

## 理事長まえがき

2011年3月11日に、三陸沖を震源地としたマグニチュード9.0の巨大地震が発生し、太平洋沿岸を中心に巨大な津波を誘発して、三万人にもものぼる方々の貴重な生命を奪いました。未曾有の大災害の犠牲者となられた方々に、心からの哀悼の意を捧げますとともに、被災者の救出活動に懸命に努力されている多くの方々に、心から感謝申し上げます。

今回の震災で、地震・津波の大きな被害に加えて、極めて深刻な事態となっているのは、東京電力福島第一原子力発電所の被災による、原子炉からの放射性物質の漏出という問題です。そして、この未曾有の大災害に直面する地区住民の方々や一般市民の間には、大きな不安感が広がっています。リスクに対する情報が、必ずしも正確かつ確に伝えられていないことが、このような事態を引き起こす原因となっており、人々が冷静に判断し、行動するためには、たとえ深刻な状況であったとしても、情報を正確かつ確に国民に伝えることが必要であると考えられます。

NPO法人「遺伝カウンセリング・ジャパン」では、今回の放射性物質の漏出による放射線被曝に関して不安を抱いているの方々に向けて、遺伝カウンセリングの専門家が持つ知識やカウンセリング技術を提供することによって、故なき不安に怯える方々を少しでも少なくしたいと考え、以下に示す資料を作製しました。

この資料は、我が国における遺伝カウンセリングの先駆者である千代豪昭・元お茶の水女子大学教授（日本遺伝カウンセリング学会理事）が、放射線医学総合研究所の島田義也研究員の協力を得て執筆され、さらに様々な方々のご意見を加えてまとめられたものです。

本資料が、多くの方々の放射線とその健康影響への理解を深め、気をつけるべきことには気をつけ、その一方で意味のない不安を取り除くことに役立つことを願っています。

2011年4月17日

NPO法人「遺伝カウンセリング・ジャパン」理事長 金澤一郎

## 放射線被曝の影響を正しく理解するために

### — 遺伝カウンセリングの専門家が語る放射線被曝の知識 —

2011年4月17日  
NPO法人「遺伝カウンセリング・ジャパン」

執筆：千代豪昭 元・国立大学法人お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科  
遺伝カウンセリングコース 教授  
認定遺伝カウンセラー制度委員会 委員長  
日本遺伝カウンセリング学会理事

執筆協力：島田義也 独立行政法人放射線医学総合研究所放射線防護研究センター  
発達期被ばく影響研究グループリーダー

### 協 力

日本遺伝カウンセリング学会  
日本認定遺伝カウンセラー協会  
全国遺伝子医療部門連絡会議

## 目 次

はじめに .....	5
------------	---

### 放射線の基礎知識

Q1 「放射線の本体について教えてください」 .....	6
Q2 「放射線は目に見えませんが、どうやって測定するのですか。ベクレルとかシーベルトなど普段馴染みのない数値が報道されているので、よく理解ができず、よけいに怖くなります」 .....	6
Q3 「病院のレントゲン撮影で受ける放射線と、今回被曝が心配されている放射線は違うのですよね」 .....	8
Q4 「蛍光灯や電子レンジからは放射線がでますか」 .....	8
Q5 「放射性物質と放射線は同じものですか」 .....	9

### 放射線と健康

Q6 「被曝（ひばく）って、恐ろしい言葉に聞えますが・・・」 .....	9
Q7 「放射線はなぜ健康に影響を与えるのですか」 .....	9
Q8 「放射線が人間にどのような健康被害を与えるのか教えてください」 .....	10
Q9 「今回の報道でよく聞かれる『ただちに』というのは短期的影響の話なのですね。だとすると、長期的な影響が心配です」 .....	11
Q10 「『がん』や先天異常は被曝以外の原因でも増加すると聞いていますが、被曝との関係はどうなるのでしょうか」 .....	12
Q11 「私たちは日常生活で自然に放射線を浴びていると聞きましたが、本当ですか。なぜ、健康被害が問題にならないのですか」 .....	13
Q12 「病院でX線撮影を受けると被曝すると言われますが、健康への影響はないのでしょうか」 .....	13
Q13 「被曝により奇形をもった子供が生まれると聞いたことがあります。これも長期的影響の一つなのでしょうか」 .....	14
Q14 「放射線被曝の影響に個人差はありますか」 .....	15
Q15 「放射線被曝には、健康の面から『これ以下なら安全』という閾値があるのですか」 .....	15
Q16 「自分がどれだけ被曝したか知りたいと思います。累積被曝線量は病院で検査してもらえますか」 .....	16
Q17 「水道水の放射性物質による汚染と、野菜などの食品の汚染は同じように考えてよいのでしょうか」 .....	17
Q18 「汚染した水道水を飲んだ場合、人体がどれくらい被曝するかという話は理解できました。では、汚染した水を使って顔や手を洗ったり、風呂の水として使うのは心配ないのでしょうか」 .....	18
Q19 「野菜や魚の放射能汚染については、『暫定規制値』という数値が色々出てくるのですが、よく理解できません。食べるものすべてが怖くなります。」 .....	18
Q20 「農地や家畜の放射線物質による汚染は今後、どうなるのでしょうか」 .....	19

Q21	「放射性物質により汚染された土地には人が住めるようになるのでしょうか」	20
Q22	「避難指示の根拠について、もう少し詳しく教えてください」	21
Q23	「日本沿岸では海水浴などできなくなる可能性はありますか」	21
Q24	「今回の事故のあと、世界各地で放射能汚染が確認されていますが、本当なのでしょうか。北海道や九州も汚染されると考えると怖いです」	22
Q25	「今回の原発事故でも将来、住民の健康調査が行われるのでしょうか」	22
おわりに		23

## はじめに

昨今の報道を見てみますと、被曝対策に関する公的な報道はその真意が理解しにくい、報道機関による専門家の解説は難しすぎて理解が難しいなど、「理解しにくい」ことがより大きな不安材料になっているように見受けられます。本資料は、専門家の難解な解説と国民のニーズのギャップを埋めることを目的に執筆しました。日頃、放射線の勉強をしたことのない一般の皆様には理解が難しいところもあるかと思えます。しかし、皆様の周囲には医療を学んだ方、学校の理科の先生、日頃から科学好きな方など被曝について勉強したい方は沢山いらっしゃると思います。そのような方にとって、本資料は、十分に理解できる内容だと思います。どうか、本資料を読んで、周囲の方に説明してあげてください。多くの住民に影響を与えるオピニオン・リーダーを支援することにより、より多くの方々の不安を取り除くのが、今は最も大切であると考えました。認定遺伝カウンセラーや心理カウンセラーなどカウンセリングの専門家も、被曝のカウンセリングには科学的な背景の理解が必須です。カウンセリングの専門家だけではなく、遺伝カウンセリングが必要な場面に遭遇する専門医の方々にも、知識を整理するのに本資料をご利用いただければ幸いです。

## 放射線の基礎知識

### Q1 「放射線の本体について教えてください」

あらゆる物質は分子からできていますが、分子をさらに細かく分けると物質の素となる原子からできています。原子の中心には原子核があり、陽子、中性子、電子からできています。例えば水素原子の原子核は一個の陽子と一個の電子ですが、他の物質には中性子もあります。それぞれの物質の原子核（核種と言います）の陽子や中性子の数は決まっています。さて、多くの原子は安定していますが、なかには時間がたつにつれて、もっと質量の小さい原子に変わっていくものがあります（原子核の崩壊または壊変と言います）。この時、陽子や中性子などの粒子や電子が外に飛び出します。また原子核は陽子や中性子が強い結合エネルギーにより形作られていますので、原子が壊れるときに結合エネルギーのバランスが崩れて原子核や陽子、中性子、電子などの粒子や電磁波など、強いエネルギーが放射されます。一般に放射線と呼ばれるものの本体は、これらの粒子線とよばれる粒子の流れ（アルファ線、陽子線、中性子線、ベータ線）と電磁波（ガンマ線）なのです。

これらの放射線の特徴は透過力が強いことと、生物に色々な影響を与えることです。アルファ線の透過力は最も弱く、紙一枚で遮へいできます。ベータ線、ガンマ線、中性子線の順に透過力が強くなります。中性子線を遮へいするにはコンクリート1メートルくらいの厚さが必要です。

