

特集 放射性物質と放射線 —その基礎から除染まで—

放射線・放射能の発見・利用の歴史と放射線衛生学

Radiation History, Units, Effects and Health

櫛 田 尚 樹*

Naoki Kunugita

1. はじめに

2011年3月11日の震災から3年を迎え、震災を話題にする機会がずいぶんと少なくなっているように思われる。しかし、東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故により、環境中に大量の放射性物質が放出され、飲食品の放射能汚染、低線量放射線被ばくに対する不安の声が今も続いている。ここでは、放射線・放射能にまつわる歴史、単位、生物学的影響、管理などについて基本的な情報を整理し、今後の対応における理解の一助としたい。

2. 放射線・放射能の歴史

1895年のレントゲン博士のX線発見の報告後、その利用は医学領域を含め瞬く間に世界中に広まった。レントゲン博士は、その功績で1901年に第1回ノーベル物理学賞を受賞している。一方、当初は今で考えれば適切でない利用もあったため、表1に示すように、発見の翌96年には手の皮膚炎、眼痛、脱毛症、など多くの急性放射線障害も既に報告された。あわせて、ベクレルによる放射能の発見や、98年のキューリー夫妻によるラジウムの発見、など輝かしい発見が続く中で、1902年にはX線による慢性潰瘍からの発がんも報告され、放射線利用における管理対策も早い段階で系統的に試みられてきた。その成果は、15年には英国で“X線技術者の防護に関する勧告”が出され、25年には第1回国際放射線会議（ロンドン）の開催、28年の国際X線ラジウム防護委員会の設立と、戦後の50年の国際放射線防護委員会ICRP（International Commission on Radiological Protection）へと続いている。これらの動きは、化学物質などの管理より圧倒的に早くから、生物学的影響と曝露の定量的な評価を導入して実施されてきた。

この間、医療面での利用は拡大を続け、68年のX線CTの発見は放射線診断に革命をもたらしたほかPET（Positron Emission Tomography；陽電子放射断層撮影）-CTも普及してきた。また、がん放射線治療においてもラ

イナック（線形加速器）、ガンマナイフの普及、コンピュータ技術の進展に伴う強度変調放射線治療法（IMRT）の導入、重粒子線治療の開始など管理下における放射線の有効利用は広く拡大してきた。そのほか非破壊検査などでも使用される。

残念ながら原子力利用は平和利用だけにとどまらず、45年には広島・長崎に原子爆弾が投下され、その熱線および急性の放射線障害だけでなく、後述するように発がんを主とした晩発障害が観察され、放射線影響研究所を中心に現在も大規模な疫学調査が実施されている。また54年には水爆実験に伴う第五福竜丸の被ばく事件が発生し、これを契機に放射線医学総合研究所が設立されることとなった。

国内での原子力発電は、55年に原子力基本法が制定され、63年に動力試験炉による初発電が開始された。東京電力福島第一原子力発電所は71年に1号炉の稼働が始まった。その後平和利用においても国内外でいくつかの大きな事故を経験し、そのたびに種々の規制対応なども取られてきた。代表的なものとして79年には米国スリーマイル島原子力発電所事故が発生し、これを受けて国内では原子力安全委員会において「原子力施設等の防災対策について」いわゆる防災指針が策定され、それを受け86年に「緊急時医療活動マニュアル」が作られた。これは86年4月のチェルノブイリ原発事故の発生後、改訂見直しが行われ「緊急時医療の知識」として出されている。95年には、阪神淡路大震災、地下鉄サリン事件、もんじゅナトリウム漏洩事故など大きな災害・事故が相次ぎ国全体の防災関係の法体系の見直しが始められた。また97年には国内においても放射性物質による汚染の発生があり得ることを想起させる東海村アスファルト固化施設火災爆発事故の発生、さらには国内で初めての放射線被ばく事故による2名の死亡に伴う99年の東海村の株式会社ジェー・シー・オー（JCO）東海事業所における臨界事故を受けて、原子力災害特別措置法が同年12月に公布された。同法では、自然災害と異なり、専門的な知見と特別な装備が求められるといった特殊性から、1）防災対策上の事業者の責務・義務の明確化、2）原子力災害の特殊性に応じた国の緊急時対応体制および権限の強化、3）初動の迅速化、国と地方自治体との連携強化がうたわ

