

放射線は身体にどのような影響を与えるか
～ 福島第1原子力発電所事故を踏まえて～

講師 崎山比早子氏

(元放射線医学総合研究所主任研究官、医学博士、高木学校)

2011年3月28日

第二東京弁護士会環境保全委員会 主催

目次

挨拶	3
はじめに	4
1．放射線障害の標的、身体設計図DNAとその合成	7
2．放射線によるDNA損傷、その修復とがんの発生	10
3．被ばく線量と発がんの関係	23
4．原発事故とヨウ素剤	27

環境保全委員会委員長：

福島第1原子力発電所で事故が起きて以来、放射能を放出して、野菜から基準値以上の放射能が検出されていたり、それから、水から基準値以上の放射能が検出されたりしていますが、テレビやマスコミでは、それを1年間食べ続けても大丈夫であるとか、それから、水も乳児は飲まないほうがいいけれども、ほかに水がないときは飲んでも健康に直ちに被害はないというコメントが多々なされています。そして、放射能の知識を持たない私たちとしては、一体これが安全なのか危険なのか、頭が混乱してしまってよく分からないという状況もありますし、一体、放射能というのがどういうふうな機序で体に害を及ぼすのか、そこが分かりません。また、放射能は無味無臭で、普通に腐った食べ物を食べるのとは違って、食べたからすぐおなかが痛くなって、これはいけないと分かって、みんなも食べなくなるというものではありません。

そこで、この害から健康を守るためには、放射能の体に対する影響に関する正しい知識が必要であるということで、緊急に勉強会を開くことになりました。今日は、元放射線医学総合研究所主任研究官で医学博士の崎山比早子先生においでいただいております。

今後の進行は、当委員会の委員である只野靖委員に任せたいと思います。それでは早速始めたいと思います。

司会：第二東京弁護士会環境保全委員会の只野と申します。本日、緊急開催にもかかわらず、予約が結構ありまして満員になるとと思いますので、できれば真ん中のほうに詰めていただくか、荷物などを置いている方は膝の上をお願いします。

この講演会の進め方について御説明します。崎山先生から講演を頂くわけですが、テーマが、大きく分けて三つ、四つというふうに区切られます。何

分、専門的なことでもございますので、会場に質問用紙を用意しております。質問用紙を回収する係の方が質問用紙も配っておりますので、今、受付で受け取った方もいらっしゃるかと思えますけれども、随時質問を回収して私のところに持ってきてもらうことになっていきますので、疑問点を残さないよう、どんな小さな質問でも構いませんので、随時質問用紙に書いてください。質問用紙が足りない方は、また挙手して質問用紙を追加でもらってください。

それから、この会は主として弁護士向けなんですけど、一般の方も来られております。撮影、それから中継も自由にやってもらうと。それからマスコミの取材も受けるということで自由にやっておりますので、もし映りたくないという方は、その旨ちょっとだけ、端っこに寄っていただくとか、後ろのほうに寄っていただくとかということでお願いします。注意点としてはこんなところで、遅くとも8時までには終了する予定です。

では、崎山先生、よろしくお願いします。

はじめに

講師：皆さん、こんにちは。崎山です。よろしくお願ひいたします。今日は、このようなところでお話しさせていただく機会を頂きまして、ありがとうございます。私はこんなにたくさんの方の前でお話ししたことがありません。今までこのような話題で集会を開いても、大体多くて100人ぐらい、大体40人とか50人ぐらいですね。原子力発電所の事故が起こる前に、こういうことをもっと積極的にやっていたらなあ、すごく残念です。

今日は、もう放射能が出てしまっているのだから、これからお話しして、放射線のリスクというものを皆さんに御理解いただいて、これ以上原子力発電の事故が起こらないように、皆さんに是非協力していただきたいと思ひます。

私は放射線医学総合研究所にいましたが、放射線はそれほど専門ではなくて、癌の研究をずっとやっていました。高木学校に入ってから必要に迫られて放射線の勉強を始めたというような具合で、御質問がたくさんあった場

