

## 「マイクロシーベルト」などについて

2011年4月18日現在

福島原発事故で、いろいろな情報が流れ、それらの情報をどう解釈したらいいのか悩まれている方も多いと思いますので、以下に、なるべくわかりやすくまとめてみます。

以下の( )内の※の部分は多少専門的になるので、読み飛ばしていただいても構いません。

### 情報の集め方について

- 噂話は正確でない場合が多いので真に受けるのはやめた方がいいと思います。
- インターネットをやらない人は、1日に1回は、テレビや新聞で政府の発表を確認するとよいでしょう。
- インターネットをやる人は、文部科学省や食品安全委員会のホームページにアクセスするとタイムリーな情報を得ることができます。食品安全委員会のホームページではQ&A(想定問答集)も公開しています。
- このとき気をつけることは、ホームページそのものにアクセスするということです。文部科学省や食品安全委員会を引用してコメントしているものの中には無責任なものもあるので注意が必要です。
  
- インターネットで「文部科学省 マイクロシーベルト」と入力して検索した結果、文部科学省のホームページの中に「環境放射能水準調査結果」という項目がみつかりました。その結果を最後の2枚のページに付けてあります(図1と表1)。以下の説明では、ときどきこれらを使うことにします。

### 「マイクロシーベルト」とは

【キーワード:放射線、シーベルト、ミリシーベルト、マイクロシーベルト】

- テレビや新聞に頻繁に「マイクロシーベルト」という言葉が出てきます。いったい、これは何でしょう。
- 「シーベルト」というのは、放射線の量をあらわす単位です(※正確には、人体などが放射線のエネルギーを吸収したことによって受ける影響の度合いをあらわしますが、放射線の量と考えていただいて差し支えありません)。
- 「ミリシーベルト」は「シーベルト」の千分の一、「マイクロシーベルト」はそのまた千分の一です。

【キーワード:日常生活と放射線、自然放射線、自然に存在する食物などからも放射線、

## 地域差】

- この値が大きいほど人体などへの影響が大きくなるのですが、ではどれくらいの値を目安にしたらよいのでしょうか。これについては、日常生活にも存在する放射線のいろんな値と比較するのがわかりやすいと思います。
- 図 1(日常生活と放射線)を見てみましょう。左の中ほどに「1 人当たりの自然放射線(年間)」という図があり、世界平均で年間 2,400 マイクロシーベルト(2.4 ミリシーベルト)の放射線を受けていることがわかります。これは、普通に生活をしていて、自然界から受ける放射線の量です。
- 吹き出しの中に書いてある内訳を見ますと(ここだけミリシーベルト単位で書いてあるので注意)、宇宙から 0.39 ミリシーベルト(390 マイクロシーベルト)、大地から 0.48 ミリシーベルト(480 マイクロシーベルト)となっています。これは体の外側から受ける放射線(※外部被ばく、といいます)です。また、食物から 0.29 ミリシーベルト(290 マイクロシーベルト)、空気中のラドンから(※放射線の気体の吸入など)1.26 ミリシーベルト(1,260 マイクロシーベルト)となっています。これは体内から受ける放射線(※内部被ばく、といいます)です。
- こうして見ますと、自然に存在する食物などからも放射線が出ていて、わたしたちはふだん、体の内側からも放射線を受けながら暮らしているのだということがわかります。
- この年間自然放射線の量には地域差があって、ブラジルのガラパリという地方では世界平均の 4 倍以上の 10,000 マイクロシーベルト(10 ミリシーベルト)になります(※これは外部被ばくの量です)。

## 【キーワード:医療で受ける放射線の量、一般公衆の線量限度】

- また図 1 の右側の方には医療で受ける放射線の量(※医療被ばく、といいます)が書いてあります。胸の X 線集団検診では 1 回あたり 50 マイクロシーベルト、胃の X 線集団検診では 1 回あたり 600 マイクロシーベルト(0.6 ミリシーベルト)、胸部 X 線コンピュータ断層撮影検査(CT スキャン)では 1 回あたり 6,900 マイクロシーベルト(6.9 ミリシーベルト)の放射線を受けるとされています。
- 放射線は受けないですむなら、それにこしたことはないわけですが、放射線を受けるという「損」と、検査で異常を見つけたり、あるいは安心するという「得」を秤にかけて、この程度の「損」なら許そうという判断をしているわけです。
- このため、医療で受ける放射線の量は、それ以外のものと別扱いになっています。図 1 の右側中ほどに「一般公衆の線量限度(年間)」と書いてあって、1,000 マイクロシーベルト/年と記されています。線量とは人体などが受ける放射線の量のことです。したがって、ここに書かれていることの意味は「一般公衆が 1 年間に受ける放射線の量の限度を 1,000 マイクロシーベルト(1 ミリシーベルト)とする」ということです。しかし、図の中に「医療は除く」と書かれていて、この 1,000 マイクロシーベルト(1 ミリシーベルト)という値は医療以外で放射線を受ける量について言っているのだということがわかります。