*国立保健医療科学院生活環境研究部長

〒351-0197 埼玉県和光市南2-3-6

E-mail: kunugita@niph.go.jp

表1 放射線の発見と原子力防災上転機となった事故・災害等の歴史

1895年	レントゲンによるX線の発見(1901年最初のノーベル物理学賞受賞)
1896年	ベクレルによるウランの放射能の発見 Grubbe:(米)手に皮膚炎, Edison:(米)眼痛, Daniel:(米)脱毛症, Marcuse:(米)脱毛症
1898年	キュリー夫妻によるラジウムの発見
1902年	X線による慢性潰瘍による発がん
1903年	Heineke X線照射により末梢血中白血球が著減することを報告
1904年	ラドンによる肺障害の報告(チェコスロバキア)
1914年～	夜光塗料工場でのラジウム中毒(米)
1915年	“X線技術者の防護に関する勧告”(英)
1925年	第1回国際放射線会議(ロンドン)
1927年	Muller 放射線による突然変異増加を観察
1928年	国際X線ラジウム防護委員会
1945年	広島・長崎に原子爆弾投下
1950年	国際放射線防護委員会(ICRP)
1954年	ビキニ環礁水爆実験に伴う第五福竜丸被ばく事件→放射線医学総合研究所設立('57)
1955年	原子力基本法
1963年	国内初の原子力発電(東海村・動力試験炉JPDR(Japan Power Demonstration Reactor)の初発電)
1968年	英国EMI社G.N.HounsfieldによってX線CT発明, 72年にCT装置発表, 79年ノーベル賞を受賞
1971年	東京電力福島第一原子力発電所1号機が営業運転開始(震災後2012年4月20日付で廃止)
1979年3月	スリーマイル島原発事故→「原子力施設等の防災対策について」(防災指針)('80・原子力安全委員会)
1986年4月	チェルノブイリ原発事故 → 「緊急時医療活動マニュアル」('86)
1995年	阪神淡路大震災, 地下鉄サリン事件, もんじゅナトリウム漏洩事故→(防災関係法体系の見直し作業開始)
1997年3月	東海村アスファルト固化施設火災爆発事故
1999年9月	東海村JCO臨界事故→ 「原子力災害特別措置法」('99), 「防災指針」改訂('98～'03) 「緊急被ばく医療のありかたについて」('01)
2001年9月	米国同時多発テロ→「国民保護法」('04) (但し核・放射能テロに関係した防災指針変更は行われない) NCRPやIAEAが核・放射能テロ対策と連動した新勧告・ガイドラインを策定 ICRP 2007年勧告
2011年3月	東日本大震災・福島原発事故→「防災基本計画」原子力災害対策編の修正公表('12) 原子力規制委員会設置('12), 「原子力災害対策指針」策定('12)

れ, この拠点としてオフサイトセンターの設置などが定められた。

さらに今般の震災のような市町村の機能が広範に喪失する状況下における対応策の強化を含め防災対策の全般的な見直しが図られ, 「災害対策基本法の一部を改正する法律」が2012年6月および13年6月に公布・施行された。

放射線防護に関する国際的枠組みとして, 現在多くの国際機関が放射線の健康影響と防護に係わっている。UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: 原子放射線の影響に関する国連科学委員会) は, 加盟各国および各国際機関の専門家が参加し, 放射線の「線源と影響」に関する数多くの科学論文をレビューし科学的知見の取りまとめを行っている。これを受けてICRPが防護の枠組を定め, 各種勧告, ガイドンスを発行している。IAEA (International Atomic Energy Agency: 国際原子力機関) は, 国際基本安全基準BSS (Basic Safety Standards) 等を策定し国際的な安全基準・指針の作成を行っており, 各国国内法令の整備に貢献している。さらに, WHO, OECD, ILOなども各々の分野で連携しながら関与している。

3. 放射線・放射能の単位

一般に放射線という場合は電離放射線を指し, この中には電磁波の1種であるX線, γ 線と, 粒子線である電子線,

β 線, 陽子線, α 線, 中性子線, 重粒子線などがある。また放射能とは, 放射性物質がこれらの放射線を出して壊変する性質・能力をいう。

放射能の強さの単位としては, 以前はラジウム1gが有する放射能を1キュリー (Ci) と定義していたが, 現在ではSI単位に基づき, 1秒間に1個の放射性物質が壊変することを1ベクレル (Bq) と定義している。従って, 1Ciは, 3.7×10^{10} Bqに相当し, ベクレルで表現すると非常に大きな数値になる。