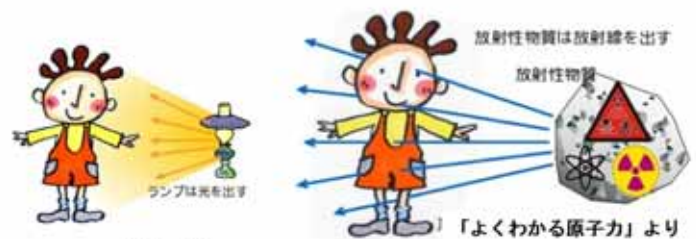
合に全部答えられるかどうか分からないですが、もし分からないところがあれば調べてからお答えしますので、どうぞ、分からないところはお聞きください。

今の状況ですけれども、福島原子力発電所、ここからずっと放射線がいつぱい出ているわけですね。直接の放射線というのは、この近くに行かなければ浴びないわけです。距離の二乗に反比例して弱まります。ですから、この原発の近くで今たくさん放射能を出さないように働いていらっしゃる方は非常に危険を冒して働いていらっしゃるということです。それで、遠くにいる場合は、その直接の放射線ではなくて、原発から放出された放射性物質が風に乗ってずっと広がってくるわけです。それが風向きとか、そのときの天候によってどこに飛んでいくかわかりません。放射性物質は細かいチリになって雲のように飛んでいきますので、放射能雲と呼ばれています。

放射線と放射性物質との違いが分からないという御質問があります。これはよく、電力会社や文部科学省の教材、子供たちに読ませる教材にこういう説明があります。光と電球とにたとえています。放射性物質はその電球にあたり、放射線は光にあると説明しています。これは怖がらせないということがその教育の目的だ

と思うんですけれども、放射線と光の違いを教えていません。放射線は光とまるきり違う。光は体の中を通過しないですね。また幾ら浴びても光によって癌ができることはないです。これに対し、放射線の

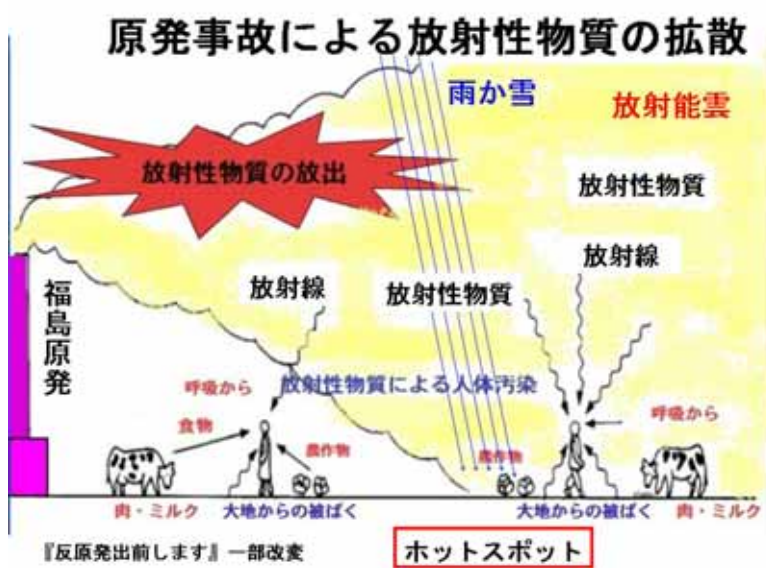
放射線と放射性物質（放射能）の関係



放射能
放射性物質 は放射線を出す

光との違い：放射線は身体を透過する
DNAに傷をつける
大量にあびれば死亡する
少量なら将来発がんの可能性

場合は体の中を透過し、がんの原因になります。

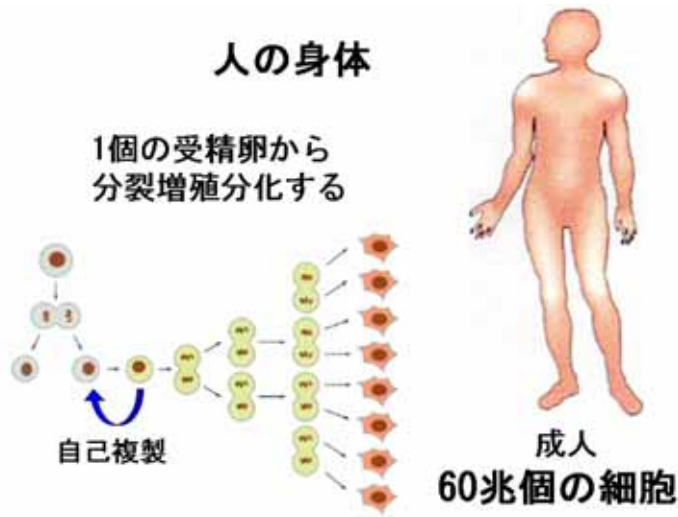


放射能と放射性物質という二つの言葉がよく使われますが、放射能というのは放射線を出す能力という意味で、一番初めにラジウムを分離したキュリー夫人がその放射線を出す能力という意味で放射能

