

総 説

放射線と健康 ～より良い公衆衛生活動のために Radiation and Health Risks; for Practical Public Health

小橋 元^{1,2)}、福島芳子¹⁾、神田玲子²⁾、島田義也²⁾

Gen KOBASHI^{1,2)}, Yoshiko FUKUSHIMA¹⁾, Reiko KANDA²⁾, Yoshiya SHIMADA²⁾

1) 放射線医学総合研究所 研究倫理企画支援室

2) 放射線医学総合研究所 医療被ばく研究プロジェクト

1) Research Governance and Human Research Protection Office, National Institute of Radiological Sciences

2) Medical Exposure Research Project, National Institute of Radiological Sciences

要 旨

2011年3月11日の東日本大震災に伴って発生した福島第一原子力発電所事故は、大気、土壌、海洋中への大量の放射性物質の放出を伴う重大なものとなった。私たちにとって重要なことは、実行可能で適切な放射線防護対策と健康管理対策に取り組んでいくこと、そして、次世代が安心して暮らせる社会環境を作り、さらに、将来より良い社会を作っていくことが出来るように、健康教育と公衆衛生活動を充実させていくことである。本稿では、その一助とすべく、放射線の基本的な知識、健康リスク、防護対策について概説する。

Abstract

The Fukushima Daiichi nuclear disaster of March 11, 2011, one of the worst nuclear incidents after World War II, leaked radioactive material into the air, soil and sea.

It is important for us to take measures for radiological protection and health care administration. This paper outlines fundamental knowledge, health risks, and protection related to radiation.

I はじめに

2011年3月11日14時46分、宮城県牡鹿半島の東南東沖130kmの海底を震源とする東北地方太平洋沖地震は、日本観測史上最大規模のマグニチュード9.0を記録した。この地震による大津波は、最大遡上高40.5m、波高10m以上のところもあり、東北地方と関東地方の太平洋沿岸部に壊滅的な被害をもたらした。この地震と津波により、東京電力福島第一原子力発電所は、全電源停止という想定外の非常事態に陥り、原子炉冷却不能、炉心溶融、水素爆発を起こし、ひいては、大気、土壌、海洋中への大量の放射性物質の放出を伴う重大な原子力事故に発展した。

今後、私たちにとって重要なことは、実行可能で適切な放射線防護対策と健康管理対策に取り組んでいくこと、そして、次代を担う子供たちが安心して暮らせる社会環境を作り、さらに、その子供たちが将来、よ

り良い社会を作っていくことが出来るように、健康教育と公衆衛生活動を充実させていくことである。本稿では、その一助となることを目的として、放射線の基本的な知識、健康リスク、防護対策について概説する。

II 放射線に関する基本的な知識

1. 放射線の定義と単位

放射性物質が放射線を出す能力を放射能という。ベクレル (Bq) は放射能の大きさを表し、1秒間に1つの原子核が崩壊して放射線を放つ放射能が1 Bqである。放射線は、物質中を進むとき、直接あるいは間接的にその物質にエネルギーを与える。その際に、単位質量あたりの物質が放射線から吸収するエネルギーを吸収線量といい、単位はグレイ (Gy) が用いられる。質量1kgあたり1ジュール (J) のエネルギーを吸収する場合は1Gyである。

放射線には、ヘリウム原子核の α 線、電子の β 線、電磁波の γ 線、中性子線など、様々な種類がある。人体が受ける放射線の影響は放射線の種類によって異なるため、吸収線量に放射線の種類ごとに定められた放射線加重係数（表 1）をかけて等価線量を算出する。さらに、放射線被ばくした場合のがんになりやすさは臓器・組織ごとに異なるため、等価線量に臓器・組織ごとに定められた組織加重係数（表 2）をかけて実効線量を算出する。

等価線量、実効線量の単位にはシーベルト（Sv）が用いられる。実効線量は、放射線の人体への影響の比較や、がんや遺伝性影響などのリスク評価のために用いられる。

2. 外部被ばくと内部被ばく

私たちは、身体から離れたところに存在する放射性物質からはもちろん、体表面に付着した放射線物質からも放射線に被ばくする。このように、人体の外の放射性物質から出る放射線を受けることを外部被ばくという。一方、空気中の放射性物質を吸入したり、食べ物や水と一緒に摂取すると、体内から放射線被ばくを受け続けることになるが、これを内部被ばくという。

