

3.11 後を生きるために
——放射線のモノサシを持つ——

飯 島 明 子

Living in Japan after 3.11:
Understanding Radiation Correctly

IJIMA Akiko

ポイント

- 福島第一原発事故後の日本を生きるためには放射線と生物学の基礎知識が必要である。
- 基礎知識を踏まえると今後の福島県及び東日本で事故由来の放射線による健康被害が起きないことが理解できる。

キーワード： 原発事故、放射線、DNA、風評被害

1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震災の津波により、東京電力福島第一原子力発電所では全電源を喪失、原子炉内部に存在する高温の核燃料の冷却ができず、翌日から15日にかけて水素爆発が起きた。幸運にも季節は早春であり、東日本では北～西風が卓越していたため、空中に飛散した放射性物質のほとんどは太平洋に拡散した。だが時折吹く東寄りの風に乗って、一部の放射性物質が岩手県から千葉県までの広い範囲を汚染した（文部科学省2011）。

原爆やチェルノブイリ原発事故により、放射線の恐ろしさは一般常識の中に浸透している。福島第一原発の事故は、東日本のみならず日本全国に大きな不安をもたらした。マスメディアも扇情的な報道で不安を煽り続

け、被災地、特に福島県は大変な風評被害にさらされた。

本稿執筆時点で原発事故から7年が経過している。放射性物質による土壌汚染は時間経過に伴い低減しつつあり(日本原子力開発機構 2013)、食品や水の検査も徹底され、不安を煽るような報道も減少してきた。では人々の心はどう変化したのだろうか。

2017年に行われたアンケートによれば、食品中の放射性物質の検査体制について正しく認識している人は、東京では3割に満たなかった(義澤ほか 2017)。また「福島県では今後放射線により健康被害が生じる」と考えている人が半数以上いたという(国際的な科学機関は、将来福島県の人々に放射線由来の健康被害は出ないと予測している(UNSCEAR 2016)にもかわからず)。被災地差別に繋がりがねない由々しき事態である。

本当の意味での被災地支援、東日本の復興のためには、できるだけ多くの人が放射線についての「モノサシ」を持つ必要がある。建物を建てるのに基礎工事が必要なと同様に、玉石混交の情報の中から正しい情報を得るためには基礎的な知識が必要である。そこで本稿ではまず放射線と放射性物質についての基礎知識を確認し、生物への放射線の影響を概観する。そして食品中の放射能濃度基準について触れ、今後の福島県及び東日本で事故由来の放射線による健康被害が起きないと考えられる理由について説明する。

2. 放射線と放射性物質

放射線とは、不安定な原子核(放射性物質)が崩壊してより安定な原子核になる時に放出される、高いエネルギーをもった粒子(またはその粒子の流れ)である。放射性物質の種類(核種)によって、 α 線・ β 線・ γ 線など異なる性質の放射線が放出される。放射線の単位はグレイ(Gy)またはシーベルト(Sv)で表される。1 Svの1/1000は1 mSv、1 mSvの1/1000は1 μ Svと表す。大気中の放射線は、空間放射線量率(あるいは大気中放射線量)としてモニタリングポストなどで測定されており、通常その単位は μ Sv/h(毎時 μ Sv)で表される。空間放射線量率の測定結果は都道府県別に毎時更新されている(原子力規制委員会)。たとえば千葉県では2018年11

3.11 後を生きるために

月 21 日 16 時 00 分時点で 6 箇所のモニタリングポストが運用中であり、空間放射線量率は 0.027～0.064 $\mu\text{Sv/h}$ だった（測定値の意味については後述）。

放射性物質には、天然の核種と人工の核種がある。天然の核種には核燃料として利用されるウラン (U)、花崗岩や大理石の中に多い放射性カリウム (^{40}K)、地層から染み出す気体のラドン (Rn)、雨と共に降下するビスマス (^{210}Bi) (このため降雨時に空間放射線量率は上昇する)、安定同位体の (放射性物質ではない) 水素 (H) に混じって存在しているトリチウム (^3H) など、さまざまな物質が含まれる。宇宙から降り注ぐ宇宙線も放射線であり、全生物はこれら天然由来の放射線により生命誕生以来絶え間なく被曝している。