という言葉を作りました。それがずっと使われていたんですが、最近では、放射性物質と言うことが多いです。つまり、放射能あるいは放射性物質は放射線を出すものです。光と違うところは、放射線はDNAに傷を付ける点です。大量に浴びれば死亡する。少量の場合は将来発癌の可能性があるということ。

これから、四つの項目に分けてお話ししようと思います。一つ目は、放射線障害の標的になるもののなかで一番重要な体の設計図であるDNAがどういうふうに合成されているのかについて。二つめは、そういう大事なDNAに放射線はどういうふうに損傷を与え、それが間違えて修復されたときにどういうふうに癌になるかということです。これらが基礎的なところ。そして、三つめが、実際的に放射線をどのくらい被ばくするとどのくらい癌ができるか、線量とその影響の関係です。四つめとして、今非常に問題になっている放射性ヨウ素による被ばくを防ぐためのヨウ素剤の話をしようと思います。

1. 基礎編～放射線障害の標的・身体設計図DNAとその合成

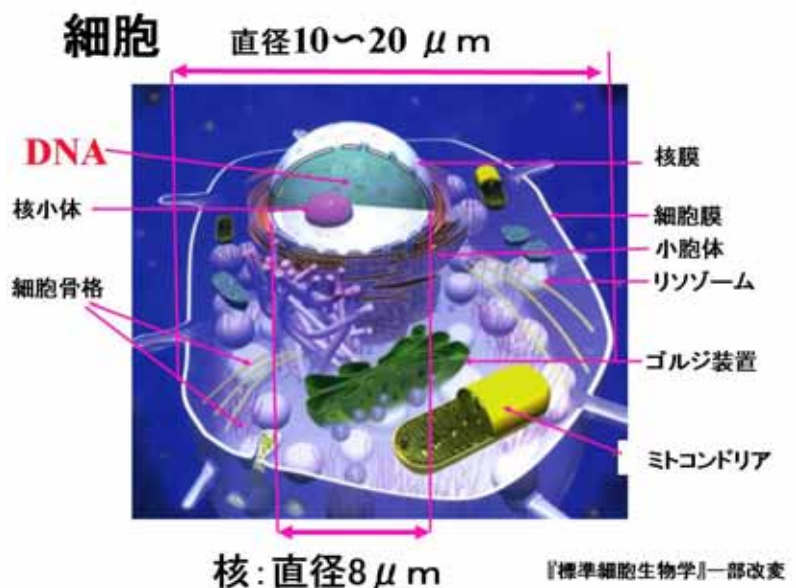


皆さん御存じのように、私たちの体は、大人で大体60兆個ぐらいの細胞からできています。しかし、最初は、1個の細胞からできるわけです。それは父親の精子と母親の卵子が受精した一つの受精卵が分裂・分化していろいろな器官を作

って1個の体になるわけです。私たちの体はいろいろな器官があって、いろいろな働きをする細胞があります。その働きによって細胞の形も違います。そういうふうにいるいろいろな最終分化した細胞というのはそれぞれ違うんですけども、それぞれの細胞が一番初めにできたその1個の受精卵と全く変わらない分子を一つ持っています。それはお分かりになりますか？それがDNAなんです。DNAは、こういう最初の受精卵にあったものと最終的に分化したいろいろな器官の細胞と全く変わらない。

どうしてそういうことができるかについて説明します。

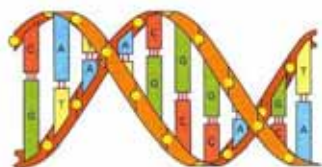
これは、細胞のモデルです。細胞というのは、外界からこの細胞膜で隔離されていて、その中にその細胞が分裂したり増殖



したりするために必要ないろいろな働きをする小器官があります。この中心に核があって、その核の中にDNAが入っているわけです。この細胞の直径というのは10から20ミクロンぐらいで、その核は6ミクロンから8ミクロンぐらいです。