放射線が組織に照射されるとエネルギーを与えるが, 単位質量の組織に吸収されるエネルギーを「吸収線量」といい, グレイ [Gy: J/kg] で表される。一方, 吸収線量は同じでも, 放射線の種類とエネルギーによって生物学的影響は異なる。たとえば1GyのX線, γ 線の影響に比べ, 1Gyの中性子線や α 線の生物学的影響は大きくなる。そこで, すべての放射線の影響を同じ尺度で評価する指標として放射線の線質に応じた放射線加重係数を臓器の平均吸収線量に乗じて「等価線量」を計算しシーベルト [Sv] という単位で表す。この係数は, X線, γ 線, 電子線は1であり, エネルギーにもよるが中性子線なら10, α 線なら20などとなる。従って同じ1Gyの被ばくであってもX線の場合は1Svであり, α 線なら20Svとなる。また被ばくした個体の影響は全身均等被ばくと部分被ばくでは当然異なる。また臓器・器官の種類によってもその生物学的影響は

異なる。そこで放射線のリスクに関連した線量概念として「実効線量」が定義され、各臓器の等価線量にその臓器の組織加重係数を乗じてすべての臓器について合計したものが使用され、単位としてはこれもシーベルト [Sv] が用いられる。この実効線量を用いれば、放射線の種類や外部被ばく、内部被ばくなどの被ばく形態・部位に依存せず、放射線被ばくの影響を評価することができる。いずれも放射線研究のバイオニアの名前が、その功績を称え単位名称に用いられている。

放射性ヨウ素による内部被ばくの場合、ヨウ素は甲状腺に特異的に取り込まれるため生体影響の主なターゲットは甲状腺になる。そのため、甲状腺の等価線量としてのシーベルト表記か、実効線量に換算されたシーベルトなのかは注意しなければならない。

4. 身の回りの放射線

日ごろ身近な生活の中でも我々は種々の放射線源によりわずかながら被ばくしている。これらを自然放射線と呼び、1) 大地放射線（地球の大地に含まれる放射性物質からの放射線）、2) 宇宙線、3) 自然に存在する放射性同位体の摂取（主にカリウムK-40、ポロニウムPo-210）、4) ラドン及びその娘核種による内部被ばくなどに分類される。ただし大地放射線などは地域差があり、国内でも西日本が高く、関東ロー層に覆われている東日本の方が一般的に低値を示す。図1に示すように年間の日本全国の平均は1) から3) の合計が約1.6mSv、そのほか4) のラドン分が0.47mSv、合計で自然放射線由来で1年間2.1mSvの被ばくとなる。世界平均値はUNSCEARより年間2.4mSvと報告されている。地球規模でみた場合、大地放射線による外部被ばくがブラジル、インド、中国などの一部の地域では日本の10倍以上の値を示し、1年に10mSv程度の所もある。

一方、人工放射線源からの被ばくは1) 医療被ばく（医療における患者、ボランティア等の被ばく）、2) 過去の

核実験に伴う放射性降下物、3) 原子力発電に伴う放射線などに分類され、平均被ばく線量としては医療被ばくが大半をしめる。世界各国での一人当たり1年間の平均は医療水準により大きく異なり0.5～2.0mSv程度であるが、日本において医療被ばく線量は高く3.87mSv前後になる。自然放射線と合計すると日本人の場合、事故に関係なく通常の生活で国民平均として年間約6mSvの放射線を被ばくしている。医療被ばくの問題については、2004年1月に医学専門誌Lancetに掲載された論文に記述された内容の一部が「日本人のがんの3.2%が診断被ばくが原因」、「診断用X線によるがんリスクの増加」といった形でマスメディアにより報道され、一般の人々の不安を助長する結果となったことがある。ただし、医療被ばくにおいては、被ばく対象者が病気の診断・治療に利用されるメリットを受けることからその利用は正当化され、使用においても医療従事者により被ばく線量をできる限り軽減するように最適化されていることなどから線量限度は設けられていない。

5. 放射線の生物影響

放射線被ばくによる人体への影響は、妊娠中の母体の胎児を含め被ばくした本人に影響が認められる身体的影響（somatic effects）と、子どもを作る可能性のある世代の人が生殖腺を含む被ばくを受け、その後被ばくした人の子孫に影響の認められる遺伝的影響（hereditary effects）の2つに大きく分けられる。