【キーワード：線量、線量計、事業者】

- ところで、「一般公衆が1年間に受ける放射線の量の限度を1,000マイクロシーベルト(1ミリシーベルト)とする」と言われても、1年中昼も夜も線量計(放射線の量を測る道具)を身につけている人などいませんので管理のしようがありません。また、自然からも世界平均で1,000マイクロシーベルト(1ミリシーベルト)より多い2,400マイクロシーベルト(2.4ミリシーベルト)の放射線を受けており地域差もあるので、なおさらです。
- 実は、この「一般公衆が1年間に受ける放射線の量の限度を1,000マイクロシーベルト(1ミリシーベルト)とする」というのは、一般の個人を規制しているものではなく、事業者、すなわち原子力発電所や、それ以外にも放射線や放射性物質(放射線を出す物質)を扱う病院、研究所、工場などを規制しているものなのです。つまり、その意味するところは「事業者は、一般の人々がいる可能性のある場所(たとえば、病院の敷地と一般の人々が住む土地との敷地境界)に、一般の人が1年間ずっといても、自然から受ける放射線や医療で受ける放射線は別にして、それ以外に1,000マイクロシーベルト(1ミリシーベルト)を超える放射線を受けないようにしなさい」ということなのです。

【キーワード：原発事故の影響、 $\mu\text{Sv/h}$ 、マイクロシーベルト毎時】

- では、原発事故の影響ですが、表1を見てみましょう。環境の放射線の量を各地で測定した結果が書かれています。単位は「 $\mu\text{Sv/h}$ (マイクロシーベルト毎時)」とありますが、1時間あたりの放射線の量(マイクロシーベルト)です。
- 一番右の欄は、過去の平常時の放射線の量の範囲です。同じ測定地点でも時により幅がありますが、国内でも2倍くらいの地域差があることがわかります。おおざっぱに言って、通常は1時間あたり0.05マイクロシーベルトのオーダーです。
- ところで、この表をよく見てみると、3月16日に一時1.035マイクロシーベルト毎時を記録した地点があります。そのあと、この地点も含めて平常の値に戻りつつありますが、もし仮に、この1.035マイクロシーベルト毎時という値が1年間続いたと仮定して計算すると、あくまで現実とは違う仮定の話ですが、1年は8,760時間ですので、1年間の積算で9066.6マイクロシーベルトの放射線を受けるという計算になります(※内部被ばく、すなわち体内からの放射線は別にして)。この値を図1に示された値と比べると、ブラジルのガラパリ地方の年間自然放射線よりやや少ない量だということがわかります。また、胸のCT検査と胃のX線検診を1回ずつ受けたのよりやや多い量です。

【キーワード：特殊な場合の放射線の量の限度、放射線業務従事者、緊急作業従事の場合、国際放射線防護委員会(ICRP)、国際原子力機関(IAEA)、緊急時に一般人に許容される基準値、計画的避難区域】

- 以上は、一般人が日常的に経験する放射線のレベルの話でしたが、図1の上の方に

は特殊な場合の放射線の量の限度が書かれています。放射線業務従事者及び防災に係る警察・消防従事者に認められている上限は年間 50,000 マイクロシーベルト (50 ミリシーベルト) です。また、緊急作業従事の場合に認められている上限は年間 100,000 マイクロシーベルト (100 ミリシーベルト) でしたが、福島原発事故に際して年間 250,000 マイクロシーベルト (250 ミリシーベルト) に引き上げられました。

○では、一般人については、今回の原発事故のような場合についての放射線の限度も、あいかわらず年間 1,000 マイクロシーベルト (1 ミリシーベルト) のままなのでしょうか。これについては、国際的なルールづくりを行っている国際放射線防護委員会 (ICRP) と国際原子力機関 (IAEA) が、緊急時に一般人に許容される基準値を、年間 20,000 マイクロシーベルト (20 ミリシーベルト) ~ 年間 100,000 マイクロシーベルト (100 ミリシーベルト) としています。

○政府が設定する「計画的避難区域」というのは、上の基準値のいちばん小さい値を採用し、事故発生後の放射線レベルに加え、現在 (4月 5 日 24:00) の放射線レベルが、仮定の話として、今後も続くと考えたときに、1 年間に住民が受ける放射線の量が 20,000 マイクロシーベルト (20 ミリシーベルト) に達するおそれのある区域のことを言います。

○上に述べてきたことを総合的に見れば、人が受ける放射線の量 (何マイクロシーベルトという値) について、どこまでが日常的な値の範囲であり、また特殊な場合には、どこまでが限度になっているのかということが判断できると思います。