人工の核種とは原子炉の中や核爆発の後で生成される物質で、福島第一原発の事故で放出された主なものとして放射性ヨウ素 (^{131}I) と放射性セシウム (^{134}Cs , ^{137}Cs) が挙げられる。プルトニウム (Pu) や放射性ストロンチウム (^{90}Sr) も放出されたが、その量は非常に少ないのでここでは触れない。また排水中の ^3H もよく報道されているが、そもそも天然の ^3H は毎年膨大に (数千兆 Bq) 生じているので、これについても触れない。

放射性物質は放射線を出して核が崩壊し、いずれ放射線を出さない安定同位体に変化する。放射性物質の「寿命」は、半数の核が崩壊するまでの時間 (半減期) として表され、核種によって異なっている。 ^{131}I は半減期が 8 日と短く、福島第一原発事故直後に環境中に多かったものの、現在では事故由来の ^{131}I は残っていない。 ^{134}Cs と ^{137}Cs の半減期はそれぞれ 2 年と 30 年であり、現在土壌中には ^{137}Cs が多く残っている。

放射線を出す能力のことを「放射能」と呼び、単位はベクレル (Bq) である。食品中の放射性物質の量は、「放射能濃度」として Bq/kg で表される。

3. 放射線に対する生物の防御機構

放射線が生物に害を与えるのは、生物の持つ遺伝子の本体・デオキシリボ核酸 (DNA) を障害するからである。放射線は生物の体を突き抜け、

DNAを傷つける。また放射線の影響で細胞内に生じる活性酸素もDNAを傷つける。

DNAはしなやかで頑丈な物質である。地球上には太陽から降り注ぐ紫外線があり、天然の放射線もある。また生物は酸素呼吸する間に細胞内で活性酸素を生じさせる。すべてDNAを傷つけるものばかりだ。他にもタバコに含まれるタールなど、ある種の化学物質もDNAを傷つける。これだけ多くの危険に囲まれていながら、DNAはなぜ壊れてしまわないのだろうか。

まず細胞内で活性酸素が生じた場合、何種類かの酵素がこれを分解し無害化することが知られている。またDNAは二重螺旋構造をとっており、向かい合うDNA鎖同士は「塩基」と呼ばれる物質で梯子のように繋がっている。塩基にはアデニン(A)、グアニン(G)、シトシン(C)、チミン(T)の4種類があり、1本のDNA鎖の縦方向の塩基配列が遺伝情報として重要である。また向かい合う2本のDNA鎖では、塩基同士の向かい合い方に規則性があり、AはTと、GはCと必ず向き合って結合する。このためもし二重螺旋の片方の鎖に傷が生じたとしても、向かい合うもう片方の鎖が鋳型となって容易に修復することができる。また二重螺旋の両方が切断されるような傷を負ったとしても、我々の染色体(DNAが細胞分裂前に凝集した状態)は1対2本ずつの相同染色体となっているため、傷を負わなかったもう片方の染色体を鋳型として修復することが可能である(男性の性染色体のみは相同染色体を持たないが)。その上ヒトのDNAは1つの細胞当たり合計1m以上ある長い分子であり、その中で遺伝子として重要な部分は数%に過ぎず、これが広く散らばっている。でたために撃ったパチンコが小さな的に当たる確率が低いように、狙ったわけでもないわずかな放射線が重要な遺伝子にヒットする確率は低い。

しかし被曝量(浴びた放射線量)が大きい時には、大切な遺伝子が傷つく確率も高くなり、修復する箇所が多すぎて、細胞分裂前にDNAを修復しきれない場合がある。そうした細胞は癌化する恐れがあるのだが、癌になる前にお2段階の安全装置が体内には存在する。まず異常のある細胞の自殺プログラム、アポトーシスがある。細胞自体が「自殺」するため、