さらに放射線の生体影響は、放射線防護の観点からは、しきい値のある確定的影響と、しきい値の無い確率的影響に分けて考えられる（図2）。すなわち、確定的影響は、それぞれの症状においてある一定レベルの線量までは影響の発生はないが、しきい線量を越えると組織損傷として種々の発生確率が増加し、重篤度も高くなる。従って防護の目的としては放射線利用にあたって線量をしきい値以下に抑え発生を防止することにある。不妊や白血球数の減少、脱毛、皮膚の紅斑など放射線による急性症状として認

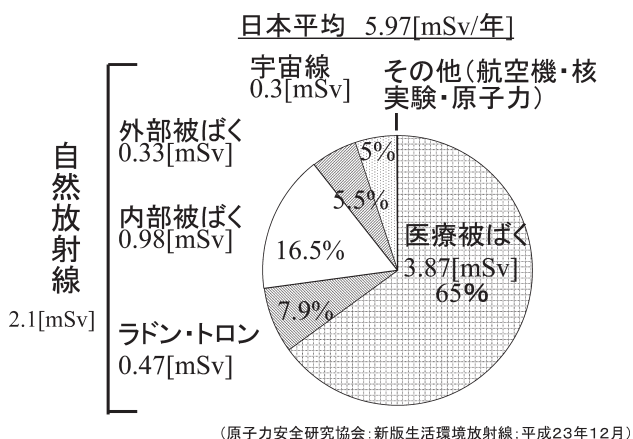


図1 事故前の日本の環境放射線

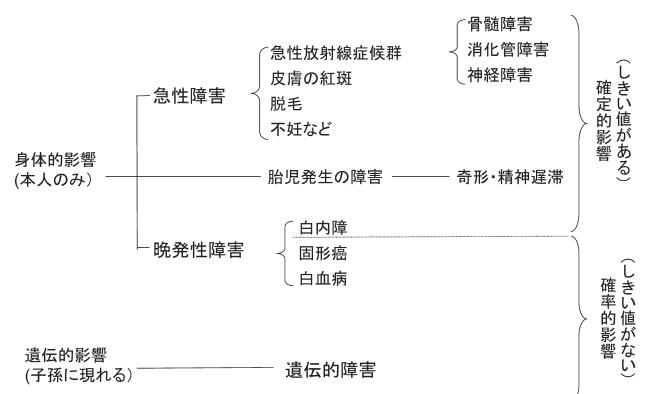


図2 放射線の影響の分類

められる身体的影響がこれに含まれる。これらの多くは1度に1 Sv, すなわち1,000mSvを超えるような高い線量を受けた際にこのような症状が観察され得る。なお、胎児における奇形発生などの影響に関するしきい線量は、100～200mSvと報告されている。

影響の最も大きいものとして急性放射線症候群による致死がある。急性照射で全身に被ばくした際に積極的な治療を施さなければ集団の半数が死に至る線量、すなわち半致死線量 (LD50) は、ヒトでは3～4 Gyといわれている。先の単位でのべたようにX線、 γ 線などでは3～4 Sv (3,000～4,000mSv) となる。86年のチェルノブイリの原子力発電所事故で消火活動等に当たった人の中で30名程度、あるいは99年の茨城県東海村のJCOでの臨界事故においては2名の方が非常に高線量を被ばくして残念ながら死に至った。いずれの事故でも、全身に6～7 Sv (6,000～7,000mSv) 以上を一度に被ばくしたことが報告されており、図2に示す急性放射線症候群による骨髄 (造血系) 障害、消化管障害等を呈し死に至った。

なお、がん放射線治療の際には、できるだけ正常組織への副作用をなくし、治療効果を高めるために照射する範囲をがん組織に絞込み、がん組織にもよるが多くの場合1日2 Gyを週5日間、6～7週間で合計70Gy程度照射する。