### 「ベクレル」という単位について

【キーワード: 放射能、放射性物質】

○「ベクレル (Bq)」という言葉もよく聞くようになりました。これは「放射能」の単位です。

○放射線を出す物質のことを「放射性物質」といいますが、「放射能」というのは、このような物質が放射線を出す能力の強さをあらわす量です。「100 ベクレルの放射性物質は 1 ベクレルの放射性物質より 100 倍多くの放射線を出す」というような言い方をします。

○同じ放射性物質であれば、その物質の量と放射能は比例しますので、たいていの場合「放射能 = 放射性物質の量」と考えて差し支えありません。

【キーワード: 1 平方センチメートルあたり 40 ベクレル (40 Bq/cm<sup>2</sup>)、1 キログラムあたり 300 ベクレル (300 Bq/kg)、汚染、除染】

○「1 平方センチメートルあたり 40 ベクレル (40 Bq/cm<sup>2</sup>)」とか「1 キログラムあたり 300 ベクレル (300 Bq/kg)」といった言い方も目にするようになりました。前者は、体や食物などの表面に放射性物質が付着しているような場合に使い、後者は食物や水などの全体や一部に放射性物質が入っているような場合に使います。

- 上の例のように、放射性物質が付着したり入ったりしている状態を「汚染している」と表現します。ただし、もともと通常の時でも、食物や水の中には、量は僅かですが放射性物質があります。ですから、「汚染」というのは、通常の時よりも放射性物質の量が増えた場合に使われる言葉です。
- このうち、放射性物質が表面に付着している場合（※表面汚染、といいます）には、払い落したり、水で洗い流したりすれば汚染を取り除くことができます。これを「除染」といいます。（※ちなみに、健康相談などで保健所などを訪れた一般住民の体の表面の汚染に関して、スクリーニングレベル、すなわち除染が必要となる汚染のレベルは、サーベイメータで測って 100,000cpm、すなわち 1 分間に 10 万カウントとなっています。これは、一般的に放射線測定に使われている GM サーベイメータで測定した場合は、1 平方センチメートルあたり 400 ベクレル (400 Bq/cm<sup>2</sup>) の表面汚染レベルに相当します。）

【キーワード：飲料水や食物、暫定規制値、食品衛生法、指標値、放射性ヨウ素、牛乳、野菜類、魚介類、水道水】

- 話を元に戻して、では、何ベクレルから注意しなければいけないのでしょうか。これには、法令などによって国の基準が定められています。
- 飲料水や食物に含まれる放射性物質については、原子力安全委員会が設定した指標を基に、厚生労働省において「暫定規制値」が定められ、これを上回る食品については、食用に供されることがないように、食品衛生法において規制されています。また、水道水についても同様に摂取に関する指標値が定められています。
- たとえば、放射性ヨウ素に関して言えば、飲料水や牛乳については 300 Bq/kg、野菜類（根菜、芋類を除く）や魚介類については 2000 Bq/kg、水道水については、乳児以外は 300 Bq/kg で乳児は 100 Bq/kg です。（※詳しくは、食品安全委員会のホームページにある Q&A をご覧ください。）

【キーワード：出荷や取水の規制、甲状腺、国際放射線防護委員会 (ICRP)】

- ただ、このような数値があっても、一般の人は測ることができないので、安全なのかどうか判断ができません。しかし、自分で測って判断しなければいけないと考える必要はありません。上記の数値を上回った場合には、法令などによって出荷や取水が規制されるので、規制値や指標値を上回った食物や水道水を食べたり飲んだりすることができなくなるからです。
- では、この規制値というものは、どうやって決められているのでしょうか。放射性ヨウ素を例にとって説明します。まず、飲み物や食べ物の中に規制値と同じ濃度の放射性ヨウ素が含まれるという状態が 1 年間ずっと続くという仮定を置きます。そのうえで、飲料水、牛乳・乳製品、野菜、穀類、肉、卵、魚その他の食品を、人が平均的な摂取量だけ 1 年間飲み食いしたとします。そうすると、1 年間に甲状腺が受ける放射線は 50 ミリシーベルトになります。逆に言うと、規制値未満のものを飲み食いしている限り、50 ミリシーベルトにはならないということです。何故、甲状腺に注目しているか

というと、ヨウ素という物質は甲状腺に集まる性質があるからです。また何故 50 ミリシーベルトという値が限度になっているかというと、国際的なルールづくりを行っている国際放射線防護委員会 (ICRP) が勧告した基準を基に、放射性ヨウ素の場合、甲状腺が 1 年間に受ける放射線の限度を 50 ミリシーベルトとしているからです。

○もし、一時的に規制値を超えるものを飲み食いしたかもしれないけれど大丈夫だろうかと心配している人がいたら、規制値というものの決め方が、上に述べたように厳しい条件設定の上に立ったものであるということをご参考になるとよいでしょう。