3.11 後を生きるために

癌細胞として増殖することがない。アポトーシスが上手く機能しない場合でも、ナチュラルキラー細胞などの免疫細胞が我々の体内を巡っており、異常のある細胞を発見すると取り付けて殺してしまう。DNA 修復、アポトーシス、免疫という 3 段階の安全装置も追いつかないほど、多くの細胞で DNA の多くの部位が障害されてはじめて発癌に至るのである。

ではどの程度の被曝量で癌になるのだろうか。広島や長崎における大規模な被爆者健康追跡調査を踏まえ、ICRP の 1990 年の勧告では、生涯に自然の被曝に加えて累積で 100 mSv 被曝すると、癌で亡くなる確率が 0.5% 上昇するとみなしている。

それでは 100 mSv という数値を「モノサシ」として、空間線量率を見てもみよう。先に千葉県で取得したデータ $0.064 \mu\text{Sv/h}$ は、1 時間当たりの線量なので、24 時間屋外に居続けたとすると $1.54 \mu\text{Sv}$ 被曝することになる。100 mSv に達するためには、この場所に 178 年ずっといる必要がある、という計算になる。福島市ではどうだろうか。千葉県と同日同時刻に取得した信夫山公園のデータは $0.137 \mu\text{Sv/h}$ だった。同様に計算すると、屋外に 83.3 年ずっといてようやく 100 mSv に達する計算になる。千葉県共々、非現実的な年数である。なお、福島市の空間線量率は千葉県よりかなり高く見えるが、 $0.1 \mu\text{Sv/h}$ を超える世界の主要都市は、ソウル、シンガポール、ロンドンなどであり、世界的に見れば特に高いわけではない。

4. 食品中の放射性 Cs

食品として放射性物質を取り込んだ場合はどうなるのだろうか。放射性 Cs は、K (カリウム) と似た原子なので、植物は K と同様に Cs を取り込み、これを食べた動物 (ヒトも含む) にも Cs が取り込まれる。K 同様に Cs は水に溶け排泄されやすい。従って Cs は「生物濃縮でどんどん生体内に溜まる」ことはないのだが、多く取り込めば排泄されるまでの間の内部被曝量は大きくなってしまふ。そのため厚生労働省により食品検査の厳格な基準が設けられ、この基準を越した食品が流通しない仕組みになっている。Cs は筋肉にやや取り込まれやすい性質があるので、その分を重み付けた基準値 (飲料水 10 Bq/kg 、牛乳・乳児用食品 50 Bq/kg 、一般食品

100 Bq/kg) が定められている。2012年以降毎年30万件前後の検査結果が報告されており、基準値を超えた(流通しない)食品は、2017年はわずか0.06%だった(厚生労働省2018)。また2018年7月時点の基準値超過の検体の全てが山菜か川魚、またはイノシシやシカの肉だった。従って現在、普通の生活をする中で、基準値超過の食品による内部被曝の心配をすることは必要はない。また福島県では2011年から2018年まで、食品による内部被曝を測定するホールボディカウンター検査を33万人以上に対して行っているが、その99.9%が1 mSv未満、最大値もわずか3 mSvだった(福島県2018a)。

前述のように国際放射線影響科学委員会(UNSCEAR)は、現在の放射線被曝により将来福島県の人々に健康被害は出ないと予測しているのだが、この予測の根拠となっているのが、空間放射線率の低さであり、水や食品の検査結果であり、内部被曝調査なのである。

5. 福島で小児甲状腺癌増加の証拠はない

チェルノブイリ原発事故の後、ベラルーシやウクライナでは¹³¹Iで汚染された牛乳を飲んだ子供達の中で甲状腺癌患者が増えてしまった。I(ヨウ素)は甲状腺ホルモンを作る時に必須の元素であり、甲状腺にIが蓄積するために影響が出やすいのである。福島第一原発の事故ではこの教訓を生かし、水や牛乳その他の食品中の¹³¹Iの検査結果は初期段階から公表されていた。前述のように¹³¹Iは半減期が短く、4月下旬には水や農産物からもほとんど検出されなくなっていたが、事故直後から3月下旬までは、静岡県以東で上水から基準値を超えて検出された日があった。しかし幸いなことに福島県の子供達の甲状腺被曝線量は、チェルノブイリ原発事故後のベラルーシの子供達の1/10~1/100以下と推定されている(環境省・放医研2013)。