内部被ばくは、体内に取り込まれた放射性物質の量

のみならず、放射性物質の種類によりその人体へ影響が大きく異なる。半減期と臓器親和性および放射線のエネルギーが異なるためである。原子力災害により環境中に放出される主な放射性物質とその半減期、親和性臓器を表 3 に示した^{1,2)}。

半減期には、放射性物質の放射能が半分になる時間を表す物理学的半減期と、排泄により体内に存在する放射線物質の量が半分になる時間を表す生物学的半減期があり、これらを統合した実効半減期が、実際の内部被ばく期間の指標となる（ $1 / \text{物理学的半減期} + 1 / \text{生物学的半減期} = 1 / \text{実効半減期}$ ）。臓器親和性とは、放射性物質の種類により蓄積する器官や臓器が異なることである。ヨウ素 131 は、物理学的半減期が約 8 日で、体内に入ったうちの 70% はすぐに尿から排泄されるが、残りの 30% は甲状腺に取り込まれて約 80 日の生物学的半減期で残留するため、実効半減期は約 7 日となる。セシウム 137 は、物理学的半減期が 30 年であり、全身の筋肉に分布し、生物学的半減期、実効半減期ともに約 100 日である¹⁾。一方、ストロンチウム 90 は約 70% が全身に広がり約 100 日で排泄されるが、約 30% は骨に移行して生物学的半減期は非常に長くなる。これらの生物学的半減期は成人の値であり、乳児や小児は代謝が早いために成人より短い²⁾

表 1 放射線加重係数

放射線の種類	加重係数
γ 線、X 線、 β 線	1
陽子線	2
α 線、重イオン	20
中性子線	2.5~20

（国際放射線防護委員会 2007 年勧告より）

表 2 組織加重係数

組 織	加重係数
赤色骨髄、肺、乳房、胃、結腸、残りの組織	0.12
生殖腺	0.08
膀胱、食道、肝臓、甲状腺	0.04
骨表面、脳、唾液腺、皮膚	0.01
合 計	1.00

（国際放射線防護委員会 2007 年勧告より）

表 3 原子力災害により環境中に放出される主な放射線物質の半減期と親和性臓器

	ヨウ素 131	セシウム 137	ストロンチウム 90	プルトニウム 239
放射線の種類	β 、 γ	β 、 γ	β	α 、 γ
物理学的半減期	8 日	30 年	29 年	2 万 4 千年
実効半減期	約 7 日	約 100 日	約 20 年	約 50 年
蓄積する器官・組織	甲状腺	全身	骨	骨、肝

文献 1、2 より作成。半減期の値は概数

内部被ばく線量を表す場合も、外部被ばく線量と同様に、単位にはSvを用いる。外部被ばく線量は、放射線に被ばくしたときのみの線量を表すが、内部被ばく線量は、その放射性物質が体内に入ってから、成人では50年間、子供では70歳までの年数に被ばくする積算線量（預託線量）を表す（図1）。たとえば、もしも大人の内部被ばく線量が5mSvであれば、今後50年間で合計5mSvを体内から受けることが推定されるということである。

3. 自然放射線と医療被ばく

私たちは、日常的に、世界平均で年間約2.4mSvの放射線を自然界から受けている。その内訳は、宇宙から年間0.4mSv、大地から年間0.5mSv、ラドンから年間1.2mSv、食物から年間0.3mSv程度である。土壌中に含まれる自然性の放射性物質の量の違いのために、自然放射線量には地域差がある。日本における自然放射線量は世界平均よりも低く、平均で年間約1.5mSvであるが、県別でみると1.4～1.8mSvと、0.4mSv程度の高低がある。また、主にカリウム40や炭素14など、天然に一定の割合で存在する放射性同位元素を含む食物からの内部被ばくは避けることが出来ない。そのため、体重60kgの人体には、常に約4000Bqのカリウム40、約2500Bqの炭素14が存在するが、それらを合わせても、実効線量は年間0.3mSv程度である。

現代医療の分野において、放射線診断・治療は不可欠である。放射線機器・装置が普及している日本では、医療に用いられる放射線被ばく、すなわち医療被ばくの線量が他国に比べて高い³⁾。各放射線検査の被ばく線量は、胸部撮影で約0.06mSv、上部消化管撮影で約3mSv、CT撮影で約5～30mSvと考えられている（表4）⁴⁾。日本人1人あたりが年間に被ばくする線量の平