### Q2 「放射線は目に見えませんが、どうやって測定するのですか。ベクレルとかシーベルトなど普段馴染みのない数値が報道されているので、よく理解ができず、よけいに怖くなります」

原爆の被災者の生々しい記録のイメージから「放射線は怖いもの」というイメージが定着していることは確かですが、もう一つ「怖さを増強しているもの」に「目に見えない」と、「理解がむずかしいこと」があります。人体への影響を防ぐためには難しい理論や計算方法が沢山あり、医療の専門家でも理解が難しいことは事実なのですが、皆さんがまず基本的なことを理解するだけで、報道される数値をかなり冷静に判断できるようになります。少し我慢して説明を聞いてください。特にベクレルとシーベルトの違いがわかりにくいので、少しわかりやすく解説します。

#### 1) 「放射線量を測定する方法には2つの方法がある」

明るさの単位に燭光（カンデラ）と照度（ルクス）があることをご存知でしょう。ロウソク1本の明るさを1燭光といいます。ロウソク2本だと2倍の明るさです。でも本を読むとき、ロウソクに近づくと明るくなり離れると暗くなります。本を読む明るさを決めるには照度（ルクス）という単位を使うほうが実際的です。放射線の線量の強さを計るにも同じ考えが必要です。放射性物質を構成する原子は放射線を出しながら、より安定な原子に変化（原子核崩壊）して行きますが（これは安定状態に向けて自然に起こる現象で、核反応（連鎖反応）とは異なります）、この時に放出される放射線を測定することにより、崩壊する原子核の数がわかります。1秒間に崩壊する原子核の数をベクレルで表します。次に1リットルの水が入った容器を放射線が出ている近くに持っていきましよう（水とは限らずどんな物質でもよいのですが）。放射線が物質を透過すると

熱作用の結果、水の温度が上昇します。容器の水に1ジュールの熱を与える放射線量を1グレイと呼びます。吸収線量とも呼ばれますが、1時間あたりに物質1Kgが受けたエネルギー量です。原子核の種類によって崩壊時に出す放射線の物理的エネルギーは異なりますので同じベクレル数でも吸収線量グレイは異なる場合があります。私たちの身体がどれだけの放射線を浴びるかは、この吸収線量が目安になります。ここまではわかり頂けたか。被曝を理解するためにはもう一つ理解が必要です。同じ物理的な線量（グレイ）でも、放射線の種類（線質）によって生体が受けるダメージが異なるという事実があります。例えば中性子線はガンマ線と比較すると、物質に与える物理的な熱量は同じでも、生物の細胞に与える効果は10～20倍も高いのです。このために線質により補正して1人の人間が外部から受けた放射線の量を実用的に換算してシーベルトという単位（等価線量）で表します。ガンマ線やX線（レントゲン線）の1グレイは1シーベルトに換算されますが、中性子線は同じエネルギー量でも10～20シーベルト（波長によりエネルギーが異なる）にあたります。放射線防護や専門医療の立場からは被曝の状態や、人体の組織により異なる放射線の感受性を考慮して、人体が受けた放射線量を全身被曝に換算して評価する実効線量（やはりシーベルトで表します）という概念が用いられますが、皆さんはまず外部被曝量の基本となるシーベルトを理解してください。

「放射線量の絶対値をあらわすにはベクレル、人間への影響をあらわすのはシーベルト」と理解しておいてください。1シーベルトは1000ミリシーベルト、1ミリシーベルトは1000マイクロシーベルトです。

## 2)「被曝には2つのスタイルがある」

これも放射線被曝を理解するためには大切な概念です。第1は「外部被曝」という概念で、人間の身体が色々な放射性物質から出る放射線を外部から浴びる場合です。各地で放射線量の速報が報道されていますが、例えば5ミリシーベルト/時という数値の場所に立っていたら、1時間で身体が5ミリシーベルトの被曝をしますよという意味です。

外部被曝の特殊な場合になりますが、「局所的な被曝」もあります。多くは皮膚の一部に高線量の放射性物質が付着したことによります（不幸なことに今回は事故対策の作業員が汚染された水により足部に被曝しました）。身体への影響は放射線の種類や除染までにかかった時間など色々な条件で異なります。この場合は救急隊員や医療従事者が二次的な被曝をする原因になりますから被曝管理の専門家が的確に判断しなくてはなりません。一般住民がこのような高濃度の局所的な被曝を受ける可能性は原発事故ではほとんどないでしょう。

第2の被曝スタイルは、放射性物質を飲み込んだり、肺に吸い込んだりする場合で、「内部被曝」といいます。体内に入った放射性物質の放射線量はベクレルで測定しますが、体内に残留した時間や、放射性物質の半減期の長さにより身体が受ける吸収線量は異なります。体内に入った放射性物質の量（ベクレル）と種類がわかるとおおまかに線量当量（シーベルト）を計算できます。厳密には人間の組織は放射線の感受性が異なりますので、それぞれの組織別の吸収線量を計算して合計することにより実効線量（やはりシーベルト）で表します。報道でよく問題になるヨウ素131について説明しましょう。ヨウ素131は天然に存在するヨウ素と異なり、原発の燃料に含まれるウラン238の核分裂の結果、作られます。比較的早い速度（半減期8日）で電子を放出して安定したキセノンに変化しますが、この時、ベータ線とガンマ線が放出されます。放射線量の絶対量はベクレルで測定しますが、ベータ線とガンマ線では性質が異なります。1万ベ

クレルのヨウ素 131 を経口摂取すると生体は 0.22 ミリシーベルトの被曝に相当するという生物学的な経験則からベクレル/シーベルトの換算方式が提唱されています。例えば、「放射性ヨウ素 131 が 200 ベクレル/リットル測定された水を 1 リットル飲むと、 $200 \times 2.2 \times 10^{-5} = 4.4$  マイクロシーベルトの被曝をすることになる」というように計算します。計算方法は放射性物質の種類や摂取方法により異なりますので、この計算は専門家に任せて頂きたいのですが、ヨウ素 131 やセシウム 137 については、報道でシーベルトに換算した値が出ています。

Q3 「病院のレントゲン撮影で受ける放射線と、今回被曝が心配されている放射線は違うのですよね」

放射線を発生させる原理は異なりますが、私たちの身体に与える影響は同じものなのです。今回の被曝で問題になっているガンマ線は原子が崩壊するとき内部のエネルギーが電磁波となって飛び出すものです。一方、病院で使うエックス線は次のような方法で作られます。早い電子のビームを金属にあてることにより、原子の構造を形作っている電子を軌道上から一個分飛び出させます。すると原子構造を安定させるため、次の軌道上の電子が下りてきて空白になった部分を埋めるのですが、この時、電磁波が発生します。これがエックス線の本体で波長的にはガンマ線とほとんど重なり合っていて性質もほとんど同じです。透過力が強いので画像診断用に古くから使われているのです。一般的に 1 回のエックス線照射で 0.05 ミリシーベルトくらいの被曝をしていますが、医療被曝については健康編を参照してください。

同じ画像撮影でも、MRI（核磁気共鳴を利用した画像撮影）や超音波画像撮影は放射線を全く使いませんので被曝はゼロです。

Q4 「蛍光灯や電子レンジからは放射線がでますか」

確かに、放射線のうちガンマ線は電磁波の一種です。電磁波を利用した電子機器は私たちの身の回りにいくらかでもありますよね。でも安心して下さい。放射線は強い電離作用を持ち、これが生体に大きな影響を与えるのです。電離作用をもたない電磁波は健康にほとんど影響を与えません。「ほとんど」と言ったのは電磁波健康障害というまったく別のタイプの障害が問題になっているからです。電磁波が身体にあたりますと、部分的に弱い電流が流れます。弱い電流が細胞の機能変調に影響するかどうかという議論が続いています。もともと地球自体が大きな磁石ですから私たちは磁場（静電磁場）のなかで生活しています。磁場の中を動くとはやはり微少な電流が流れるのですが、私たちは何も気にせず活動していますよね。強い電磁波の被曝は白内障の増加や気分障害など健康障害の原因になるのではないかと指摘され、電磁波に対する過敏症の方の存在も疑われていますが、まだはっきりしたデータは揃っていません。少なくとも、その影響は放射線の健康障害とは性質も程度も比較にならないほど小さいものです。

一例として、照明用に使われている蛍光灯や水銀灯も電子ビームを利用します。しかしエネルギーが小さく、放射線は全く放射されません。電子レンジは、高い周波数の電磁波を発生し、強い熱作用を発揮しますが、電磁波は遮へいされていますし、もともと放射線は全く発生しません。携帯電話やテレビの搬送波も電磁波です。高圧線はもちろん電気毛布からも低い周波数（交流電気）の電磁波が発生します。私たちが物を見るために利用している光や日焼けの原因になる紫外線も電磁波の一種です。このように電磁

