、生理学的影響について研究。また、チェルノブイリ原子力発電所事故後や福島第一原子力発電所事故後の20km圏内調査、一時帰宅者のスクリーニング支援、大阪大学浜通り地区環境放射線学生研修の運営・開催の教員として従事。学振委員。

International Congress of Radiation Research (2015) : Excellent Poster賞、Environmental Mutagen Society of Japan Meeting (2015) : Best Presentation Elsevier賞を受賞

【統計のよもやま話】

組織障害影響（確定的影響）とは異なり、確率的影響、特に低線量における発がん影響のリスクを考える上では、統計に頼らざるを得ません。しかし、この統計も曲者で一筋縄では理解できないところがあります。

例えば、ある実験で放射線によって有意に発がんが認められたとするようなとき、よく $p \leq 0.05$ のような有意水準が付記されているのを見ます。これは、放射線の影響があるとされた結果でも、ひょっとすると偶然の結果で間違っている可能性が最大5%は存在するということを意味しています。ではなぜ、6%や10%ではなく5%なのでしょう、根拠を知りたいところです。

ぶっちゃけた話、5%ということにはこれといった根拠がないのです。第一種過誤（誤って有意差があるとしてしまう確率）と第二種過誤（誤って有意差がないとしてしまう確率）とのバランスを取るうえで都合が良いとされている設定のようなのです。

言い換えますと、皆さんとじゃんけんをして私が2回立て続けに勝ったとしても、私はじゃんけんが強いとは認めてもらえません。しかし、5回立て続けに勝てば、さすがに強いかな？と思われます。この時、私が偶然に勝った可能性は約3% $[(1/2)^5 = 0.031]$ あったことになります。この結果から、私はじゃんけん強いと言えそうだが、間違っている可能性も3%はあるということになるのです。このあたりの感覚が5%の有意水準なのでしょう。2回目の勝は真に強かったからなのですが、この時にはまだ、偶然の可能性が25%もあり強いとは認めてもらえないのです。

また、サイコロの1の目が出る確率は、6分の1ですが10人がそれぞれサイコロを6回ずつ振っても、全員に1の目が出ることは、ほぼありません。1の目が出ない確率からの計算では、9割の人が1の目を経験するには、13回も振らねばならないのです。[13回連続で1の目が出ない確率は、 $(1 - 1/6)^{13} = 0.093$ なので、ここでやっと9割の人が満足するのです]。だから、パチンコの確変突入率を鵜呑みにすると大出費!?!になるということです。