均は、CTが約2.3mSv、一般X線診断が約1.47mSv、ラドンおよびその娘核種が約0.43mSvで、合計は約4.2mSvである⁴⁾。医療放射線は、被ばくを上回るメリットを条件に用いられるが、線量を低減する努力も進められている。また、患者一人一人の被ばく線量を長期間記録していく方向での検討がなされている。

私たちが日常生活において避けることが出来ない自然放射線も、医療のために必要な放射線も、人体への影響という点においては、事故による発生した放射線とまったく変わらない。したがって、これらは積算して評価し、また、被ばく線量は合理的に可能な限り減らすことが必要である

III 放射線の人体への影響

1. 確定的影響と確率的影響

放射線の生物作用の主な標的は、細胞の核内にあるDNAである。DNAは、放射線以外にも、正常な代謝において細胞内に発生する活性酸素、ある種の植物毒素、紫外線、たばこの煙中の炭化水素をはじめとする人造の変異原物質など、さまざまな要因により、一日一細胞あたり1万から100万箇所の頻度で日常的に損傷を受けている⁵⁾。DNA損傷のうちの大部分は修復酵素の働きで短時間のうちに修復されるが、修復されずに固定したり、修復のエラーが起こることがある。被ばく線量の合計が同じでも、高線量の1回被ばくに比べて、低線量を複数回に分割して被ばくしたり、時間をかけて被ばくした方が、放射線被ばくの影響は小さい⁶⁾。

DNA損傷が致死的な場合は細胞死を起こす。相当数の細胞が細胞死を起こすと、その細胞が構成する臓器や組織の機能に影響する。放射線量がある線量（しきい線量・しきい値）を超えると、検査異常や身体症

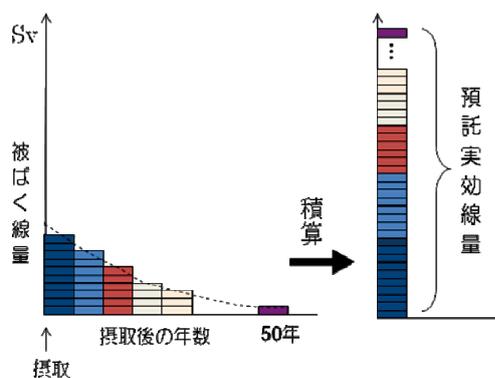


図1 内部被ばくの考え方

*預託線量は放射線物質の摂取後、大人は50年間、小児は70歳までに受ける線量の総和。図は対象者が大人の場合を示した。

表4 放射線検査と被ばく線量

検査の種類	被ばく線量 (mSv:実効線量)
胸部撮影	0.06
上部消化管検査	3
CT撮影	5～30
核医学検査	0.5～15
PET検査	2～10
乳房撮影	2mGy(乳腺線量)
透視	手技により異なる
歯科撮影	0.002～0.01

状として確認されることになる。これを確定的影響という。

一方、DNA 損傷が非致死な場合は、DNA 情報の変化が突然変異として残り、その細胞が分裂して増えることとなる。体細胞に突然変異が起こった場合は、長い潜伏期の後にがんが発生する可能性があり、生殖細胞の突然変異は、それが子孫に伝えられて遺伝性影響が起こる可能性がある。がんや遺伝性影響は、しきい線量を持たず、放射線の線量増加とともに影響の発生頻度が増加すると仮定されており、これを確率的影響という（図2、図3）。

確定的影響には、脱毛、血球減少、不妊、胎児影響などが含まれる。確定的影響の臓器・組織障害の推定しきい線量を表5に示した。吸収線量100mGy以下の放射線による影響は、放射線への感受性が最も高い胎児においても、観察されていない。一方、一度に2Gy相当以上の放射線を受けた場合（急性被ばく）は、治療を必要とする急性障害が発生する可能性がある。

今回の事故以来、鼻血、鼻水、咽頭痛、易疲労感な

どの症状を認め、心配であるとの相談を受ける。上述のように、高線量の急性被ばくにおいては、鼻血、嘔吐、下痢などの症状が出る場合も考えられる。しかし、今回一般住民が受けたのは、吸収線量100mGy以下、実効線量100mSv以下の低線量被ばくである。したがって、これらの症状は放射線被ばくの直接的な作用によるものとは考えにくい。