波は私たちの周囲に満ちていますが、普通に生活している限り、健康には影響がなく、私たち人間をはじめ、地球上の生物は電磁波と共生しなければ生きていけないのです。

#### Q5 「放射性物質と放射線は同じものですか」

放射線を出す物質を放射性物質と呼びます。放射性物質の中には気体で目に見えないこともあります。物質であることは間違いありません。一方、放射線は光と同じで物質から放射される電磁波の一種です。身体に放射性物質が付着するとそこから放出された放射線により被曝しますが、放射性物質が除去されると被曝は止まります。微量な放射線を出す物質は天然にもたくさんありますが、人為的に核分裂を起こした結果、生じた放射性物質のなかには大量の放射線を出すものがあります。このようにして産まれた放射性物質は放射線を出すことにより少しずつ安定した原子に変わっていきませんが、放射線の量が半分になる時間のことを半減期と呼びます。たとえば原発の燃料から生れる放射性ヨウ素 131 は半減期が 8 日と比較的短いのですが、放射性セシウムは 30 年ととても長いのです。私たちの身の回りの物質を構成している原子のなかには、原子構造が不安定で時間をかけてごく微量な放射線を放出しながら基底状態にもどっているものが混じっています。これらは放射性同位元素と呼ばれ、放射線を追跡することにより存在場所がわかるので医療でも利用されています。これらの放射性同位元素は人工的に作られますが、自然界にも存在します。生物の身体を構成するもっとも普遍的な原子である炭素原子は原子量 12 のものですが、ごくわずかな炭素 14 を含み、これは 5000 年以上の半減期で微量な放射線を放出しながら炭素 12 に変化していきます。私たちの身体にもこのような放射性同位元素が微量に含まれていますから、私たち自身も放射線を出しているのですよ！ 炭素 14 は地球が誕生した時の名残ですし、今なお成層圏で太陽からの強い放射線に炭素が照射されることにより作られていると考えられています。

### 放射線と健康

#### Q6 「被曝（ひばく）って、恐ろしい言葉に聞えますが・・・」

そうですね。「曝」という漢字が、爆発とか原爆の「爆」のイメージと重なるからでしょう。しかし、放射線領域で使われている「被曝」は単に「放射線をあびる」あるいは「放射線にさらされる」という意味の専門用語です。私たちは普段でも太陽や地面から微量な放射線に「被曝」していますが、一定以上の放射線量に被曝しないと健康被害はでません。被曝＝健康被害と考えないでください。

#### Q7 「放射線はなぜ健康に影響を与えるのですか」

基礎知識のところでも説明しましたが、今回問題になっている放射線は放射性物質が出すガンマ線で電磁波の一種です。電磁波はラジオやテレビの電波など私たちの身の回りに溢れています。光や紫外線も電磁波の一種です。日常使用しているこれらの電磁波と

放射線はどこが違うのでしょうか。少し難しい話になりますが、ガンマ線のような放射線は電離放射線と呼ばれ、物質を作る分子にあたると分子をイオン化します。細胞を構成する分子の一部がイオン化すると、細胞は正常な機能ができなくなることがあります。例えば血液をつくる重要な臓器である骨髄に一定以上のガンマ線があたりますと、骨髄は新しい血液をつくることを止めてしまいます。血管のなかを流れる血液細胞の寿命は赤血球のように比較的長い（100 日くらい）ものもありますが、白血球や血小板は比較的寿命が短いので、新しい血液が供給されないと血液細胞が徐々に減って生命活動ができなくなります。骨髄以外の組織も強い放射線が当たりますとその機能が障害され、臓器不全という深刻な状態になります。これが放射線の短期的影響です。放射線のなかでもアルファ線やベータ線は身体の深部には入りにくいのですが、皮膚や血管を損傷し、放射線熱傷という火傷と似た症状を起こします。中性子線は非常に透過力が強く、身体を構成する色々な元素に影響を与え、もともと放射線を出さない原子を、放射線を出す同位元素に変えてしまう働きもあります。このために新たに生まれた同位元素から2次的に放射線（ガンマ線）が出て新たな被曝の原因になります。中性子線は核分裂が進行していないと出ませんので、今回の福島原発事故のように核分裂が制御されている状態では出ていないと考えられます（東海村の事故では燃料が臨界状態になったため、中性子線が出て大騒ぎになりました）。

#### Q8 「放射線が人間にどのような健康被害を与えるのか教えてください」

まず、放射線の健康への影響は「短期的影響」と「長期的な影響」があることを理解してください。

「短期的影響」については被曝線量と健康被害の程度との関係はよくわかっていますから、被曝線量を知ることにより健康への影響を推測することができます。人間の血液の白血球数は正常では  $4000/\text{mm}^3 \sim 6000/\text{mm}^3$  ですが、500 ミリシーベルトくらい被曝で  $2000/\text{mm}^3$  以下に減少します。1000 ミリシーベルトくらいの被曝では10人に1人くらいの割合で吐気など自覚症状が出始めます。この程度までの被曝ですと一定期間で回復しますが、2000 ミリシーベルトを越えると急性放射能症と呼ばれる不可逆的で致命的な症状が出現し始めます。5000 ミリシーベルトの全身被曝では半数の人が亡くなりますが、生殖腺は機能を失い永久不妊という状態になります。7000 ミリシーベルト被曝しますと1、2週間で90%以上の方が亡くなります。骨髄だけの機能不全だけでなく全身の臓器が機能不全に陥る多臓器不全が死因となります。多臓器不全は現代医療でも対応が難しいのですが、骨髄の機能不全は新鮮血の輸血や骨髄移植である程度治療が可能となりました。

短期的影響として、被曝が臓器特異的に影響を与えることも考えられます。神経細胞や生殖細胞、目の水晶体、妊娠中の胎児（特に妊娠8週から12週頃までの胚芽形成期）などは比較的影響を受けやすいと言われています。被曝により胎児に奇形が発生したり流産することが心配されていますが、動物による実験ではこのようなことが起こるのは1000 ミリシーベルト以上の被曝と考えられています。アメリカの小児科学会では100 ミリシーベルトの被曝で知的に影響をもった子供が生れる確率が一般の2倍になるという報告がありましたが、もともと精神発達に問題をもった子供の自然発生率は低くないので判断が難しいという問題があります。産科臨床の現場では妊娠の継続をあきらめる被曝レベルは100 ミリシーベルト以上というのが常識です。原発事故の周辺住民の被曝ははるかに少ないですから、今回の事故で妊娠の中絶を考えるなど、全くの杞憂です。その他、放射線が水晶体に作用して白内障を進行させやすいことが知られて

います。放射線被曝による白内障は放射線白内障と呼ばれていますが、一般的には1500 ミリシーベルト以上の被曝で起こるとされています。もっと低線量でも時間がたつと白内障になりやすいのではという意見もありますが、もともと白内障は加齢に伴う変化ですから因果関係を確定することが難しいのです。白内障の手術は一般に普及していますし、これも心配する必要はありません。一般的には放射線の短期的影響については、人間には放射線損傷に対する回復作用があることにより、一度に被曝する線量が一定の被曝レベルを越えないと症状が出にくいとの主張があります。医学的な臨床症状を目安にその閾値を250 ミリシーベルト程度と予測する意見もありますが、個人差もあります。因果関係の証明は難しいのですが、広島や長崎の体験でも、もっと低レベルの被曝で疲れや精神不安など不定愁訴に悩まされる方が多数でました。医療者としては被曝の心理的影響も考慮して対応するべきでしょう。

Q9 「今回の報道でよく聞かれる『ただちに』というのは短期的影響の話なのですね。だとすると、長期的な影響が心配です」

では、「長期的な影響」についてお話ししましょう。細胞の急激な機能不全ではなく、細胞の核の中にあるDNAが放射線により損傷を受けることが原因です。もともと私たちの細胞のDNAは自然に被曝している微量な放射線や、その他の環境物質の影響によって傷を受けたり、一定のレベルで突然変異が生じています。そのために、生物には修復機構と言って、このようなDNAの傷を直す素晴らしい機能が備わっていますが、放射線の影響で修復がうまく行かず、突然変異を増加させる可能性があります。しかし、そんなに心配しないで下さい。人間の身体を構成する細胞の突然変異が2倍に増えるのには1000~1500 ミリシーベルトという高線量の被曝（突然変異倍化線量と呼びます）が必要と考えられています。今回の事故原発周辺住民の被曝はどんなに高くても突然変異倍化線量の1/20以下でしょうから住民1人当たりの突然変異の増加分はほとんど誤差範囲でしょう。