【キーワード：妊娠中や授乳中の女性、日本産婦人科学会】

○とは言っても、妊娠中や授乳中の女性の中には心配している人がいると思います。こういった方々は、日本産婦人科学会が「水道水について心配しておられる妊娠・授乳中女性へのご案内」という文書を出していますので参考にされるとよいと思います。インターネットで「日本産婦人科学会 妊娠・授乳中女性」と入力して検索すればすぐ出てきます。以下に、その概要を示します。

- ・3月23日に東京都の金町浄水場で検出され取水制限された放射能レベルと同程度 (200 Bq/kg) に汚染された水道水 (軽度汚染水道水) を、妊娠期間中 (280 日間) 毎日 1 リットル飲むと仮定した場合、その間に受ける放射線の量は 1.2 ミリシーベルトと算出される。(筆者註：通常の場合でも、自然界から世界平均で年間 2.4 ミリシーベルトの放射線を受けており、世界には年間 10 ミリシーベルトという地域もある。)
- ・胎児に影響が出るのは、胎児が 50 ミリシーベルト以上の放射線を受けた場合と考えられる(※ICRP の勧告に基づいて 100 ミリシーベルトとする意見もある)。
- ・胎児が放射線を受ける量は、母体に比べて少ない。
- ・現時点では、妊娠中・授乳中女性が軽度汚染水道水を連日飲んでも、母体ならびに胎児に健康被害は起こらないと推定される。また、授乳を持続しても乳幼児に健康被害は起こらないと推定される。
- ・しかし、放射線を受ける量は少ないほど安心なので、軽度汚染水道水以外の飲み水を利用できる場合は、それらを飲むことを勧める。
- ・妊娠中の女性は脱水に注意する必要があるため、のどがかわいた場合はがまんしないこと。

### **放射線をなるべく受けないための対策について**

【キーワード：屋内退避の勧告】

○屋内退避の勧告がなされている地域については、

- ・なるべく屋内にいる。
- ・不要な外出は避ける。
- ・雨に濡れないようにする。
- ・外出して家に入る前には、服についたものを払い落とす。

・外出するときはマスクなどをする。  
というような注意がなされています。

【キーワード：放射線の影響を減らすための三原則、遮蔽、距離、時間、屋内、屋外】

- 何故このような注意を守れば、余分に放射線を受けないですむのでしょうか。まず第一に、放射線の影響を減らすための三原則「遮蔽・距離・時間」というものがあります。
- 「遮蔽」というのは「遮る(さえぎる)もの」という意味です。放射線は物体を通過すると、その強さが弱まります。場合によっては物体の中で止まってしまう場合もあります。紙を通して光を見ると、紙を置かなかった場合よりも光の強さが弱まるのと似ています。紙を厚くすると光が全く見えなくなるところも同じです。建物の屋根や構造物も放射線を遮る働きがあるので、外にいるよりも屋内にいる方が、より安全ということになります。
- 次に「距離」です。放射線を出している源から距離をとる、すなわち離れば離れるだけ放射線の強さは弱まります。ロウソクの光を間近で見ると明るく輝いていますが、遠く離れると明るさが弱まるのに似ています。放射性物質が風などによって運ばれて屋根などに降ってきているような状況の時は、屋根や周囲の地面などに放射性物質が一時的に付着している場合があります。屋内にいれば、そのような放射性物質から距離をとることができます。
- 「遮蔽」の効果と「距離」の効果を合わせると、屋内にいる場合は、外にいる場合に比べて、放射線を受ける程度が数分の一から十分の一くらいに減ると言われています。
- 「時間」の効果も重要です。テレビや新聞でよく目にする「 $\mu\text{Sv/h}$ (マイクロシーベルト毎時)」というのは1時間あたりの放射線の量(マイクロシーベルト)です。たとえば、1マイクロシーベルト毎時の場所に1時間いれば1マイクロシーベルトの放射線を受けることとなりますが、30分しかいなかったら半分の0.5マイクロシーベルトですみます。このため、屋内に比べて屋外の方が放射線の量が多い場合は、外出時間はなるべく少なくするようにした方がよいとされているわけです。

【キーワード：雨、マスク、花粉症対策】

- 次に、「雨に濡れないようにする。外出して家に入る前には、服についたものを払い落とす。」というのは、雨に溶け込んだり、風に乗って飛んできたり、土から舞い上がったりする放射性物質を衣服などの表面に付着させないように、また付着させたままにしておかないようにするためです。
- また、「外出するときはマスクなどをする」というのは、空気中にある放射性物質を吸い込んで体内に取り込むことを防ぐためです。
- 「外出して家に入る前には、服についたものを払い落とす。」とか「外出するときはマスクなどをする」というのは花粉症対策と同じです。

【キーワード: 避難命令や屋内退避勧告が出ている地域以外、放射線医学総合研究所、100 ミリシーベルト未満、がん、モニタリングデータ、地域差、国内自然放射線の差、県別平均値の差の最大、日常のレベル】