半致死線量をほかのエネルギーで表現すると、体重70kgの人が全身に4 Gy (J/kg) 被ばくすると、その吸収エネルギーは全身で280Jということになる。これは熱量に換算すると約67cal (カロリー)、すなわち60℃のホットコーヒー3 mlを飲んだときの熱量になる ((60-37)℃×3 ml=69cal)。位置エネルギーにすると70kgの人を40cm持ち上げることに相当する。エネルギー換算でこれほどわずかで死に至るのは、放射線による生物影響の現れ方の特徴である。すなわち熱エネルギーのように組織・からだに均等にエネルギーを付与し細胞を死に至らしめるのではなく、放射線が通過する際に生体内の分子と相互作用し局所的に電離を引き起こし、その結果としてDNAの2重鎖切断などを引き起こすことにより細胞・組織に障害をきたすことに基づくためにエネルギーとしては非常に小さくても死に至る特徴を持つ。あわせてこのようなメカニズム故、生体影響が現れるまで、急性影響においても潜伏時間を要する。JCO事故の被ばく者の場合、事故直後に嘔吐を引き起こし一時的に意識消失をきたすが、その後病院に搬送された際には意識も清明であり外見上は被ばく者とはわからない状況であった。しかしながら、その後、日を追うごとに全身組織の障害が現れ死に至った経緯が記されている¹⁾。

今回の福島原発事故においては、高い被ばく線量が懸念される原子力発電所サイト内で働く労働者においても、250mSvを超過した人が6名であり、最も被ばく線量の高

い方が内部被ばく、外部被ばく線量の合計で678.8mSvと推定されている。また住民の被ばく線量は、99.9%以上が10mSv未満である。従って、作業中や妊娠中の胎児を含めて急性影響を呈する人は認められていない。

一方で、確率的影響は、被ばくにより細胞のDNAに損傷が生じることに起因するものと考え、体細胞に損傷が生じたことによる発がん、および生殖細胞に生じた損傷に起因する遺伝的影響が含まれる。これらは被ばく後すぐに症状が発生するものでないため、集団での発生率を観察調査する疫学研究によって評価されてきた。最も多くの情報は、広島・長崎の原爆被爆者に対して、放射線影響研究所を中心に今も継続して行われている調査から寄せられている。

確率的影響のうち遺伝的影響は、動物実験等では観察されているが、上記の原爆被爆者のデータを含めヒトでは観察されていない。今後結婚・妊娠・出産を迎える若い世代が、真剣に放射線影響について悩んでいる声なども報道されるが、現在の線量下において全く心配ないものであり、福島県内だけでなく、全国の住民の正しい理解が求められる。

従って、低線量被ばくでの健康影響で懸念されるのは、晩発性障害としての発がんということになる。最近のOzasaらによる原爆被爆者の疫学調査においても、固形がん死亡リスクは線形の線量-反応関係を呈し、生涯にわたって増加していることが確認されている²⁾。がん死亡リスクのしきい値に関して疫学調査では100～200mSv程度以下においては対照集団と比較し有意な増加が観察されていないが、放射線防護の観点からは、100mSv程度以下においても、がんリスクは被ばく線量に比例して増加すると仮定し、しきい値無し直線モデル (Linear Non-Threshold: LNTモデル) に基づき対策をとることとしている。ただしICRPは、LNTモデルは放射線防護の実用的な目的、すなわち低線量放射線被ばくのリスク管理に対する慎重な根拠を提供し、どの程度のリスクなら避けるべきかの慎重な判断に使用するものであり、ごく微量な個人線量から集団実効線量に基づきがん死亡数を算出するなどは避けるべきとしている³⁾。

表2 放射線によって誘発される健康影響の要約 (ICRP Pub96)

線量	個人への影響	被ばくした集団に対する結果
極低線量: およそ10mSv以下 (実効線量)	急性影響なし。非常にわずかながんリスクの増加	大きな被ばく集団でさえ、がん罹患率の増加は見られない
低線量: 100mSvまで (実効線量)	急性影響なし。その後、1%未満のがんリスク増加	被ばく集団が大きい場合 (恐らくおよそ10万人以上)、がん罹患率の増加が見られる可能性がある
中等度の線量: 1000mSvまで (急性全身線量)	吐き気、嘔吐の可能性。軽度の骨髄機能低下。その後、およそ10%のがんリスクの増加	被ばくグループが数百人以上の場合、がん罹患率の増加が恐らく見られる
高線量: 1000mSv以上 (急性全身線量)	吐き気が確実。骨髄症候群が現れることがある。およそ4000mSvの急性全身線量を超えると治療しなければ死亡リスクが高い。かなりのがんリスクの増加	がん罹患率の増加が見られる

これら放射線による健康影響と被ばく線量の関係は表2に示すように要約することが出来る。今回の福島原発事故は、非常に大きな事故であったが、幸いにして健康影響としてがんを含め明確なヒトへの影響は検出されない範囲と考えられるが、後述する県民健康管理調査など幅広く調査の体制をつくり、取り組んでいるところである。