さて、そのような突然変異がどのような健康障害の原因になるかお話ししましょう。突然変異の影響は「がん」の発生や次世代の先天異常（染色体異常や遺伝病の増加）の発生に影響を与えると考えられます。放射線の被曝量とこれらの長期的影響の関係は、広島や長崎の健康調査から明らかになりました。放射線被曝が原因の「がん」の発生について簡単に説明しますと、「1万人の住民に一人当たり1000 ミリシーベルトの放射線を被曝させると約800人の「がん」死亡者が増加する」と言われています（BEIR-5報告、1989）。すごく恐ろしい数字に思えますが、一万人のうち3500人前後は被曝とは関係なしに「がん」で死亡することを忘れないでください。前の質問でお話した短期的影響については障害が出るためには一定量（閾値）以上の被曝が必要ですが、「がん」の発生については閾値の存在は証明されておらず、被曝量に応じて直線的に確率が上昇すると考えられています。ですから、累積被曝量（受けた被曝量の合計）がわかると「がん」の発生予測がある程度つきます。ただ、基準となる「一万人」は理想集団と言って、色々な年齢層が一般集団と同じように混じっていますが、「がん」の発生には何年という時間がかかりますから、一般に若い人ほど影響が大きく個人差があります。さて、上記の理論を使って少し計算をしてみましょう。福島原発の事故による周辺地区の放射線量が報道されていて、場所によっては5マイクロシーベルト（0.005 ミリシーベルト）/時間といった値が出ていました。これは屋外のデータです。家屋内では被曝は1/10以下になる筈ですし、日にちの経過に従って値は低くなっていくでしょうが、この効果を見捨て、報道された値をそのままに被曝したとして計算してみましょう。

う。細かいことを言うと、BEIR-5 報告の計算方法は理想集団に与える効果であり、個人の発がん予測に使用するのには好ましくないとされています。しかし、わかりやすい計算ですからあえて使ってみましょう。上記の放射線量のデータからは、1ヶ月で3~4ミリシーベルト(0.005×24(時間)×30(日)=3.6)の累積被曝量です。1年間同じ被曝を受け続けたとしても43.2ミリシーベルトです。「がん」で死亡するリスク増加分は(43.2/1000)×800=35人と計算され、人口の0.35%ということになります。日本の国民が「がん」で死ぬ確率が35%前後というのが現状であることを考えると、この高い見積もりですら心配しなくてもよいというのが結論です。実際には現地の放射線量は今後どんどん下がっていきましますし、低線量の被曝で本当に「がん」が発生するか議論があるところです。本当に「がん」を心配するなら喫煙などの生活習慣や環境変異原を心配するべきとの意見は科学的根拠があります。

ただ、例外的にチェルノブイリ原発事故の健康調査で初めて明らかになった甲状腺がんの問題があります。厳密には内部被曝という、食物摂取に原因する特殊な被曝になります。甲状腺ホルモンは小児の成長に大きな役割を果たしますが、とくに乳幼児は活発にホルモン産生の原料となるヨウ素を甲状腺に高濃度に取り込みます。放射性物質のなかの放射性ヨウ素131が甲状腺に集まってがんの原因になると考えられています。確かにチェルノブイリ周辺では数千人の甲状腺がんが発生しましたが、甲状腺がんは外科手術の予後がよく、18歳以下の死亡者は10名以下だったと聞いています。日本人は普段からヨウ素の摂取が多いため影響は少なめと考えられています。そのほか、セシウムが筋肉に、ストロンチウムが骨に少量蓄積する傾向があることが知られていますが、健康調査では「がん」の増加は認められていません。

もう一つの放射線の長期的な影響として「先天異常」を増加させる可能性があります。しかし、広島・長崎の調査でも明らかな先天異常の増加は証明できていません。一つの理由は先天異常の一般頻度は5%と一般の方が理解しているより相当に高いため、被曝による増加分がわかりにくいことがあります。次に突然変異が2倍となる被曝量は1000~1500ミリシーベルトと非常に高いレベルですが、広島・長崎の被爆者の平均被曝量はもっと少なく、調査で判明するほどの差が出なかったと考えられます。広島・長崎の調査結果から考えると、今回の事故原発周囲の住民の皆さんは次世代のことを心配しなくてもよいと思われます。

Q10 「『がん』や先天異常は被曝以外の原因でも増加すると聞いていますが、被曝との関係はどうなるのでしょうか」

よい質問ですね。DNA損傷の原因や、突然変異に影響を与える因子は原発事故による放射線被曝だけではありません。実は広島や長崎の被爆者の健康調査でも、原爆による被曝と被曝後の医療被曝が混ざり合っただけでデータの解析が難しかったという反省がありました(当時の医療用放射線装置は現代の機器と比較して被曝量が多かったのですが、医療被曝の記録が不完全だったのです)。また、環境汚染や生活習慣のなかにも放射線と同様の影響をもつものがいくつもあります。放射線被曝による「がん」だけを心配するのではなく喫煙習慣や野菜の化学肥料・農薬の心配をもっとしなければいけません。あまり知られていませんが、水道水にも放射性物質以外の各種の突然変異原物質(トリハロメタンや農薬など)が混じっている可能性があります。このため、細菌の栄養要求性を利用して水道水に含まれる微量の突然変異原物質の影響を測定するエームズ試験が行われています。水のきれいな地区と都会など突然変異原物質が多い地区との差ははっきりと小さくありません。しかし、先天異常に関する国際的な調査でも、環境汚染が進

んでいると考えられる国とそうでない国との間で先天異常の発生率にそれほどの差はありません。放射線とこれらの環境変異原が「がん」や先天異常の発生に与える影響は相加的な効果なのか相乗的な効果なのか、議論されていますが、はっきりしたことはわかっていません。現在の社会状況では放射線の影響に注意が集中するのは当然ですが、恐ろしいのは放射線だけではないことを理解する必要があります。

Q11 「私たちは日常生活で自然に放射線を浴びていると聞きましたが、本当ですか。なぜ、健康被害が問題にならないのですか」

まず、放射線は宇宙の創成に起源をもち宇宙空間は放射線に満ちていることを理解してください。太陽のエネルギーは核反応ですから地球には放射線（宇宙線）が降りそそいでいます。大気が大部分の放射線を遮へいしているのです。また地球の内部も地球誕生の時代に源をもつ放射線に満ちています。大気中にも微量な放射性物質（ラドン、トリウム）が漂っています。まだ謎の部分が多いですが、地球上生物は強い放射線にさらされた環境で発祥したと考えられています。地球誕生から46億年たった現代でも私たちは世界平均で年間2.4ミリシーベルトくらいの放射線を被曝しています。年間自然被曝量の内訳は、宇宙線（0.39ミリシーベルト）、大地（0.48ミリシーベルト）、放射性カリウムなど放射性同位元素を含む野菜類（0.29ミリシーベルト）、大気（1.26ミリシーベルト）と報告されています。日本人の年間自然被曝量は世界平均よりやや低く、1.5ミリシーベルト／年間くらいと言われていたのですが、関東は関西よりやや低いとか、地殻から出る放射線量には地域差があります。宇宙線は高地ほど高いですから海外の海拔が高い都市では住民が年間10ミリシーベルトも被曝しているところもあります。逆に地下も被曝量は増えます。ヨーロッパではレンガなどの土でできた建材から出るラドンによる微量な放射線が問題視されたくらいです。日本国内でも一部の温泉地などで自然放射線量がやや高い地域があり、健康調査が行われたことがあります。健康被害は認められませんでした。ラジウム温泉やラドン温泉でも実際には健康に影響を与えるほどの放射線は出ていないことがわかっていますが、反対に微量の放射線が健康に良いと考える人もいますから皮肉です。また、私たちも身体の構成成分や毎日食べている食品に含まれる放射性同位元素（放射性カリウム、炭素など）の原子核崩壊により、誰でも1人あたり（体重60kgとして）毎秒6000ベクレルを越える微量な放射線を出し続けていると聞いたらびっくりする方も多いのではないのでしょうか。この程度の微量な放射線が人間にどのような作用（生物が地球環境の変化に対応して生き残るのに必要な突然変異やその他の細胞活性に放射線は不可欠だという説もあるくらいです）をしているのか、謎の部分が多いですが、少なくとも健康被害の原因にはならないと理解して下さい。

Q12 「病院でX線撮影を受けると被曝すると言われますが、健康への影響はないのでしょうか」

原発事故の報道で、被曝の程度を理解させるために、医療被曝の線量が比較に出されますね。医療被曝は診断や治療など、健康を守ることを目的ですから、ある程度は代償と考えて我慢できます。しかし、原発事故の被曝はあくまで事故ですから医療被曝を安全な基準値として比較されるのは我慢ができないという皆さんの気持ちはよく理解できます。日本は医療被曝が多い国として世界的に有名で、私たちは医療被曝を少しでも