DNAは細胞及び身体的设计図

DNAの二重らせん構造



A: アデニン、T: チミン
G: グアニン、C: シトシン

DNA: 32億塩基対 遺伝子: 約22,000個
(全長: 2m) (全DNAの1.5%)

『Molecular Biology of THE CELL』より

そのDNAというのはどういう形をしているかといいますと、二重らせん構造を取っています。二つのリボンのような背骨があり、糖とリン酸からできています。それぞれの背骨から塩基が突き出していて、相手方の塩基と対になっています。これが二

重らせん構造です。

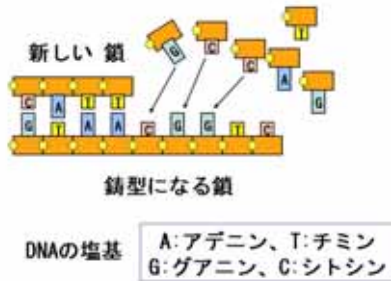
この塩基はアデニンとチミン、グアニン、シトシンというこの四つの種類しかありません。そして、アデニン(A)はチミン(T)と、グアニン



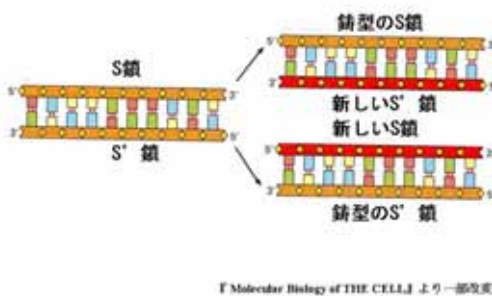
(G)はシトシン(C)と対になります。A-T, G-Cと、この塩基対というのはA-T, G-Cの2種類しかないんです。人間のDNAというのは、大体32億塩基対があります。その中にこのA-T, G-Cという塩基対がずっと並んでいるわけです。三つの塩

基で1つのアミノ酸を指定します。ですから、この塩基がどういうふうに並ぶかによって、どういうアミノ酸がどういう配列で作られるか、どういうタンパク質ができるかということの暗号がここに書かれています。細胞が分裂するときこれが正確に複製されて次の細胞に引き継がれていくわけです。

DNAの複製



複製されたDNAは親と全く同じ

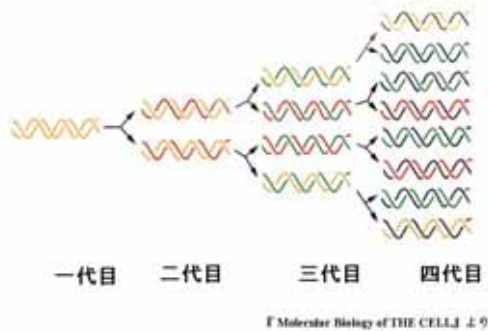


それがどういうふうになるかといいますと、これはタイムの表紙ですけど、ジッパーのように剥がれるわけです。一方が鋳型になって新しいDNA鎖が反対側にできるんですね。そのDNAができるときには、必ず一方が鋳型になっています。で、この塩基対というのは、Cは必ずGと対を作る。ですから、古いDNAの、鋳型になるDNAの配列に沿って新しいDNAができることで、間違いがない配列ができてくるわけです。Cの塩基に対しては、Gが入らなければいけないんですけども、間違えてAが入ってしまうとします。すると、周りにはそういうDNA合成の間違い

を見張って、間違いを見付けてすぐ直す、それを切り出して正しい塩基が入るまで切り出す酵素があって、常に正しいDNAが作られていくようになっています。

ですから、図の左が親のDNAだとしますと、これが上下二つに分かれる。そして、一方では親のDNAの上の鎖を鋳型にして新しいDNAができる。もう一方では親のDNAの下の鎖を鋳型にして新しいDNAができます。新しく複製されたDNAは、必ず片方が古い鎖でもう一方が新しい鎖でDNAの対ができます。新しいDNAの二重鎖は、元々のDNAの二重鎖と全く同じなんです。こういう仕組みでDNAが複製されていきますから、最初にDNAがあって、2代目、3代目、4代目というふうにずっと何回分裂しても、この元々のDNAは、この親のDNAと同じになるわけです。このようにDNAが変わらないということは、その体の恒常性を保つ上にすごく重要なこ