- 以上は、屋内退避の勧告がなされている場合の注意事項でした。では、避難命令や屋内退避勧告が出ている地域以外では、どのように考えたらよいのでしょうか。
- 放射線医療や人体への放射線影響などを専門的に研究している独立行政法人放射線医学総合研究所のホームページでは、『被ばくした放射線量(筆者註: 受けた放射線の量)が、例えばおよそ 100 ミリシーベルト未満では、放射線のがんを引き起こすという科学的な証拠はありません』『放射線による影響は、喫煙や食事などの生活習慣を原因とするがんの危険性の数十分の一と言う低い値で、過度に心配する必要はありません。さらに、原子力発電所周辺の避難地域以外では、普通に生活している限り 100 ミリシーベルトを超えることは無いと考えられ、普段どおりの生活をしていただいても何ら問題はあります。』と述べています。
- それでも心配だという方は、文部科学省や各県が発表しているモニタリングデータ(地域ごとの屋外における放射線の量: マイクロシーベルト毎時)を見て、屋内退避勧告が出ている地域並みの対策をとるかどうかが判断されるとよいでしょう。
- たとえば、1 年を 8,760 時間として計算すると、モニタリングデータの値として 11.4 マイクロシーベルト毎時の状態が 1 年間ずっと続いた場合に 100 ミリシーベルトになります。
- モニタリングデータの値は、地域差がありますが、普段はおおむね 0.05 マイクロシーベルト毎時のオーダーです。その 10 倍を超える 0.55 マイクロシーベルト毎時の状態が 1 カ月続き、後はもとに戻った場合を考えてみましょう。この期間に普段より増えた放射線の量は 360 マイクロシーベルトになります。ここで、図 1 の左側中ほどを見てください。「国内自然放射線の差(年間)」(県別平均値の差の最大)は 400 マイクロシーベルト/年であることがわかります。計算の上の話ですが、通常の放射線のレベルが低い地域から高い地域に引っ越した場合の方が、上の 360 マイクロシーベルトより放射線の量が多くなるという結果になります。このあたりの放射線の量の増減は、日常のレベルであると考えてよいと思います。

【キーワード: 食物の汚染、出荷や取水の規制、放射性ヨウ素】

- 食物の汚染が気になる方もいらっしゃると思います。放射能のレベルが国の基準の値を上回った食物や水道水は、出荷や取水が規制されるため、食べたり飲んだりすることができないということは既に述べました。
- それでも心配だという方のためには、放射線医学総合研究所のホームページに述べられている次のような助言が参考になるとと思います。
  - ・野菜で検出された放射性物質は、ほとんどすべて、表面に付いていると考えられます。従って、野菜を洗う、煮る(煮汁は捨てる)、皮や外葉をむく、などによって、汚染の低減が期待できます。
  - ・放射性ヨウ素は沸騰しても蒸発しないと考えられます。水分が蒸発し、むしろ放射性ヨ



ウ素が濃縮される場合があります。

(筆者註:野菜を煮て、野菜の中や表面の放射性物質を煮汁の方へ溶け出させる方法は有効ですが、飲み水の場合、沸騰させると水分が蒸発して減る一方で放射性物質は水の中に残るので、その分放射性物質の濃度が高くなるため有効ではありません。)

【キーワード:甲状腺、安定ヨウ素剤、放射性ヨウ素、安定ヨウ素、副作用、医師の指示、国などの指示】

- 甲状腺が放射線を受けるのを防ぐ手段として、安定ヨウ素剤が話題になっています。ヨウ素には、放射線を出す放射性ヨウ素と、放射線を出さない安定したヨウ素、すなわち安定ヨウ素があります。
- ヨウ素は甲状腺に集まる性質がありますが、放射性ヨウ素も安定ヨウ素も同じヨウ素ですからその性質も同じです。このため放射性ヨウ素が入る前や直後に安定ヨウ素を服用して、甲状腺を安定ヨウ素でいっぱいにしておけば、それ以上放射性ヨウ素が入って来ないか、入ってきたとしても割合は小さいものになり、放射線の量も少なくてすむというのが安定ヨウ素剤の効能です。
- しかし、ヨウ素剤の服用によってアレルギーなどの副作用を起こす場合もあるとされており、避難所などで配布された場合には、医師の指示通りに服用することが重要であると言われてしています。
- また、放射性ヨウ素の取り込みの恐れがあるずっと前に服用しても、徐々に体外に排出されていくので効果が薄れてしまいます。
- 国などの指示に従って服用した方がよいと思います。