少なくするよう努力をしています。まず私たちが日常、病院でどれくらい被曝しているかお話ししましょう。誰でも経験がある一般的な胸部X線撮影では1回で約0.05ミリシーベルト被曝すると言われていています。患者の被曝を少なくするために増感紙という蛍光板を利用してフィルムの感光を助けるのですが、増感紙が劣化すると被曝量を増やさねばなりません。このために放射線装置は専門の放射線技師が患者の被曝量を下げようとしていますが、管理が充分でない装置の被曝量は報告値より多い可能性があります。同じエックス線撮影でも集団健診に利用される間接撮影は病院で撮影する直接撮影より1.5倍ほど被曝量が多いのが普通です。バリウムなど造影剤を飲むことでお馴染みの胃集団検診は数枚以上の写真を撮影しますが、30年くらい昔までは50ミリシーベルトを越える被曝も珍しくありませんでした。また、結核の診断に利用された断層撮影（トモグラフィー）は被曝時間が長いので普通のエックス線撮影の何倍も被曝していました。昔の器械では毎年検査を受けていると10年20年のうちには相当量の累積被曝をしてしまいます。これもテレビモニターを使ったX線TV装置の普及で、現在では通常の胃腸透視でも1回0.6ミリシーベルト程度しか被曝しなくなりました。ただ、現在普及しているCT（コンピュータ・トモグラフィー）撮影は、沢山の方向からエックス線を照射してコンピュータで画像を再構成するものですから、被曝量は増えます。撮影部位により被曝量は異なりますが、比較的被曝量が多い腹部や骨盤部位の撮影では1回の撮影で数ミリシーベルトの被曝と言われていています。この被曝により身体の各臓器にどれくらいの健康被害が出るかは、色々な理論を使って計算されていますが、結論から言うと被曝の感受性が高い骨髄でも急性症状が出る線量値ではありませんし、がんなど長期的な影響はほとんどないと考えられています。このほか、がんの治療などに用いられる放射線治療も相当の被曝をします。この場合は周囲への無駄な被曝を防ぐためエネルギーは強いかわりに透過力の弱い放射線を利用するなど工夫がされています。放射性物質を体内に取り込ませて治療や診断に利用することもあります。医療行為により管理された被曝は治療の代償で、ある程度は仕方がないものですから、事故による被曝とは区別して考えるべきでしょう。ただ、放射線被曝としては医療被曝も同じ被曝だということを理解して下さい。日本は医療水準が高いこともあり、国民の医療被曝量は世界一高いと言われていています。日本人一人当たりの平均にすると2ミリシーベルト/年間を越えると言われていて、年間自然被曝量（世界平均2.4ミリシーベルト）に匹敵する量です。

Q13 「被曝により奇形をもった子供が生まれると聞いたことがあります、これも長期的影響の一つなのではないでしょうか」

長期的影響とは厳密には遺伝子の本体であるDNAの障害を介した影響です。奇形は確かに次世代の影響ですが、実は胎児の発育障害という放射線被曝の短期的影響と考えるべきです。被曝線量との関係ははっきりしませんが、広島や長崎の調査から流死産以外に、小頭症と呼ばれる先天異常の出生が有意に高まったと報告されています。もっと低線量でも、知的障害など機能的な障害が発生する可能性があります。広島・長崎では正確な調査はされていません。アメリカの小児科学会では妊娠初期に100ミリシーベルト以上の被曝により、知的障害を持った子供が生まれる確率（知的障害をもった子供の出生は一般的に1%以上）が倍になるという報告がありますが、奇形発生率が増加するのは動物実験では1000ミリシーベルト以上の被曝というのが常識です。人間の場合でも100ミリグレイ（100ミリシーベルト）以下の放射線の照射は胎児異常の原因にはならないと考えられています。小児がんの治療では細胞分裂に影響を与える

抗がん剤やかなりの量の放射線を使います。稀ですが、小児がんの治癒後、時間がたって再び新たな「がん」が発生することがあり、小児がんと放射線の関係が疑われてきました。胎児の被曝により小児がんが少し増えるという報告もありますが、その影響はごくわずかです。小児がんは早く見つかって適切な治療を受けると治りがよいことはよく知られていますし、そのがんが被曝によっておこったのか被曝と関係なかったのかを判定することもできません。医療現場でも稀に事故（救命を目的とした緊急手術終了後に妊娠が判明したなど）により妊婦が被曝することがありますが、このような背景から妊娠継続をあきらめるのは 100 ミリシーベルト以上の被曝を目安にしています。何度も強調していますが、事故原発周辺住民の被曝線量ははるかに低いですから、人工妊娠中絶など考えないようにして下さい。どうしても心配な方は専門家（産科医、臨床遺伝専門医、認定遺伝カウンセラーなど）に相談して下さい。

#### Q14 「放射線被曝の影響に個人差はありますか」

もちろん、あります。同じ放射線量を外部被曝したとしても、衣服の状態や、身体の状態（体表面積、肥満度など）により身体への影響は異なります。実際に 1000 ミリシーベルト程度の被曝をしますと、10%くらいの人に吐気その他の自覚症状が出始めますが、個人差があります。4000 ミリシーベルトの被曝では 50%の方が亡くなり、7000 ミリシーベルトの被曝では 90%の方が亡くなるといわれているように個人差があるのです。また、放射性物質を摂取することによる内部被曝でも生体の代謝の個人差により影響が異なります。放射性ヨウ素は甲状腺に、ストロンチウムは骨に蓄積しやすいことが知られていますが、成長が盛んな若年者ほど影響が高いのです。長期的な影響に属する「がん」の発生にも個人差があります。もともと DNA には何段階もの放射線による損傷を自己修復する機能がそなわっています。この DNA 修復機能にも遺伝的に個人差がありますし、環境要因によって影響を受けます。加齢も大きな要素で、高齢になると誰でも修復機能は衰えます。喫煙など生活習慣によっても修復機能は機能低下することが知られています。このような方は被曝とは無関係に「がん」になりやすいので、かえって、放射線被曝の影響がわかりにくいと言えます。

#### Q15 「放射線被曝には、健康の面から『これ以下なら安全』という閾値があるのですか」

これまで多くの議論がなされてきた難しい質問ですね。広島や長崎で被曝された方の調査から、「短期的な影響」に属する症状については、ある程度の閾値が存在すると考えられています。その値は 250 ミリシーベルトという考えもあり、250 ミリシーベルトを越える被曝から数々の臨床症状の出現が明らかになるとの意見もありますが、個人差があります。また、人間には被曝の影響から回復する能力がありますから、同じ線量でも何回かに分けて被曝するほうが、一度に被曝するより症状は出にくいのです。ただ、低線量の被曝でも「疲れ」や「気分の変調」など不定愁訴が出る場合があり、閾値は絶対的な安全基準とは言えません。

また、「がん」など長期的影響に関する調査では閾値の存在はないだろうと考えられています。長期的影響を考える場合は少量の被曝でも累積すると考えるのが一般的です。このような背景から国際放射線防護委員会（ICRP）では、職業的に放射線被曝を受けやすい労働者の放射線管理領域でそれまで使われていた「許容線量」という言葉を廃止し、

「線量限度」という言葉に変更したくらいです。ちなみに職業被曝の年間線量限度は国際的には 20 ミリシーベルト／年（1990 年勧告）が採用されていますが、わが国では 50 ミリシーベルト／年（1975 年勧告）のままになっています。公言できることではありませんが、筆者が現役だった 40 年前の医療現場では、まだ放射線管理が厳重ではなく、自分で血液の白血球数を調べて被曝の自己管理をする医師もいました。白血球数が  $2000/\text{mm}^3$  以下になると診療や研究活動による被曝を制限していたのです（普通は 1 ヶ月もすると回復するのです）。当時わが国で、300 ミリシーベルト以上の被曝をしている医師は少なくなかったと想像されます。現在では医療従事者の被曝管理は徹底していますし、昔の医師の被曝はある意味では確信犯ですから現在の国民の被曝不安と同じ線上で考えてはなりません。同じような背景から、宇宙飛行士の労働上の被曝線量限度（これは年間ではなく生涯限度）は若い人で 600 ミリシーベルト、40 歳以上では 1200 ミリシーベルトで管理されています。事故処理にあたる技術者の被曝は別に考えるべきでしょうが、一般の国民の年間被曝線量限度は自然放射線被曝＋医療被曝と考え、4 ミリシーベルト以下に押さえるのが理想です。事故など特殊な事情を考えても 100 ミリシーベルトを越えてはならないというのが遺伝カウンセリングを行っている立場からの個人的な感想です。