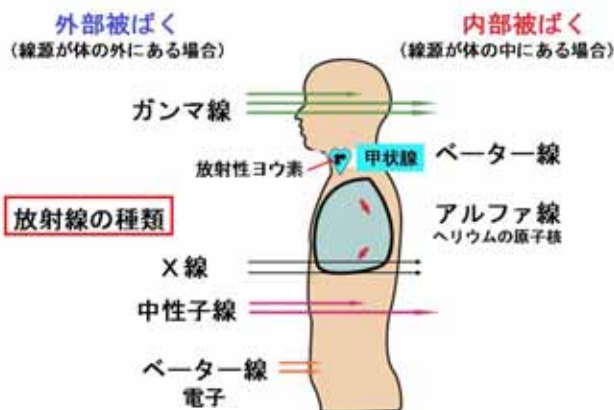
DNAは何回複製されても元のDNAと同じとです。



2. 放射線によるDNAの損傷，その修復とがんの発生

次に、DNAに放射線がどのような影響を与えるかということについてお話しします。まず放射線の被ばくの仕方ですが、図の左側が外部被ばくです。

外部被ばくと内部被ばく



放射線の線源，すなわち放射線を出すものが体の外側にある場合を外部被ばくと言います。今、原子力発電所からチリが出てきていますけれども，そういうところからはガンマ線が出てきます。それからエックス線は大体医療放射線として使われている

ものです。それから，中性子という粒が飛んでくるのが中性子線です。10年ぐらい前のJCO事故で亡くなった方はこの中性子線をたくさん浴びて亡くなったわけです。あと，ベータ線というのは電子の流れです。今，放射性ヨウ素というのが問題になっていますけれども，これはベータ線を出します。放射性ヨウ素は，甲状腺に蓄積されて中から甲状腺を被ばくさせて甲状腺癌の原因になります。それから，アルファ線というのがあります。アルファ線というのはヘリウムの原子核です。ヘリウムの原子核は大きくて2荷のプラスの電気を帯びていますので余り遠くへは飛びません。ですから，体の外に

ある場合はほとんど問題にならないですが，一旦これが体の中に入りますと，細胞の破壊力は，ベータ線やガンマ線やエックス線の約20倍ぐらいあるんです。ですから，アルファ線を出すプルトニウムなどを吸い込むと非常に危険だということです。こういうふうに，体の中に一旦取り込まれて体の中から照射されるのを内部被ばくと言います。

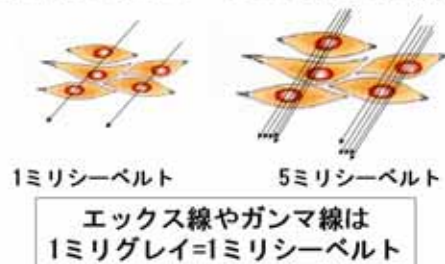
外部被ばくの場合は，その線源から逃げるすることができます。遠くに離れるとか，あるいは遮へいをするとか，そういうふうにして逃れることができますが，一旦体の中に取り込んでしまった内部被ばくというのは，もう逃れることはできない。そこが外部被ばくと内部被ばくの大きな違いです。

今，マイクロシーベルトだの，ミリシーベルトだのと盛んにマスメディアでも話題になっています。では，1ミリシーベルトを体に浴びるといふことは，生物学的にどういう意味があるのかということ、これはマイクロドシメトリー

という学問の分野で研究がされました。先ほどお話ししたように，細胞の核の中には重要なDNAがありますが，その細胞の核に平均して1本放射線が通る，そういう線量が1ミリシーベルトです。これはすごく分かりやすいので，覚えておかれるといいと思います。1マイクロシーベルトというのは、1000個に1個の細胞の核にこの放射線が通るといふことです。逆に，1シーベルトを浴びたとすると，1000本，核に放射線が通るといふことです。