#### 参考:「被ばく」という言葉について

【キーワード:放射線被ばく、被ばく、被曝、被ばくした、作業員、放射線を浴びる】

- テレビや新聞で「放射線被ばく」という言葉をよく目にするようになりました。前後の関係から単に「被ばく」という場合もあります。
- 昔は「被曝」と書きました。「曝」は「曝す(さらす)」という意味なので、「被曝」は「曝される(さらされる)」という意味になります。
- これまで「放射線を受ける」という表現を使ってきましたが、これは「放射線被ばく」あるいは「放射線に曝されるということ」を易しく言ったものです。ただ、テレビや新聞で「被ばくした」というときには、作業員などが法令に従った報告が必要なくらい放射線を受けた時に使われているようです。このようなときには「放射線を浴びる」というような言い方も使われています。

【キーワード:被曝、被爆】

- ところで、昔のように「被曝」と書かないで「被ばく」と書くと、いわゆる広島・長崎の「被爆」と音が同じなので混乱を生じる場合があります。

○「被ばく」あるいは「被曝」は放射線を受けることだけを表しますが、「被爆」の方は、放射線以外に爆発による熱線や爆風による衝撃などが加わり被害をもたらしたことに對して使われる言葉です。「日」ヘンと「火」ヘンでは意味が大きく異なります。

【キーワード: 福島原発の事故、核反応は停止、全電源喪失、冷却水、燃料棒、崩壊熱】

○ちなみに、福島原発の事故では核爆発が起こっているわけではありません。核反応は停止しています。では、何が起こっているかというと、核反応は停止しても、全電源喪失によって冷却水が供給できなくなったため、燃料棒の中にある放射性物質の出す熱を除去しきれなくなって、燃料を入れている管(※被覆管、といいます)の一部が破損し、放射性物質が燃料棒の外に出てしまった状態が続いているものと考えられています。

○ここで、核反応は停止しているのに、何故まだ冷却が必要なのかを、もうすこし詳しく見ていきましょう。核反応が起こっている間(すなわち発電している間など)は、核分裂反応の結果、核分裂生成物(ウランなどの原子が 2 個ないし数個の原子に分かれたもの)が燃料棒の中にたまってきます。核反応が停止しても、核分裂生成物は残っています。このような核分裂生成物は多くが不安定な放射性物質です。放射性物質は、放射線を出すことによって別の物質に変わっていきますが、このとき放出された放射線が周囲の物質(たとえば、燃料を入れている管)を通るとき、放射線のエネルギーが物質によって吸収されます。この吸収されたエネルギーが熱に変わり、周囲の物質が熱せられた状態が、かなりの期間続くわけです。そのため、核反応が停止しても、また燃料を原子炉から取り出した後も、冷却することが必要になるわけです。

○ところで、上に述べた「放射性物質が、放射線を出すことによって別の物質に変わっていく」ことを、専門用語で「放射性崩壊」とか「放射性壊変」とか言います。また、この結果発生する熱のことを「崩壊熱」と言います。新聞などにこれらの言葉が出てくることもあります。「崩壊」とか「壊変」というと、何か大きな物が壊れたり崩れたりするというイメージがありますが、本当は、「原子が他の原子に変わっていくこと」をあらわしたもので、原子というきわめて小さな単位の物質の世界で起きている現象について言っている言葉なのです。

#### 参考:「半減期」という言葉について

【キーワード: 放射性物質、放射能、半減期】

○放射性物質は放射線を出すことによって放射能が段々減っていきます。放射能が半分になるまでの時間を「半減期」と言います。たとえば半減期が 10 日の放射性物質の場合は 10 日で半分、20 日で 1/4、30 日で 1/8 に減っていきます。

○物理的には厳密ではないのですが、わかりやすさのために、タンクに貯まった水を配

管から流す場合を例にとって説明します。「半減期が短い」ということは、太い配管を使って排水する場合に相当します。水がたくさん出て行きますので、タンクの水は早くなくなっていきます。逆に言うと、タンクの水が早くなくなるのは、たくさん水が出て行くからで、これを放射性物質にあてはめて言うと、半減期が短い放射性物質は、そのぶん一定時間内にたくさん放射線を出すことになります。(ただし、そのぶん早く放射能がなくなっていきます。)

- インターネットの書き込みなどで「半減期の長い放射性物質は放射能が強く危ない」といった意見が書いてあることがあります。これは誤りです。半減期が長い放射性物質はいつまでも放射能が減らないので扱いが厄介であることは事実ですが、ちょっとずつしか放射線を出さないので、半減期の短い放射性物質と比べると、一定時間内に出す放射線の量は少ないと言えます。