確率的影響にはがんや遺伝性影響がある。原爆による放射線誘発がんの発生をみると、白血病は被ばく後2年から始まり、5～6年後にピークを迎える。一方、その他のがんは10年後から始まり、時間の経過とともに罹患率が増加する。原爆被ばく者の研究結果によれば、被ばく時の年齢が10歳未満においては、固形がんの相対リスクが0.5～1Gyで男性1.10、女性2.87、1～4Gyで男性3.80、女性4.46であった⁷⁾。ICRPでは、胎児期と小児初期における放射線の発がんリスクは、多めに見積もって、大人の3倍程度と考えられている⁸⁾。

確率的影響にはしきい線量はないと考えられてい

表5 全身被ばく後に臓器・組織障害を発症する推定しきい線量

影響	臓器/組織	発症までの時間	しきい値 (Gy)
一時的不妊	精巣	3～9 週間	～0.1
永久不妊	精巣	3 週間	～6
	卵巣	<1 週間	～3
造血機能低下	骨髄	3～7 日	～0.5
皮膚の発赤	皮膚 (広い部位)	1～4 週間	3～6
皮膚の火傷	皮膚 (広い部位)	2～3 週間	5～10
一時的脱毛	皮膚	2～3 週間	～4
白内障 (視力障害)	眼	数年	～1.5
骨髄症	骨髄 (治療しない場合)	30～60 日	～1
	(手厚い治療をした場合)	30～60 日	2～3
胃腸管症	骨髄 (治療しない場合)	6～9 日	～6
	(手厚い治療をした場合)	6～9 日	>6
間質性肺炎	肺	1～7 か月	6

(国際放射線防護委員会 2007 年勧告より)

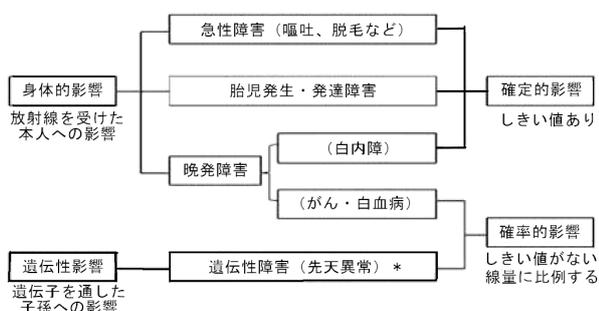


図2 放射線の健康影響

* 実験動物で観察されたのみで、ヒトでは未確認

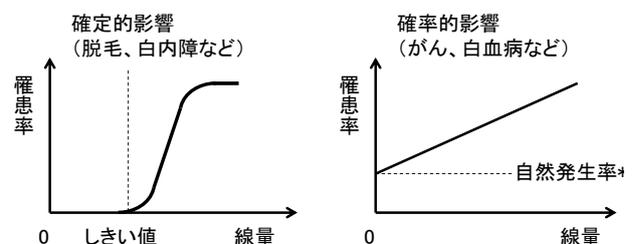


図3 確定的影響と確率的影響の線量効果関係(文献6より改変)

* 低線量被ばくにおいても線量と罹患率との間にしきい値がなく比例関係が成り立つ(しきい値無し直線仮説 (Linear Non-Threshold: LNT 仮説)) ならば、被ばく線量がゼロの場合には自然放射線による発生率が残ることになる。

る。しかし、従来の疫学調査では、全身100mSvの被ばくでは有意な発がんリスクの増加は認められていない。世界には、イランのラムサール、インドのケララ、中国のヤンジャン、ブラジルのガラパリなど、土壤中に自然性の放射性物質を多く含み、日本の2倍から10倍の自然放射線レベルが観測される地域が実在する。たとえばイランのラムサールでは、最大で年間260mSvである。しかし、これらの地域においても、今のところ、がんの死亡率や発生率の有意な増加は報告されていない。

しかし、全身100mSvの被ばくで発がんリスクが増加しないと言い切ることもできない。従って、ヒトの放射線防護のためにある数値を仮定する。国際放射線防護委員会(ICRP)では、放射線の実効線量が100mSvを超えると、生涯がん死亡リスクが100mSvあたり0.5%増加するとして被ばく管理を行うことを勧告している。新生児から高齢者まで1000人が100mSvに被ばくし、仮に、その後の一生でがんにより何人死亡するかを計算すると、被ばくしない場合と比べて5人(すなわち0.5%)の増加となると仮定しているのである。この0.5%はあくまでも仮定の数値であり、がん死亡リスクの実際の計算に使用することは適切ではない。特に、リスクの有無が不明な100mSv以下においては使用できない。