6. 飲食品の基準値とモニタリングおよび内部被ばく

厚生労働省は、2011年3月17日に、食品衛生法の観点から、当分の間、原子力安全委員会が「原子力施設等の防災対策等について」において定めた飲食物摂取制限に関する指標等を食品衛生法に基づく暫定規制値とし、これを上回る食品について、食品衛生法第6条第2号に当たるものとして食用に供されることがないように、地方公共団体に対し通知した。この考え方は、放射性ヨウ素については、ICRP Pub63等をふまえ、甲状腺の等価線量50mSv/年を、放射性セシウムについては、実効線量として5mSv/年を基礎としている。その後、食品安全委員会は、同年10月27日に「食品中に含まれる放射性物質の食品健康影響評価」結果を厚生労働省へ通知した。これを受け厚生労働省では、より一層、食品の安全と安心を確保する観点から、翌12年4月から食品衛生法第11条に基づく基準として、食品の国際規格を作成しているコーデックス委員会の指標等から年間1mSvに基づく新基準値に引き下げることとした。飲料水、牛乳・乳児用食品を除く一般食品の新基準値が放射性セシウム100Bq/kgである。

新基準値においては、半減期が1年以上の核種を対象として、放射性ストロンチウム、ルテニウム等も一定比率内

在するものとして、さらに流通食品における汚染割合を50%と仮定してセシウムの基準値が設定された。また各年代層の食品の摂取量と代謝の相違を考慮して1年間の摂取で介入線量レベル（1mSv）に相当することとなる食品1kg当たりの放射能の濃度を限度値として算出し、全年齢層でのもっとも低値を基準値としている。

この基準値に基づく自治体によるモニタリング結果の集計は図3に示すとおりである。全体として基準値を超えた割合（汚染割合）は基準値設定の際に考慮した50%に比し低く1%以下である。事故初期には葉物野菜を中心に放射性物質の沈着による汚染が多く検出され出荷制限、摂取制限がなされたが現在はほとんど基準値超過は無い。検体数としては畜産物が最も多いが、これは汚染された稲わらで飼養され基準値を超過した牛肉が2011年7月に検出され出荷制限措置が取られたことによる。その後餌の管理とともに全頭検査が実施され、基準値を超えないことが確認され再び出荷されるようになった。現在基準値超過は、野生鳥獣肉やキノコ類で高く、一部の水産物でも基準を超えるものが検出されている。水産物では海底に棲息する一部の魚介類で高い傾向など魚種による特徴も把握されてきており、汚染の心配がないことが確認されたものから福島沿岸沖でも慎重なモニタリング下に漁業が再開されつつある。

飲料水については事故初期には3月23日に首都圏でも乳児の飲用制限が実施されることとなり混乱をきたした。しかしその後濃度は急速に低下し、同年4月1日までに1水道事業者を除いて制限は解除となり、最後の事業者も11年5月10日には制限解除となり、その後超過は観察されていない。図3の飲料水の超過は、一部の茶葉由来のものである。

食品群	検査件数	基準値超過件数
農産物	89,351	909 (1.0%)
畜産物	386,793	4 (0.001%)
野生鳥獣肉	2,393	779 (32.6%)
水産物	39,393	1,304 (3.3%)
牛乳・乳児用食品	9,061	0 (0%)
飲料水	2,667	13 (0.49%) 茶葉由来
その他	18,763	176 (0.94%)
計	548,421	3,185 (0.58%)

*H24.4.1以降採取分、H26年1月17日厚労省公表分までを集計

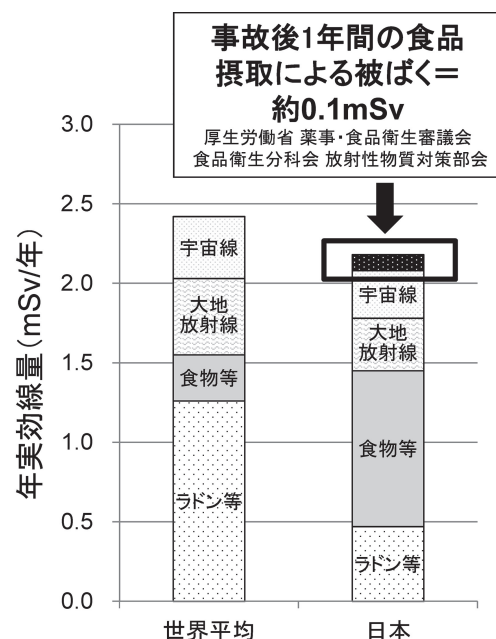


図3 飲食品の新規制値における検査結果の概要

り水道水の超過はその後全く無いが、事故直後の飲用制限のインパクトが強く、現在全く心配ない状況においても保育園、学校等での水道の使用に対する懸念や給食の食材に対する懸念の声が寄せられているのが実情である。