被曝量はわずかだったものの、福島県では震災当時18歳以下だった人を対象に、2011年10月から定期的に甲状腺のスクリーニング検査を行っている。超音波による一次検査ではA判定(A1=嚢胞・結節がない、A2=20.0 mm以下の嚢胞または5.0 mm以下の結節あり)、B判定(20.1 mm以

3.11 後を生きるために

上の嚢胞または 5.1 mm 以上の結節あり)、C 判定 (直ちに二次検査を要する) の 3 段階の判定があり、うち B 判定と C 判定で二次検査を行う。

2017 年 12 月末までの間に、福島県では延べで 75 万人以上が検査を受け、うち A 判定が 99.2~99.3%、B 判定が 0.7~0.8%、C 判定が 0% だった (福島県 2018b)。これは、2012 年に日本乳腺甲状腺超音波医学会が青森県・山梨県・長崎県の 3 県で 4365 人を対象として行った同様の検査結果、A 判定 99%、B 判定 1%、C 判定 0% とほぼ同じだった。このことから、福島県では他地域に比べ、甲状腺の異常が増えているわけではないと言える。

福島県の甲状腺検査で B 判定となり、二次検査で悪性疑いまたは悪性と判定された人は、2017 年 12 月末までの合計で 197 名 (一次検査を受けた総数を母数とした場合、0.028%) だった。しかしこの検査で見つかった甲状腺癌は、福島県での放射線被曝によるものではない、ということで専門家の意見はほぼ一致している (日本学術会議臨床医学委員会 2017、早野ほか 2018)。チェルノブイリ原発事故よりもはるかに低い甲状腺被曝量だったことに加え、甲状腺という器官そのものには一生無症状の癌がしばしば生じることが分かってきたからである。特に 1999 年以降甲状腺のスクリーニング検査を行ってきた韓国の事例によれば、スクリーニング検査によりかつての 15 倍もの甲状腺癌が発見されており (Ahn et al. 2014)、過剰診断の問題が浮上している。WHO の国際癌研究機関も、原子力災害後の全住民を対象とした甲状腺スクリーニング検査は過剰診断のリスクがあるため実施しないことを提言している (IARC 2018)。

6. 次世代以降に放射線の影響は出ない

福島第一原発の事故の後、「放射線により次世代の健康に影響が出るのではないかと心配する声が多かったが、これは事実無根であると明言できる。まず福島県における死産・低体重新生児・先天性異常の発生率は、全国平均と変わらないことが分かっている (Fujimori et al. 2014、福島保健福祉部 2018)。また、被曝量が桁違いに大きかった広島と長崎の原爆被爆者の 2 世 7 万 6000 人の健康調査により、両親の被曝線量と 2 世の出生時障害の間に相関関係はなく、日本全国での調査結果と同じだったことが判

明している(放射線影響研究所 2018)。加えて原爆被爆者2世の染色体異常、大人になってからの死亡率、癌罹患率、生活習慣病の罹患率いずれも、日本の他地域と同様であった。

なお上記の調査によれば、原爆被爆者2世の両親の被曝線量中央値は0.14 Svであり、福島第一原発の事故ではこのように高い線量を被曝した人はいない。また我々の身体の中で次世代に影響するのは生殖細胞(卵と精子)のみだが、ヒトの生殖細胞に一時的にせよ不妊をもたらすほどの放射線は、精巣の場合は0.1~2.0 Sv、卵巣の場合は1.7~6.4 Svという高い線量だ。前述の福島県の空間線量率や内部被曝量は、この100~数千1000分の1なのである。