遺伝的影響のリスク(第2世代まで)は、動物実験の結果から、1Gyあたり約0.2%といわれる⁹⁾が、人では観察されていない。原爆被爆者2世の追跡調査でも認められていない⁷⁾。

2. 放射線の発がんへの寄与と放射線防護の考え方

上述のICRPの勧告、「受ける放射線量が100mSvを超えると、生涯がん死亡リスクが100mSvあたり0.5%増加すると仮定する」のイメージを図4に示した。国立がん研究センターのホームページ¹⁰⁾によれば、

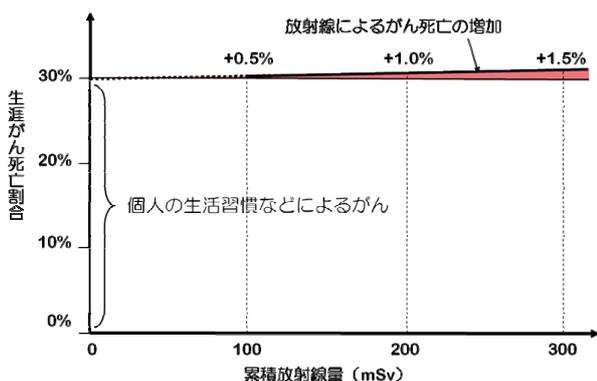


図4 がん死亡における低線量・低線量率放射線の推定寄与割合

100~200mSvの放射線によるがん罹患リスクは野菜不足のリスクとほぼ同じ、100mSvの放射線によるリスクは受動喫煙のリスクとほぼ同じである。100mSvの放射線被ばくを発がんのリスク要因の一つとしてリスク増加を比較すると、喫煙、大量飲酒習慣はその8~10倍、やせすぎ、肥満、運動不足はその3~5倍にあたる(表6)。すなわちこの結果は、放射線防護のみならず、小児期からの健康生活習慣の改善が、がん予防には非常に有効であることを示唆している。

人が受ける放射線量は合理的に可能な限り減らすことが必要であることは論を待たない。特に子供の場合、避けられる放射線は出来るだけ避けることが望ましい。線量限度は安全と危険の境界線ではなく、影響が心配されるレベルよりもはるかに低い値に設定されている。特に公衆の線量限度は、年間1mSvと定められている。ICRPは、今回の災害時に、緊急事態期には年間20~100mSv、災害収束後の復旧期には年間1~20mSvのように、それぞれ別の放射線防護の指標を設定し、段階的に年間1mSvまで引き下げるための対策を講じるように勧告を出している¹¹⁾。一方、緊急措置および人命救助に従事する者については、状況により年間500~1000mSvを制限の目安とする場合もある¹²⁾

IV 放射線防護と発がん予防対策の実際

1. 緊急事態期の防護対策

原子力災害の発生後、漏えいした気体状の放射性希ガス、ヨウ素などの放射性物質は、雲のような状態となって集まり(プルーム)、大気中を流れて放射線を出す。プルームから降ってくる放射性ヨウ素やセシウムなどからも放射線が出る。また、これらの放射性物質が体表面に付着すると、体表面からも放射線に被ばくする。

放射性物質放出直後の緊急事態期に、まず求められるのはプルームからの防護対策である。この段階

表6 全身の固形がんの罹患における放射線と生活習慣の相対リスク

相対リスク	被ばく放射線量	生活習慣
1.50~2.49	1000~2000mSv(1.8)	喫煙者(1.6) 大量飲酒(450g以上*/週)(1.6)
1.30~1.49	500~1000mSv(1.4)	大量飲酒(300~449g*/週)(1.4)
1.10~1.29	200~500mSv(1.19)	やせ(BMI<19)(1.29) 肥満(BMI≥30)(1.22) 運動不足(1.15~1.19) 高塩分食品の摂取(1.11~1.15)
1.01~1.09	100~200mSv(1.08)	野菜不足(1.06) 受動喫煙(非喫煙女性)(1.02~1.03)
検出不可能	100mSv未満	