Q16 「自分がどれだけ被曝したか知りたいと思います。累積被曝線量は病院で検査してもらえますか」

健康障害が出現していないような低頻度の被曝については後日、被曝量を推定することは出来ません。報道で計測器械を身体に近づけて検査しているシーンをよく見かけますが、衣服や皮膚に付着した放射性物質を確認しているだけで、累積被曝線量を計っているではありません。職業的に放射線被曝しやすい方はフィルムバッジや個人線量計を持っていますので一定期間に受けた累積被曝量を知ることができます。これによって健康管理を受けているのです。しかし、個人線量計を持っていない人でも、特定地域の空中放射線量がわかっている場合はそこに滞在した時間から受けたおよその累積被曝線量を計算できます。たとえば 10 マイクロシーベルト／時間の場所に 2 時間滞在すると被曝線量は 20 マイクロシーベルトになります。しかし、あちこちで被曝した場合、データがありませんからこの方法で累積被曝線量を推定することは無理ですね。ただし、放射線被曝によって何らかの急性症状が出た場合はおよその被曝線量を推定することはできます。被曝医療の専門家はそのような推定から治療計画をたてます。

研究レベルの話ですが、被曝により骨髄細胞の幹細胞とよばれる細胞の DNA に傷がつくため、長期間経過した後でも染色体検査を行なうと低頻度の染色体異常が検出されます。染色体異常のタイプと頻度から、それまで被曝した放射線の累積線量を推定するシステムが日本人研究者により開発されていて、広島・長崎の被爆者が浴びた放射線量を推定するために大規模な調査が行われたことがあります。しかし、医療被曝やその他の自然被曝の背景により、特定の被曝を評価することは難しいことがわかりました。そのほか被曝線量を評価する方法について色々研究されていますが、まだ病院で簡単に累積被曝線量を検査する方法はありません。医師は患者が記憶している生活行動からおよその被曝線量を推測したうえで皆さんの健康相談にのってくれると思います。事故原発周辺の住民の皆さんは毎日の自分の行動についてメモ（指定地区への立ち入りや病院における放射線検査の記録）を残しておく、将来、健康調査が行われた時に役立つと思われれます。

Q17 「水道水の放射性物質による汚染と、野菜などの食品の汚染は同じように考えてよいのでしょうか」

物質の汚染については、放射線の基礎知識で解説した様に、放射線の絶対量（ベクレル）で測定されます。放射性物質が付着した食品の場合、体内に取り入れられて初めて私たちは被曝するのですが、健康への影響を考える場合は吸収線量であるシーベルトに換算しなくてはなりません。汚染物質がどのような経路で体内に入り、どのような臓器に蓄積し、排出されるかにより影響は異なります。また汚染原因の放射性物質の種類により半減期が異なりますので、体内被曝の人体への影響を推定することは大変難しいのです。水道水も飲料水と考えれば食品と同様に考えてよいと思います。ただ、水道水の場合、いくつか注意が必要ですので別に説明しましょう。

水道水の規制値は1リットルあたり成人がヨウ素 131 で 300 ベクレル、乳児が100 ベクレルと言われていますが、「どここの浄水場では200 ベクレル/リットルの数値が測定された（一時期に東京で報道されました）」といった報道が相次いでいますね。ヨウ素 131 を経口摂取した場合のベクレル/シーベルト換算式は基礎編で紹介しましたが、ヨウ素 131 が200 ベクレル/リットル検出された水を1リットル飲むと4.4 マイクロシーベルトの被曝量に相当します。毎日1リットル飲んだとしますと年間被曝量は約1.6 ミリシーベルトです。これは年間の自然放射線被曝量よりやや低い値ですから心配する値ではありません。しかし、乳児の規制値を越えているということで東京では大きなパニックに発展しました。乳児の規制値が低く設定されているのは、乳児の甲状腺ホルモンの産生が活発でヨウ素を甲状腺に高濃度に取り込みやすいという特性が考慮された結果です。本来、ヨウ素 131 は半減期が8日と短く、短期間で放射線量が低下するため放射能汚染対策としてはあまり重要視されませんでした。しかし、チェルノブイリの事故では若年者を中心に数千名の甲状腺癌が発生し、ヨウ素 131 と甲状腺の問題は大きくクローズアップされました。ヨウ素 131 はベータ線を放出（電磁波であるガンマ線も放出します）して安定したキセノンに変わっていく放射性同位元素です。ベータ線はガンマ線と比べると透過力が低いのですが、ヨウ素 131 が甲状腺に集まったことにより、ベータ線が甲状腺癌を誘発したと考えられています。結果的には甲状腺癌の外科的治療の成績が良く、18歳以下の甲状腺癌の死亡者は10名前後に押さえられました。もともと規制値は「1年間、同じ線量レベルの水を飲み続ける」ことが前提で設定されています。一時期検出された200ベクレルの線量が長期間持続する可能性は考えにくいので、乳児が1ヶ月ほどその水を飲んでも心配はないと考えるべきです。どうしても心配なら水道水をペットボトルに入れて冷蔵庫で1週間ほど保存して利用すれば規制値はクリアするはずですが、そこまでの心配は必要ありませんが、マンションなどのタンク給水システムは給水に時間がかかりますし古い水と混ざるので蛇口を出る時の線量は低下しているはずですが、一般の家庭用ろ過器はほとんど効果ないと思いますが、大学の研究室などで利用しているイオン交換樹脂や限界濾過装置を通した水はヨウ素イオンが除去されています（あまり美味しくないなのでお勧めはできませんが）。

Q18 「汚染した水道水を飲んだ場合、人体がどれくらい被曝するかという話は理解できました。では、汚染した水を使って顔や手を洗ったり、風呂の水として使うのは心配ないのでしょか」

放射性ヨウ素 131 について説明しましょう。200 ベクレル/リットルの水1リットル飲むと 4.4 マイクロシーベルト程度の被曝量だから1年間飲み続けても年間自然放射線被曝量と同じくらいだと説明しましたね。これは内部被曝による被曝です。汚染された水からは放射線（ベータ線とガンマ線）が放出されていますから私たちは外からも被曝することは確かです。しかし、外部被曝は内部被曝と比較すると一般的に生体への影響は少なく、ヨウ素 131 の場合、100 万ベクレルの線源から1メートル離れたところで1時間あたり経験的に 1.4 マイクロシーベルトの外部被曝に相当すると言われていています。200 ベクレル/時の水道水を 300 リットルの浴槽に入れて、1年間にわたって毎日1時間ずつ風呂に浸かったとしても胸部X線写真1枚分の被曝量より少ないくらいでしょう。わが国の温泉地で年間自然放射線被曝量がやや高い地区があり、過去に健康調査が実施されたことがあります。健康に対する影響は認められませんでした。ちなみにラドン温泉やラジウム温泉のファンの方には申し訳ないのですが、健康増進の効果も確認されていません。手洗いや洗顔における被曝の影響を心配するのは意味があるとは思えません。

Q19 「野菜や魚の放射能汚染については、『暫定規制値』という数値が色々出てくるのですが、よく理解できません。食べるものすべてが怖くなります。」

食品衛生法という法律で、健康に影響を与える化学物質や環境変異原について、規制値が設けられていたことは皆さんよくご存知だと思います。しかし、放射能汚染については規制がなされていませんでした。今回の事故対応の目的で、原子力国際安全委員会が勧告している規制基準を「暫定的に」導入したものです。ところが、この健康被害を防ぐための規制値設定の考え方が「誤解されている」ために現在、大きな混乱を生んでいると思われま。基本的な考え方は、それぞれの国の食習慣に合わせて、「普通の献立の食事を、1年間続けた場合、トータルで1人当たり 100 ミリシーベルト以下の被曝量になるよう、基本となる食品の線量規制値を決める」ことにあります。確かに 100 ミリシーベルトの被曝は短期的に健康障害を起こす線量ではありません。とは言え、100 ミリシーベルトが何年も続くとすると決して低い被曝とはいえませんから、この食品の線量規制は事故など比較的短期間の管理を目的に策定されたものと考えべきでしょう。規制値以下なら絶対に安全というものではありません。さて、食習慣は国によって異なりますから、日本人の一般的な献立を考え、食品をいくつかのグループに分け、常識的な組み合わせからそれぞれのグループの線量規制値が決められています。ですから外国の基準と比較した場合、特定の食品の規制値が異なるのは当然なのです。また極端に偏った食事をしている方にはこの暫定規制値は必ずしも役に立ちません。また、一つの食品の線量だけにこだわることは意味がありませんし、1年間食べ続けることを想定した値ですから、短期間で大騒ぎする必要はありません。「1年間の総量規制」と考えることが重要です。