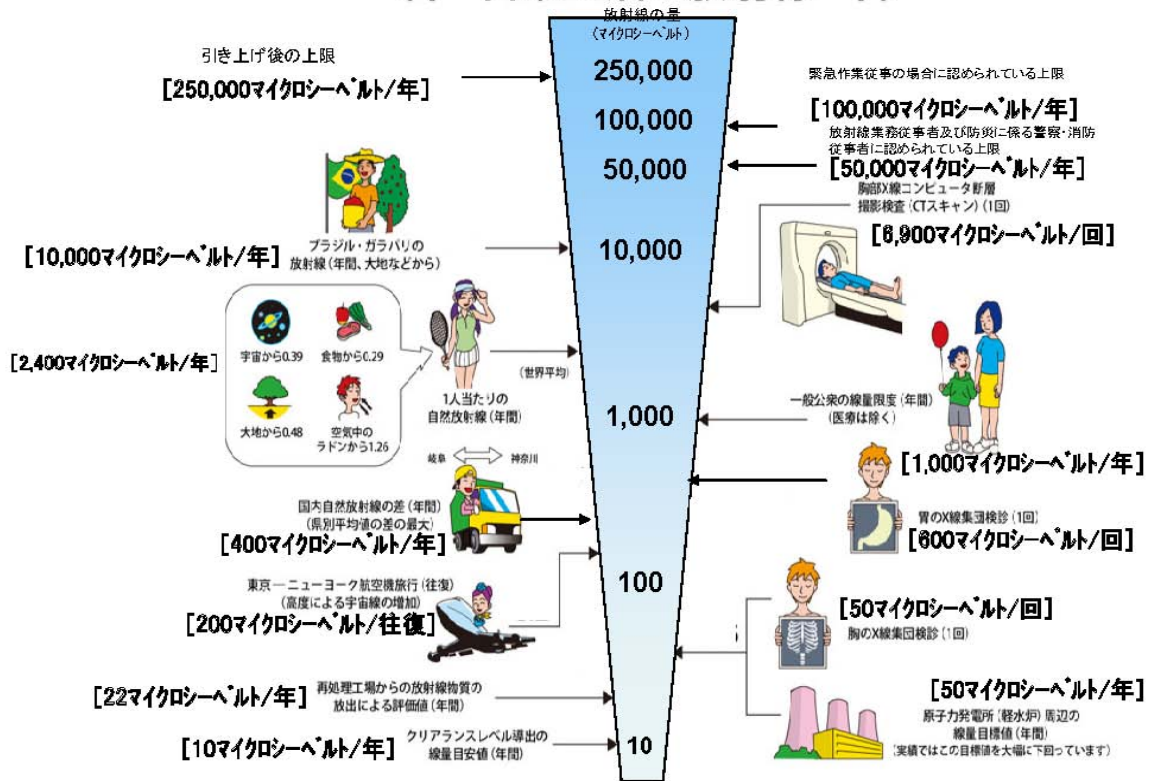
【キーワード: 物理的半減期、生物学的半減期、新陳代謝、ヨウ素 131、実効半減期、セシウム 137】

- もうひとつ、インターネットの書き込みでよくある間違いを指摘しておきたいと思います。「ヨウ素 131 という放射性物質は物理的半減期は 8 日と短い、生物学的半減期は 80 日と長いので、なかなか減っていかない」というような書き込みがありますが、これは間違いです。
- たしかに、「半減期」には「物理的半減期」(ふつう言われている半減期)と「生物学的半減期」(新陳代謝などで体内から排出されることによる半減期)があります。しかし、このことは、「体内に取り込まれた放射性物質は、放射線を出すことによって物理的に減っていくのと同時に、生物の代謝機能で体外に排出されることによっても減っていく」と考えるべきです。
- 再びタンクからの排水に例えると、ヨウ素 131 の場合は 8 日という短い物理的半減期が太い配管で、それに加えて 80 日という長い生物学的半減期も細い配管として働きます。タンク(体内)からは、主に太い配管を通してたくさん水(放射性物質)が排出されますが、細い配管からも僅かずつ水が出て行きます。この両者を合わせると、短い方の半減期よりも、体内の放射性物質の量が半分に減るまでの時間はさらに短くなって 7.27 日になります(※これを実効半減期といいます)。ちなみに、ヨウ素 131 の生物学的半減期が 80 日というのは成人についてであって、5 歳児では 23 日、乳児はもっと短くて 11 日です。
- 逆に、セシウム 137 という放射性物質は、物理的半減期は 30 年と長くても、生物学的半減期は、1 歳までは 9 日、9 歳までは 38 日、30 歳までは 70 日、50 歳までは 90 日と短いので、体内で半分に減るまでの時間は 30 年よりはるかに短く、生物学的半減期と同程度(たとえば、50 歳の人の場合 89.3 日)になります。

以上

< 図 1 >

## << 日常生活と放射線 >>



※ Sv【シーベルト】=放射線の種類による生物効果の定数(※) × Gy【グレイ】

※ X線、γ線では 1

資源エネルギー庁「原子力2002」をもとに文部科学省において作成

<表1>

(JIS X 0201(マイクロナベレド単位))