文献10)より引用改変

相対リスク: 要因を持つ群の罹患率を要因を持たない群の罹患率で割ることにより求める。要因を持つことにより何倍疾病に罹患しやすいかを表す。

*エタノール換算量

では、外部被ばく線量の評価を行い、予測実効線量が 50mSv 以上ならば域外退去、コンクリート屋内退避、10～50mSv ならば屋内退避とするような対策を行う¹³⁾。また、内部被ばく対策として、水、食事からのヨウ素 131、セシウム 134 や 137 の摂取に注意をする必要がある。安定ヨウ素剤の使用が考慮されるのもこの時期である。予測実効線量が高くない区域では、希釈ブルーム通過時に、不要不急の外出制限、露出制限・降雨対策、うがい手洗いの励行などを行う。

2. ブルーム通過後の防護対策

ブルームが通過した後は、地表に堆積した放射性物質からの被ばくを防ぐことが重要となる。災害現場からの距離が一定以上に離れていても、地形と風向きにより、線量の高い地域（ホットスポット）が存在するため、空間線量率モニタリングの値に注意する必要がある。しかし、ホットスポット以外の地域においては、強風の日以外は土壤の放射性物質が舞い上がることは少ないと考えられる。

学校の校庭での外部被ばくに関しては、空間線量率線量測定の結果をもとに適切な対策を講じる必要がある。セシウム 137 の約 80% は地表から深さ 5mm 以内に存在するため、表土と下層土を入れ替えるだけでも放射線量を約 85% 低減することができる。文部科学省は 2011 年 4 月、暫定的に、緊急時の参考レベルではなく復旧時の参考レベルである年間 1～20mSv を目安とし、これをもとに、毎時 3.8 μ Sv を校舎・校庭の利用判断の目安とした。これはすなわち、児童生徒が放射線の強さが毎時 3.8 μ Sv の校庭に 1 年 365 日毎日 8 時間立ち、残りの 16 時間は同じ校庭の上の木造家屋で過ごすという、現実的にはあり得ないほどの安全側に立った仮説に基づいた場合の計算結果が、年間 20mSv である。実際には、放射性物質の分布はパツ

表 7 厚生労働省が設けた食品の暫定規制値

放射性物質の種類	飲食物	規制値 (Bq/kg)
放射性ヨウ素	飲料水	300 (乳児は 100)
	牛乳・乳製品	
	野菜類 (根菜・芋を除く)	2000
	海産物	
放射性セシウム	飲料水	200
	牛乳・乳製品	
	野菜類 (根菜・芋を除く)	500
	穀類	
	肉・卵・魚、その他	
ウラン	乳幼児用食品	20
	飲料水	
	牛乳・乳製品	
	野菜類	100
	穀類	
	肉・卵・魚、その他	

チ状であり、また、放射能は時間の経過とともに減衰するため、より現実的な児童生徒の生活パターンに当てはめて試算すると、児童生徒が受ける線量は年間 20mSv の半分以下であると見込まれる¹⁴⁾。

文部科学省は、2011 年 8 月には新たに毎時 1 μ Sv 未満という目安を提示した。汚染土壤の除去が進んだことなどにより、学校が開校されている地域では、校庭・園庭において毎時 3.8 μ Sv 以上の空間線量率が測定される学校がなくなったためである。これは、夏季休業終了後、学校において児童生徒等が受ける線量を原則年間 1mSv 以下とするための目安であり、仮に毎時 1 μ Sv を超えることがあっても、屋外活動を制限する必要はないが、除染等の速やかな対策が望ましいとしている¹⁵⁾。

飲料水や食品には保護者の関心が高い。表 7 には厚生労働省が 2011 年 11 月現在設けている食品の暫定規制値¹⁶⁾ を、表 8 には各種食品の標準 1 日摂取量¹⁶⁾ をそれぞれ示した。内部被ばく線量は、放射能濃度 (Bq/kg) × 摂取量 (kg) × 実効線量係数で計算される。厚生労働省の薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会が、実測値に基づいて推計を行った結果、一年間に摂取する食品からの預託実効線量は、全年齢平均 0.111mSv、最も値が大きい小児において 0.118mSv であり、食品による内部被ばくの影響は、外部被ばくの影響に比べて小さいと推定された¹⁷⁾。こうした状況を受け、厚生労働省では 2012 年 4 月を目途に、放射性セシウムの許容線量の合計を年間 5mSv から年間 1mSv に引き下げるといふ、より厳しい規制値を設定する方向で検討が進んでいる。