これら事故後各自治体等において分析した食品中の放射性物質の検査結果を厚生労働省がとりまとめ公表しているデータは「食品中の放射性物質検査データ」(<http://www.radioactivity-db.info>)において検索が可能である。同様に事故以前からの飲食品に限らず環境放射線・放射能の測定に関する膨大な情報は「日本の環境放射能と放射線」(http://www.kankyo-hoshano.go.jp/kl_db/servlet/com_s_index)データベースにおいてグラフ化など可視化して検索できる。

図3の右の棒グラフは、先に示した自然放射線による被ばく線量を世界平均と日本の比較として示したものである。事故に基づく国民の飲食品由来の内部被ばく線量は事故後1年間において約0.1mSv以下と評価されている(図3)。また家庭の食事での調査(「陰膳」調査)および流通食品での調査(マーケットバスケット調査)など、我々のグループを含めたその後の調査結果が厚生労働省から公表されているが⁴⁾、現在福島県内でも住民の放射性セシウムの日摂取量は大半が1Bq以下であり、飲食品を介した内部被ばく線量は1年間1mSvの基準値上限の水準の1%以下と推計されており、前述の自然放射線による被ばく線量と比較しても事故後の飲食品を介しての内部被ばく線量の増加は限定的であることが分かる。

7. 県民健康管理調査

福島県が、全県民を対象として実施している県民健康管理調査によれば、住民の被ばく線量は、先に述べたように外部被ばく線量として99.9%以上が10mSv未満である。また内部被ばく線量に関しても、初期の放射性ヨウ素による甲状腺の等価線量として、避難を強いられた地域においても99%以上が30mSv未満と評価されている。

一方で、2013年11月12日開催の県民健康管理調査第13回検討委員会において、甲状腺検査の結果として、2011～13年度合計として、59例が悪性ないし悪性疑いと診断され、そのうち27例が手術を実施し、1例が良性結節、26例が乳頭がんであったと報告公開されている(<http://www.pref.fukushima.jp/imu/kenkoukanri/251112siryou2.pdf>)。これらの結果に対して非常に心配の声も上がっている。現在実施している甲状腺検査は、がん発生の病態およびチェルノブイリの観察結果などを考慮して、今回の原発事故の影響が現れる前のベースラインの調査として実施している「先行検査」である。前述の被ばく線量評価からは、福島原発事故に基づく甲状腺がんの増加はおそらくないであろうと

考えられるが、数年後に増加が懸念されたときに比較対照となるものとして実施されている。懸念される事故被ばくによる甲状腺がんの増加の有無を検討するための「本格検査」は2014年4月から先行検査の対象者に今後繰り返し実施していくことにより評価される。現在実施しているような高精度な超音波エコー検査を一般住民に幅広く実施した例は世界的にも過去になく、しかも通常においても甲状腺がんは非常に経過が緩やかながんであり、成人の場合には他疾患で亡くなった際に詳しく検査すると10%以上に甲状腺がんが見つかるなどの報告もある。現在「先行検査」で見つかっている甲状腺がんは、これらを取り上げて見つけているものであり、被ばくとの関連はないであろうと評価されている。しかしながら、診断を受けた本人・家族にとっては非常に不安なものであり、丁寧な対応を継続していく必要がある。

8. 今後の対策

今回の事故対応においては、非難の声も多いが、事故初期の避難措置、飲食品の規制などの対応が有効に機能し、事故の規模に対して住民の被ばく線量は幸いにして限定的である。一方で、上述の内部被ばくにおける各種検査などにおいては、摂食が制限されている野生のキノコや野生鳥獣肉を食した方など特定の生活習慣の方に若干ホールボディカウンタなどで検査値が高値側にテールを引くような分布の方が出現している。今後も長期的に検査の体制とそれらを受けられる環境整備を行い、このような個別生活習慣を含めた個人の評価と管理が求められると思う。