概略を理解して頂いたところで、「野菜」の話に移りましょう。野菜の暫定規制値は 2000 ベクレル/kg ですが、2倍近く汚染している例が報道されました。確かに、その値だと買ったままの状態でも1年間、毎日何キログラムも食べると、野菜だけで、年間自然放射線被曝量の何十倍も被曝する計算になります。しかし、一般の家庭では1度

の野菜の摂取量は何十グラムのオーダーですし、よく洗って使用します。洗ったり煮炊きすると線量は半分以下になると考えられます。報道ではヨウ素 131 のデータがよく用いられますが、野菜では、半減期が 30 年と長いセシウム 137 も問題になります。セシウムもヨウ素と同じく、野菜の内部に取り込まれる量は比較的少ないので、洗えばかなり除染できます。セシウムは半減期が長いですが、人間が経口的に摂取した場合、100 日で半分くらいは排出されることが知られています。一部は筋肉に蓄積しやすいと言われていますが、もともと筋肉に発生する「がん」は稀なせい、チェルノブイリ事故の調査でもセシウム汚染は健康被害には結びつかなかったと報告されています。

魚の放射性汚染に関する暫定規制値も野菜と同じ 2000 ベクレル/kg と「暫定的」に決定されました。海に近い住民と都会の住民では魚の摂取量は異なりますから規制値の設定は妥当かどうか難しいところですが、暫定的には一つの方法でしょう。魚の種類によって汚染の実態が異なりますが、基本的な考えとして事故原発から相当離れた場所で捕れた魚の汚染は餌となるプランクトンに由来したものでしょうから体内に蓄積されている可能性が高いでしょう。このような場合はちょっと洗ったくらいでは除染の効果が期待できないかもしれませんが、煮炊きすると線量は多少低くなるでしょう。どうしても焼き魚や刺し身で食べたければ、2 週間冷凍にして使用すればヨウ素 131 の線量は半分以下に下がります。最新の情報を確認して食べれば現状でも心配する必要はないと思いますが、どうしても心配なら、東日本の新鮮な魚を大量に食べるのは、安全が確認されるまでほんのしばらく我慢すればよいことです。

何度も繰り返しますが、食品の放射能汚染は長期間（年単位）持続すると私たちの健康に影響を与える可能性があります。しかし、短期間（月単位）ならそれほど心配する必要はありません。ただ、食の安全追及は日本人の美德の一つかも知れません。現時点での食品流通規制は政府の規制や風評被害の影響で厳しすぎるとの意見もありますが、少なくとも現状では国民の皆さんの食の安全は厳重に守られていると考えられます。ただ生産地の方々のご心痛は想像を絶するものがあるでしょう。農家の方々のこれまでの貢献と今後の供給体制を確保するためにも早急な保障システムの樹立が必要だと思います。

## Q20 「農地や家畜の放射線物質による汚染は今後、どうなるのでしょうか」

被曝は外部被曝と内部被曝にわけて考えることが大切ですが、農作物や家畜の問題は、前の質問の食品による内部被曝と同じ考えで対応します。事故原発周辺地区の安全確認は事故がある程度収束してからの作業です。やがて報道でもこの問題が取り上げられるでしょうから、正確には専門家の意見を聞いてください。チェルノブイリの事故では放射性ヨウ素だけでも  $3.0 \times 10^{17}$  ベクレルという、とてつもない量の放射性物質が広域（半径数百キロ）に飛び散りました。今回の事故で飛散した放射性物質の量は事故後 1 ヶ月の時点で約 10%とされ、最終的な被害の実態の評価は今後の調査に待たねばなりません。チェルノブイリ事故と比較して高濃度に汚染した地域は原発周辺に限定的です。

放射性ヨウ素は半減期が短いので半年もたてばほとんど被曝は問題なくなります。しかし、半減期が長いセシウムその他の核種は長期間にわたって土壌を汚染し続けるでしょう。家畜が放射性物質により汚染した牧草を食べるため、乳や肉に放射性物質が移行し、それを食べた人間が被曝するという連鎖です。セシウムは葉野菜の根から吸収されることは比較的少ないと言われていますが、汚染土壌が野菜や牧草の表面に付着するのでやはり生物への被曝の原因になります。セシウムは農薬の汚染と同じく、僅かに根か

ら吸収された成分が穀類のもみ殻や胚乳部分（米ぬか部分）に蓄積されることが知られています。よく精米した米のほうが安全といえるでしょう。人体に取り込まれたセシウムは比較的早く体外に排出されると言われています。事故後 25 年経過したチェルノブイリでは、住民は日常的に食べる野菜に由来して体内に数 100 から数万ベクレルのセシウムを持っていると言われています。しかしこの量でも年間 1 ミリシーベルト以下の被曝増加分です（私たちは誰でも普段から自然の野菜に含まれる放射性カリウムなどから年間 0.29 ミリシーベルトくらいの内部被曝をしています）。チェルノブイリの健康調査でもこのセシウムによる健康被害は認められていません。正確なところは今後の食品専門家の意見に従うべきでしょうが、この半年や 1 年の短期間に取り返しのつかないような健康被害が発生する可能性はありませんので、長期対策が実施されるまでは風評にまどわされることなく、政府や自治体の指示にしたがって毎日の食生活を行なうのがよいと思われます。土壌汚染の問題は次の Q で詳しく解説しますから、合わせてお読み下さい。

Q21 「放射性物質により汚染された土地には人が住めるようになるのでしょうか」

最近、事故原発から 30 km 以上離れた一部の地域で土壌から何百万ベクレル/m<sup>2</sup> という放射線量が測定されたということでもかなり注目されましたが、線源は報道されませんでした。放射性ヨウ素であれば 100 万ベクレルの線源から 1 メートルの場所で 1.4 マイクロシーベルト/時くらいの外部被曝量と言われているから、1 年間そこで暮らしても年間被曝量（外部被曝）は 12 ミリシーベルトくらいです。この基準値から土壌から放射される放射線量を比例計算しておよその人体への影響（外部被曝による年間被曝量）を知ることができます。ただ注意して欲しいことは、この値は 1 日中外に出っぱなしで被曝した量です。屋内だと場合によっては 1/2 ～1/10 の被曝量になるでしょう。また、核種により半減期が異なります。ヨウ素 131 ですと、土壌が汚染してから 6 ヶ月もたつと被曝量は 100 万分の 1 に低下し、ほとんど無視できる値になります。今回の事故で、土壌の長期汚染が問題になるのはセシウム 137 と考えられます（半減期 30 年）ので、この線量をモニターしていかねばなりません。しかし、セシウム 137 も降雨や土壌の洗浄でかなり減る可能性がありますので、現時点で何万ベクレルも測定されたとしても、生活環境周辺での被曝は必ず減るはずで、これは外部被曝の話ですが、食物を介して内部被曝の問題もあります。緊急時の対応（汚染が進行している時期）とある程度、落ち着いてからの対応は異なりますが、中長期的な対応を考える場合は、職業被曝の年間線量限度がひとつの基準として利用されます。詳しくは次の質問の回答を読んで頂きたいのですが、一般住民が日常的に生活するための基準をどこに落ち着かせるかは色々な意見があるでしょう。医療被曝も含めた日本人の平均年間被曝量の 2 倍程度と考えると 10 ミリシーベルト/年間以下をめざすことできればひとつの理想でしょう。どのような総合的な被曝低減対策がとられるのかも含めて、今後の問題の進展を見守っていかねばなりません。チェルノブイリでは避難指示に従わなかった住民には 50 ミリシーベルト以上の累積被曝が確認されたそうです。しかし、セシウムによる健康被害はそれほど問題にはなりません。

「今後、人が住めるか」のご質問についてですが、「必ずもとの状態になる」ことは広島や長崎の繁栄をみても明らかです。問題は「どれくらいの時間がかかるか」という点ですが、わが国の近代科学や土木工学の叡知を結集すれば意外と早く復興できるのではないかと期待しています。