3. 体表面からの外部被ばくと内部被ばくへの対策

放射線防護の基本は、放射線源から離れること、遮蔽をすること、被ばく時間を短くすることである。したがって、長時間放射性物質を体表面に付着させ続けることや、内部被ばくは、できるだけ防がねばならない。

比較的多量の放射性物質を衣服や体表面に付いたまま放置しておくと、そこから放射性物質が広がる二次汚染を招く。身体、頭髮、衣服に付着した放射性物質からの放射線は、サーバイメーターを用いて検出する

表 8 各種食品の標準 1 日摂取量 (単位: kg)

各種食品の標準 1 日摂取量 (単位: kg)	成人	幼児	乳児
飲料水	1.65	1.0	0.71
牛乳	0.2	0.5	0.6
野菜	0.6	0.25	0.105
穀類	0.3	0.11	0.055
肉・魚・卵	0.5	0.105	0.05

ことができる。しかし、災害収束後の復旧期以降において、むしろ重要なことは、衣服の洗濯、洗髪、入浴をこまめに行うことである。

内部被ばくは、現状では上述のように、外部被ばくに比べてその影響が小さいと推定されるが、その測定には、人の体内から出てくる γ 線を測定する装置であるホールボディカウンター（WBC）が利用されている。WBCでは、体内の放射性物質の種類と量がわかるが、 γ 線を出さない（ α 線や β 線のみを出す）放射性物質は検知できない、測定数値と実際の被ばくとの関係は、用いた機械の性能や測定環境などによって違うなど、依然として課題も多い。

4. 放射性物質の性質に基づく防護対策

放射性物質の半減期、臓器親和性などの性質に基づいて、効果的な防護対策を取る必要もある。

ヨウ素 131 は、半減期が短いため放出直後から1か月余りの対策が重要であるが、逆に放出が収束したら比較的早期に防護対策の対象からは外れる。ヨウ素 131 は甲状腺に親和性があるため、特に小児の甲状腺を守るための対策が必要である。チェルノブイリ事故後の住民調査¹⁸⁾では、ヨウ素 131 による小児甲状腺がんの増加が観察されているが、そのうちの多くが予後良好な乳頭状線腫である。

セシウム 134、137 はカリウムと似た性質を持ち、全身に親和性を持つ。ストロンチウム 90 はカルシウムに似た性質を持ち、骨に集積する。これらの半減期は長く、長期にわたり健康に影響を及ぼす可能性があるために注意を要する。ストロンチウム 90 は、海水中に放出され、海の生物の食物連鎖により濃縮される可能性がある。現在は暫定規制値を超えた放射性物質を含んだ食品が出回る可能性は低いが、引き続き海洋汚染のデータには注意を払う必要がある。

プルトニウム 239 は肺、骨、肝臓に集積し、半減期が非常に長いために、白血病や骨腫瘍との関係が懸念される。しかし消化管で吸収されにくいと、呼吸からの吸入を防ぐことで、体内への取り込みを防ぐことができる。また、今回の放出量は微量で、今のところは主要な防護対象物質とは考えづらい。

5. 放射線発がんの予防対策

放射線の生物作用には、放射線がDNAを直接損傷させる直接作用と、放射線により水分子にフリーラジカル（活性酸素）が形成され、そのフリーラジカルが

DNA 損傷を引き起こす間接作用がある。 γ 線や β 線においては間接作用が主である。したがって、ビタミンCをはじめとする抗酸化物質をはじめ、ラクトフェリンなどをあらかじめ取っておくことは、放射線障害を軽減させることに役立つ可能性があるとして研究が進んでいる。

放射線の健康影響の主要な終着点である発がんを予防するためには、上述のごとく適切な放射線防護対策をとる必要があるが、同時に、ビタミン、ミネラルに配慮したバランスのよい食生活、禁煙、適度な運動、十分なソーシャル・サポートによるストレス軽減対策などが重要である。また、うがい、手洗い、シャワー、衣類の洗濯などの保清習慣、危険な場所には子供を放置しないこと、子供が親、先生、地域の大人たちの指示にきちんと従うなどの基本的な親子関係やしつけも重要である。これらは、まさしく基本的な公衆衛生対策、生活習慣病対策に地域をあげて取り組むことに他ならない。