現状では先に述べたように発がんリスクも十分に低く、適切に対策を取ればリスクは回避できる。放射線リスクを過度に回避しようと避難生活を継続すると地域社会の崩壊、経済的な負担、家族の分断、種々の精神的なストレスなど新たなリスク要因が増加してくる。また子供たちに対して余分な被ばくを避けようと屋外活動を制限し過ぎると、肥満の増加など二次的な健康影響が既に幅広く顕在化して起きている。これらは常にトレードオフの関係にある。この悩ましい問題に対応するためには、現状の理解を促す情報の開示と関係者間の信頼の元での合意形成が不可欠である。

2002年に当時の原子力安全委員会では、今回のような事故時のリスク認知のずれとリスクコミュニケーションの困難さ、課題について検討し、図4のようにまとめている。この検討からも、まさに今回の事故後においても指摘されている内容がすべてあてはまることわかる⁵⁾。

さらに、前述のように現在おかれている環境における放射線リスクは限定的なものであるが、一次予防としてほんの少し生活習慣全体としてのリスク低減を心がけることで

リスクが実際より大きく見積もられる傾向があるできごと

- ・リスクの負担が不公平
- ・非自発的(自分からやろうとしたことではない)
- ・悪い影響の及ぶ範囲が広い
- ・一度に多くの被害者がでる(規模が大きい)
- ・次世代に影響を及ぼす
- ・人為的
- ・新しいタイプ
- ・リスクがどうやって発現するかが見えにくい

客観的リスクと主観的リスクの認知のずれは、**未知なもの、子孫への影響が及ぶもの、負担が不公平なもの**などに、より顕著にあらわれる。また**受動的なもの**に比べ、**自ら選んだもの**の場合には**1000倍も大きいリスクを受け入れるとも言われている**。

内閣府原子力安全委員会・安全目標専門部会「原子力は、どのくらい安全なら、十分なのか」平成14年7月

図4 リスク認知：客観的リスクと主観的リスクのずれ

放射線リスクを打ち消し、より良い健康を確保することが可能である。これらの環境を整備するためにも、被災県だけでなく全国民の理解と継続した対策が重要である。

最後に、本稿に関連して、事故当初の現状と当時の規制に関する情報および生物影響等についてのまとめ⁶⁾、および飲食品の規制値の考え方とモニタリングの現状などを中心に記した拙稿⁷⁾を参照いただければと思います。また放射線の健康影響、飲食品の基準値の考え方と現状、リスクコミュニケーションに関する課題など幅広くまとめた記事を当院の雑誌でも特集しています^{8, 9)}。ウェブサイトより閲覧可能ですのでご一読いただければと思います。

参考文献

- 1) NHK「東海村臨界事故」取材班(編集)；朽ちていった命―被曝治療83日間の記録, (2006), 221, 新潮社.
- 2) K. Ozasa, Y. Shimizu, A. Suyama, F. Kasagi, M. Soda, E.J. Grant, R. Sakata, H. Sugiyama and K. Kodama; Studies of the mortality of atomic bomb survivors, Report 14, 1950-2003: an overview of cancer and noncancer diseases, Radiat Res, 177-3 (2012), 229-243.
- 3) International Commission on Radiological Protection; 2007 Recommendations of the ICRP, Publication 103. (2007) Oxford: Pergamon Press. (日本語訳版：日本アイソトープ協会訳. ICRP Publ. 103 国際放射線防護委員会の2007年勧告. 東京：丸善；2009)
- 4) 厚生労働省；東日本大震災関連情報 食品中の放射性物質への対応, http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin.html
- 5) 内閣府原子力安全委員会・安全目標専門部会；原子力は、どのくらい安全なら、十分なのか, (2002). <http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/anzen/sonota/panel/panel002/03.pdf>
- 6) 樺田尚樹；放射線被曝、特に低線量の長期間被曝の健康影響に関して, 健康管理, 59-2 (2012), 3-17.
- 7) 樺田尚樹；乳幼児期の生活と放射線・放射能について, こどもの栄養, 12-2 (2013), 4-10.
- 8) 保健医療科学；特集 東日本大震災特集 放射性物質の健康影響. 保健医療科学, 60-4 (2011), 285-331. <http://www.niph.go.jp/journal/data/60-4/j60-4.html>
- 9) 保健医療科学；特集 現存被ばく状況下における放射線リスクコミュニケーション. 保健医療科学, 60-2 (2013), 123-203. <http://www.niph.go.jp/journal/data/62-2/j62-2.html>