Q22 「避難指示の根拠について、もう少し詳しく教えてください」

事故直後に国は事故原発から一定の区域に避難指示や屋内退避を指示しました。基本的な考え方は周辺地区の各地点について放射線の空中被曝量をモニターして、その値に基づいて指令を出します。もう少し詳しく言うと、汚染が発生した事故直後には、今後どれだけ新たな汚染が続くかわからないわけですから、事故原発からの距離と気象データを利用して高線量地域を推測し、各地点の空中線量を公表しながら適切に避難情報を発信しなければなりません。しかし、線量測定など準備が十分に整わない段階では限られたデータから、事故原発を中心とした同心円距離をもとに緊急的に避難地域を決定することもやむを得なかったのでしょう。部分的な報道では事故直後では 1000 マイクロシーベルト/時間以上の空中線量が記録された場所も多数みられたようです。1～2 日、屋外で作業しただけで職業被曝の線量限度を越える値ですから、このレベルでは一般の住民は即座に避難すべきでしょう。しかし、汚染源対策がある程度進み、あらたな汚染が収まった状態では、中長期的な避難地域の設定にシフトしていかねばなりません。この段階では職業被曝の年間線量限度が基準になるものと思われます。職業被曝の年間線量限度は 1990 年や 2007 年の ICRP 勧告では 5 年間で 100 ミリシーベルト（年平均 20 ミリシーベルト）、事故などの緊急時対応を考慮しても、どの 1 年間でも 50 ミリシーベルトを越えてはならないとされています。しかし、わが国では、長らく 1977 年勧告の年間 50 ミリシーベルトが職業被曝に関する法律に採用されてきました。しかし、4 月 7 日時点で政府は「長期的影響をかんがみて」線量限度を 20 ミリシーベルトに引き下げる考えを表明しました（これまで私たちはわが国も国際的な線量限度を導入するよう長年にわたって働きかけてきたのですが、今回の災害を期に目的が達せられたのは皮肉です）。このため、今後は年間 20 ミリシーベルトの被曝に値する地域が避難地域と判定される一つの条件となるでしょう。さて、汚染物質は今回の事故では主として水蒸気に付着して拡散したと見られます。チェルノブイリの事故では黒鉛に付着した種々の核種が爆発的に飛散しました。半減期の短いヨウ素 131 の影響は数ヶ月でほとんど検出されなくなるでしょうが、半減期が 30 年と長いセシウムは長年にわたって放射線を出し続けます。線量限度 20 ミリシーベルト/年間に被曝のリミットと考え、値を 365（日）×24（時間）で除すると限界の 1 時間あたりの空中被曝線量は約 2.3 マイクロシーベルト/時間になります。事故後 30 日の時点でも、30Km も離れた場所ですらこの値よりかなり高い場所があるようです（飯舘村で事故から 10 日以上たった時点から観測された 15 日間の積算被曝量が 7.2 ミリシーベルトであったと新聞報告されていました。時間あたりの被曝量になおすと 20 マイクロシーベルト/時間程度の線量になり、上記の職業被曝の線量限度の 9 倍程度、年間自然放射線被曝量の 70～80 倍ということになります）。このように、被曝のレベルは各地域の線量さえわかれば、自分でおよその計算が可能です。空中被曝線量のモニター値をきちんと報道してもらいたいと思います。前の質問でもお答えしましたが、避難指示の解除についてどのような方針が出されるか、まだ確定していませんが、国の決定を見守りたいと思います。屋内での被曝条件は空中よりかなり低いとはいえ、住民の皆さんに帰宅許可について検討が始まるには、もう少し時間がかかるでしょう。

Q23 「日本沿岸では海水浴などでできなくなる可能性はありますか」

遺伝カウンセリング担当者としての専門性から離れるので確実なことは申し上げら

れませんが、一般科学常識からお答えします。大気や海に放出された放射性物質の拡散は物理的な現象です。一般に大気より海のほうが拡散の速度は遅いはずですが、拡散して平衡状態に至った時の汚染濃度は汚染水の量と海の海水量で決まりますが、この比率は無限大に近いので時間がたてば汚染濃度はほとんど検知されないレベルに収まるでしょう。ただ、海には海流や表層部から深層部にいたる対流があります。海岸の地形が複雑な地域では沿岸流と呼ばれる複雑な流れもあります。短期的には原発から離れていても高いレベルの汚染部位が部分的にできる可能性があります。最新の海洋データが公表されれば時間軸に沿った汚染予報も理論的には出せるのではないかと思います。これまで原水爆実験や原子力潜水艦の事故で一時的な海洋汚染が報じられたことがあります。海の回復力は予想以上に早かった印象を持っています。汚染源の問題が解決すれば沿岸部の汚染も比較的短期間に解決すると思われます。ただ、海洋生物の汚染は別の視点から論じるべきでしょう。半減期の長い放射性物質が海底に蓄積する問題や、海洋生物の生態系にはまだわからないことが多くあります。回遊魚の問題など地球規模のモニタリングが必要でしょう。環境対策は国際的な課題だということを含めて知らされた原発事故でした。

Q24 「今回の事故のあと、世界各地で放射能汚染が確認されていますが、本当なのでしょうか。北海道や九州も汚染されると考えると怖いです」

事故により原子力燃料の核反応に由来した汚染物質が大気中に放出されましたから偏西風に乗って世界各地に拡がっても不思議はありません。普段は検知できない核種を検知することにより汚染物質の飛来が確認できる可能性があります。しかし、汚染物質は地球をまわる間に膨大な量の大気により拡散されますから、検知される線量はごく微量で健康に影響を与えるレベルではありません。かつてチェルノブイリ原発事故の直後、日本でもセシウム 137 などが検出され、野菜などと一緒に日本人の体内に入ったと考えられます。その結果、約2年間にわたって私たちが被曝する年間自然放射線量を、僅かに（胸部X線写真撮影を1, 2枚撮影するくらいの量）増加させました。もちろん健康に影響を与えるレベルではなく、当時、神奈川県で実施していた先天異常のモニタリングシステムでも追跡しましたが、先天異常の発生増加を検知することは不可能でした。汚染のレベルが今回の事故とは比較にならないほど大きかったチェルノブイリの事故でも日本への影響は皆無だったと言えます。もともと大気中にはラドンなど、放射性物質が存在していて、その量は年間1ミリシーベルト以上の自然被曝の原因となっています。原発事故による地球規模の汚染レベルはこれよりはるかに少ないのです。

Q25 「今回の原発事故でも将来、住民の健康調査が行われるのでしょうか」

現時点では、事故の収束の見通しがまだ立っていない状況ですが、おそらく次のような経過で進んでいくことと思います。

- 第1段階 原子炉や使用済燃料プールの冷却の安定化（半年～1年）
- 第2段階 破壊された建物の封鎖による汚染拡大の阻止（1年後～）
- 第3段階 周辺地区の汚染除去（土壌の洗浄、入れ替え）と環境の安全確認（1年後～）

第4段階 避難勧告の解除と住民の復帰（安全確認後）、健康調査の開始

第5段階 原子炉の廃炉化（数年～20年以上）

この種の健康調査は調査規模が大きく、検診体制の確立など法律の立法化を伴うので時間とお金がかかります。自治体の負担も少なくないでしょう。調査期間は次世代の18歳までをめぐにしても20年以上が必要でしょう。すでに解説したように被曝線量の実態からは、短期的な影響で大きなものは出てこないでしょうし、「がん」や先天異常の発生など長期的な影響もほとんど確認できないのではないかと思います。しかし、「影響がなかった」ことを確認することが大変重要なのです。

広島・長崎はもちろん、大きな原発事故の後では周辺住民を対象とした大掛かりな健康調査が実施されています。健康被害が発生したかどうかの事実を知ることは、単に被曝された方々のためだけではなく、私たちすべてが次の世代に負うべき責務だろうと思います。また、今回の原発事故は日本だけの問題ではなく、世界が注目している大問題であり、健康調査を公表することは同じ地球環境に住む日本人の責任だと思います。健康調査は早期に計画しておかないと、時間と共に人口の流動などの理由により調査が困難になります。私たちは国民の健康を守る立場から健康調査の早期開始を強く提言します。

## おわりに

本資料は、今回の原発事故に由来する被災者や国民の不安に答えることを目的として急遽作成されたもので、日本遺伝カウンセリング学会、日本認定遺伝カウンセラー協会、全国遺伝子医療部門連絡会議の協力を得ています。

ホームページ

NPO 法人「遺伝カウンセリング・ジャパン」（本ホームページ）

<http://www.npo-gc.jp/report.html>

日本産婦人科医会のホームページに、会員向けの情報提供として、「放射能汚染に関する基礎知識と現実的対応」（2011.4.6）という有用な資料がありますので、こちらも是非参考にして下さい。

[http://www.jaog.or.jp/News/2011/sinsai/kensyu\\_0406.pdf](http://www.jaog.or.jp/News/2011/sinsai/kensyu_0406.pdf)

現在の状況はたいへん流動的なので、政府や原子力安全委員会の広報には最大限の注意を払って下さい。