V おわりに

ほとんどすべての健康障害や病気は、生まれもった遺伝的な要因に長年の生活習慣や様々な環境要因が絡み合って発症する多因子疾患である。放射線は、私たちの健康に影響する多くの環境要因の一つにすぎない。大切なのは低線量放射線被ばくの健康リスクをどう解釈し、受け入れて対策を立てていくかということである。

私たちは過去を変えることは出来ない。今は、これから出来ることを正しい知識をもとにして考え、自分自身が出来ることと、社会の取り組みとして出来ることを整理して、勇気を持って行動していくことが必要である。次世代に対する私たちの責務は、彼らが安心して暮らせる環境と社会を作ることと同時に、将来、自分たちの力でより良い社会を作っていける力を彼らに伝え授けることである。

今こそ、私たち一人一人が、学校、家庭、地域を基盤とした健康教育、公衆衛生活動の、本来あるべき姿を見直す良い機会にしたいものである。

文献

- 1) ICRP Publication 67. 1st ed., Amsterdam Elsevier, 1993: 39-43, 96-120
- 2) ICRP Publication 78. 1st ed., Amsterdam Elsevier, 1997: 74-91

- 3) Berrington de González A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet* 2004; 363: 345-351
- 4) 赤羽恵一. 医療被ばくの現状. *INNERVISION* 2010; 25: 6-9
- 5) Lodish H, Berk A, Matsudaira P, et al. *Molecular Cell Biology*, 5th ed., New York, W. H. Freeman, 2004: 963
- 6) 島田義也. 低線量被ばくの影響に関する知見. *INNERVISION* 2010; 25: 10-13
- 7) Preston DL, Ron E, Tokuoka S, et al. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958-1998. *Radiat Res* 2007; 168, 1-64.
- 8) ICRP Publication 103. 1st ed., Amsterdam Elsevier, 2008: 23
- 9) ICRP Publication 103. 1st ed., Amsterdam Elsevier, 2008: 74-79
- 10) がんのリスク - 放射線、ダイオキシンと生活習慣 (JPHC Study)-. 国立がん研究センターホームページ [平成23年10月1日検索]、インターネット <URL: http://www.ncc.go.jp/jp/shinsai/pdf/cancer_risk.pdf>
- 11) Fukushima Nuclear Power Plant Accident, [online] 21 March, 2011, ICRP ref: 4847-5603-4313, [retrieved on 2011-10-01], Received from the Internet: <URL: <http://www.scj.go.jp/ja/info/jishin/pdf/t-110405-3e.pdf>>
- 12) 放射線から人を守る国際基準～国際放射線委員会 (ICRP) の防護体系～. 東日本大震災への対応～首相官邸災害対策ページ～. [平成23年10月1日検索]、インターネット <URL: http://www.kantei.go.jp/saigai/senmonka_g5.html>
- 13) 原子力施設等の防災対策について. 原子力安全委員会. [平成23年10月1日検索]、インターネット <URL: <http://www.nsc.go.jp/shinsashishin/pdf/history/59-15.pdf>>
- 14) 福島県内の学校等の校舎・校庭等の利用判断における暫定的考え方について. 文部科学省. 平成23年4月19日. [平成23年10月1日検索]、インターネット <URL: http://www.mext.go.jp/a_menu/saigaijohou/syousai/1307458.htm>
- 15) 福島県内の学校の校舎・校庭等の線量低減について. 文部科学省. 平成23年8月26日. [平成23年10月1日検索]、インターネット <URL: http://radioactivity.mext.go.jp/ja/8849/8850/8864/1000_082614_1.pdf>
- 16) 飲食物摂取制限に関する指標について. 原子力安全委員会. 平成10年3月6日. [平成23年10月1日検索]、インターネット <URL: <http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000018iyb-att/2r98520000018k4m.pdf>>
- 17) 作業グループ (線量計算等) における検討経過について—食品由来の暫定的な線量推計 (概要) 一. 厚生労働省薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会資料. [平成23年10月1日検索]、インターネット <URL: <http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000001ip01-att/2r9852000001ipae.pdf>>
- 18) Zablotska LB, Ron E, Rozhko AV, et al. Thyroid cancer risk in Belarus among children and adolescents exposed to radioiodine after the Chernobyl accident. *Br.J Cancer* 2011; 104: 181-187