都道府県名	3月16日												3月15日												
	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	都道府県別の範囲
1 北海道(札幌市)	0.028	0.028	0.028	0.027	0.025	0.025	0.026	0.026	0.028	0.028	0.028	0.028	0.029	0.029	0.028	0.028	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027~0.105
2 北海道(帯広市)	0.021	0.022	0.023	0.024	0.024	0.025	0.026	0.026	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.017~0.102
3 北海道(苫小牧市)	0.045	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.014~0.084
4 岩手県(盛岡市)	0.083	0.127	0.149	0.189	0.171	0.186	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.016~0.0513
5 岩手県(秋田県)	0.0555	0.0364	0.0361	0.0367	0.0368	0.0366	0.0365	0.0367	0.0368	0.0366	0.0365	0.0367	0.0368	0.0366	0.0365	0.0367	0.0368	0.0366	0.0365	0.0367	0.0368	0.0366	0.0365	0.0367	0.022~0.064
6 山形県(山形市)	0.04	0.043	0.041	0.042	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.025~0.064
7 福島県(郡山市)	0.28	0.283	0.28	0.279	0.273	0.275	0.274	0.274	0.274	0.274	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275	0.025~0.067
8 茨城県(水戸市)	0.388	0.375	0.371	0.358	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.027~0.071
9 栃木県(宇都宮市)	0.359	0.356	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.026~0.056
10 群馬県(高崎市)	0.359	0.356	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.026~0.056
11 埼玉県(さいたま市)	0.253	0.133	0.065	0.109	0.111	0.076	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.017~0.045
12 千葉県(市原市)	0.0941	0.2	0.061	0.123	0.0853	0.067	0.0656	0.0653	0.0657	0.0654	0.0657	0.0654	0.0657	0.0654	0.0657	0.0654	0.0657	0.0654	0.0657	0.0654	0.0657	0.0654	0.0657	0.0654	0.031~0.060
13 東京都(新宿区)	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.022~0.041
14 神奈川県(横浜市中区)	0.05	0.051	0.052	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.028~0.079
15 新潟県(新潟市)	0.063	0.063	0.062	0.067	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.035~0.069
16 富山県(富山市)	0.0542	0.0663	0.0662	0.0674	0.0643	0.0675	0.0645	0.0655	0.0651	0.0651	0.0651	0.0651	0.0651	0.0651	0.0651	0.0651	0.0651	0.0651	0.0651	0.0651	0.0651	0.0651	0.0651	0.0651	0.031~0.153
17 石川県(金沢市)	0.052	0.053	0.053	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.029~0.147
18 福井県(福井市)	0.053	0.051	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.032~0.097
19 山梨県(甲府市)	0.04	0.041	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.040~0.084
20 長野県(長野市)	0.061	0.061	0.061	0.062	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.0286~0.0974
21 岐阜県(岐阜市)	0.05316	0.0525	0.0515	0.0468	0.0476	0.0469	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0261~0.110
22 静岡県(静岡市)	0.04	0.039	0.039	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.0281~0.0765
23 愛知県(名古屋市)	0.046	0.0459	0.0453	0.0465	0.0477	0.0491	0.0498	0.0495	0.0492	0.0486	0.0486	0.0486	0.0486	0.0486	0.0486	0.0486	0.0486	0.0486	0.0486	0.0486	0.0486	0.0486	0.0486	0.0486	0.0285~0.074
24 三重県(四日市市)	0.033	0.033	0.033	0.038	0.046	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.0416~0.0789
25 滋賀県(大津市)	0.0378	0.0379	0.0379	0.0381	0.0412	0.0412	0.0413	0.0391	0.0386	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385	0.031~0.061
26 京都府(京都市)	0.042	0.043	0.043	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.032~0.067
27 大阪府(大阪市)	0.037	0.037	0.036	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.032~0.061
28 奈良県(奈良市)	0.047	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.046~0.076
29 和歌山県(和歌山市)	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.031~0.064
30 兵庫県(姫路市)	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.039~0.11
31 鳥取県(鳥取市)	0.044	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.032~0.079
32 岡山県(岡山市)	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.043~0.101
33 広島県(広島市)	0.047	0.047	0.046	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.035~0.069
34 山口県(山口市)	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.094~0.128
35 徳島県(徳島市)	0.052	0.052	0.052	0.054	0.056	0.055	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.037~0.067
36 香川県(高松市)	0.0473	0.0478	0.0475	0.048	0.0478	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.037~0.067
37 愛媛県(松山市)	0.0216	0.0245	0.0246	0.0246	0.0248	0.0249	0.0248	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.031~0.071
38 高知県(高知市)	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.035~0.074
39 福岡県(福岡市)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.034~0.074
40 佐賀県(佐賀市)	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027~0.071
41 熊本県(宇土市)	0.05	0.05	0.049	0.049	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.048~0.085
42 鹿児島県(鹿児島市)	0.0653	0.0656	0.0656	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0653	0.0243~0.0664
43 沖縄県(那覇市)	0.0345	0.0346	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0344	0.0336~0.0643
44 沖縄県(那覇市)	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212	0.																				