7. おわりに

「4人家族だからお肉は400g買おう」「牛乳200mlはコップ1杯だね」「4km歩くには1時間くらいかかる」等々、どんなに理科が苦手な人でも自分なりの「モノサシ」で身の回りを把握している。放射線を理解する上での「モノサシ」を持てば、扇情的な記事やデマに振り回されることなく、誤解で人を傷つけることもなく、落ち着いて生きることができる。世界を把握する確かな「モノサシ」は、誰でもいつでも手に入れられる。そのためほんの少しだけ頑張っって手を伸ばそう、と思う人が一人でも増えることを願っている。

参考文献

- Ahn, H. S., Kim, H. J. and Welch, H. G. (2014) Korea's Thyroid-cancer "Epidemic"—Screening and overdiagnosis. *The New England Journal of Medicine*, 371; 19, pp. 1765–1767.
- Fujimori K., Kyojuka H., Yasuda S., Goto A, Yasumura S, Ota M, Ohtsuru A., Nomura Y., Hata K., Suzuki K., Nakai A., Sato M., Matsui S., Nakano K., Abe M. (2014) "Pregnancy and birth survey after the great east Japan earthquake and Fukushima daiichi nuclear power plant accident in Fukushima prefecture. *Fukushima J Med Sci* 60 (1) pp. 1–7.
- International Agency of Research on Cancer (IARC) (2018) "Thyroid health monitoring after nuclear accidents" *IARC Technical Publication* No. 46. p. 129.

3.11 後を生きるために

- 環境省・放医研(2013)(2015改定)「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 平成26年度版」
<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/kisoshiryo/attach/201510mat1-01-109.pdf> (2018年11月23日閲覧)
- 原子力規制委員会(N.D.)、「放射線モニタリング情報 全国および福島県の空間線量測定結果」<http://radioactivity.nsr.go.jp/map/ja/> (2018年11月21日閲覧)
- 厚生労働省(2018)「報道発表資料 食品中の放射性物質の検査結果について(第1090報)。平成30年度公表検査結果(概略)」
<https://www.mhlw.go.jp/content/11135000/000366744.pdf> (2018年11月22日閲覧)
- 日本学術会議臨床医学委員会、放射線防護・リスクマネジメント分科会(2017)「子どもの放射線被ばくの影響と今後の課題——現在の科学的知見を福島で生かすために——」、『日本学術会議報告書』32頁
- 日本原子力研究開発機構(2013)「放射性物質の分布状況等調査による航空機モニタリング H23年度-H25年度」<https://emdb.jaea.go.jp/emdb/portals/b1020201/> (2018年11月20日閲覧)
- 福島保健福祉部(2018)「平成28年人口動態統計(確定数)の概況(福島県)」
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/273189.pdf> (2018年11月20日閲覧)
- 福島県(2018a)「ホールボディカウンターによる内部被ばく検査 検査の結果について(平成30年9月分掲載)」
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-wbc-kensa-kekka.html> (2018年11月23日閲覧)
- 福島県(2018b)「県民健康調査の概要 甲状腺検査」
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/43-7.html> (2018年11月22日閲覧)
- 放射線影響研究所(2018)「原爆被爆者の子供における放射線の遺伝的影響」
https://www.rerf.or.jp/programs/roadmap/health_effects/geneefx/ (2018年11月12日閲覧)
- 文部科学省(2011)報道発表「文部科学省による第4次航空機モニタリングの測定結果について」http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/5000/4901/24/1910_1216.pdf (2018年11月18日閲覧)
- 義澤宣明、白井浩介、村上佳菜、馬場哲(2017)「東京五輪を迎えるにあたり、福島県の復興状況や放射線の健康影響に対する認識をあらためて確かにする必要がある(その1)」、『MRIトレンドビュー』、株式会社三菱総合研究所
https://www.mri.co.jp/opinion/column/trend/trend_20171114.html (2018年11月20日閲覧)
- UNSCEAR(2016)「東日本大震災後の原子力事故による放射線被ばくのレベルと影響に関する UNSCEAR2013年報告書刊行後の進展」

グローバル・コミュニケーション研究 第7号(特別号)(2019年)

http://www.unscear.org/docs/publications/2016/UNSCEAR_WP_2016_JAPANESE.pdf (2018年11月20日閲覧)