この間，被ばくされた労働者の方は2シーベルトとか6シーベルトを足に浴びたと報道されていました。もし2シーベルトでしたら，足の細胞の核に

放射線の量を知るための単位
エックス線を1ミリシーベルト被ばくするということは？
各細胞の核に平均して1本の飛跡が通る

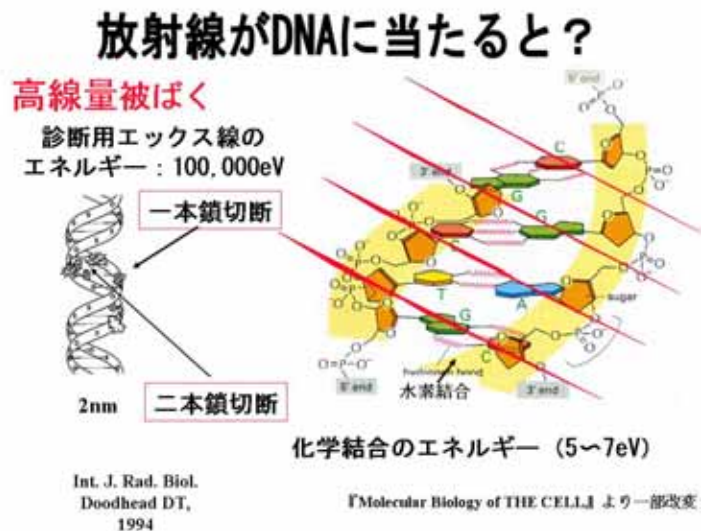


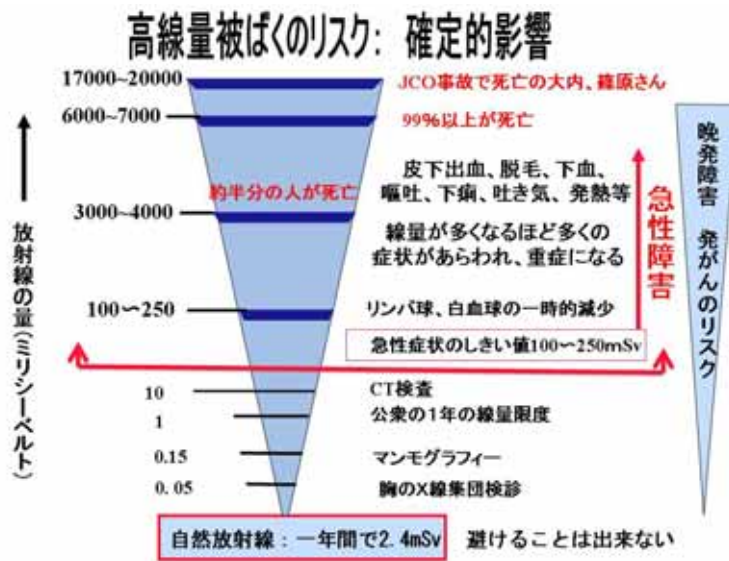
2000本放射線が通ったということです。平均してですから，核以外のところも通っています，図には分かりやすいように核のところだけしか書いてありません。もしそれがベータ線でしたら皮膚の表面の浅いところが傷付くだけかもしれないですが，ガンマ線でしたら，深いところまでかなり傷付いているんじゃないかと心配です。

そこで，放射線が核を通ると，どういうことが起こるかということに入ります。

右の図は、DNAの分子構造です。先ほど言いましたように5炭糖とリン酸が連なって背骨を作っています。その真ん中に塩基が突き出している。対になっている相手方も同じです。一方がGなら相手側がC，AならTと

いうふうになっています。この結合のエネルギーというのは，化学結合のエネルギーでつながっているわけです。これは放射線のエネルギーに比べるともう格段に小さい，弱いエネルギーです。この弱いエネルギーでつながっているDNAが例えば診断用のエックス線を浴びる。診断用のエックス線というのは大体10万電子ボルトぐらいで，この化学結合のエネルギーの大体1万5000倍から2万倍ぐらいです。そういう放射線がDNAをさっと通りますと，このDNAは簡単に切れてしまうわけです。





線量の違いというのは、この線が何本通ったかによるわけですから、たくさん通れば細かく切れまですし、少しだったら、それほど細くないということです。たくさん通ってDNAがずたずたに切れてしまうと、細胞はもう、

それをつなぐのが間に合わなくなってしまいます。そのため細胞は死んでしまいます。一番深刻な問題は、たくさん1度に細胞が放射線を浴びると、DNAがずたずたに切れてしまうということなんです。こういうものを高線量被ばくと言います。その場合は2本の鎖が同時に切れてしまうわけです。これを2本鎖切断と言います。1本しか切れない場合は1本鎖切断と言います。この修復の違いというのは後でお話しします。

こういうふうにDNAがずたずたに切れてしまいますと、生物はそれを直すことができませんから、同時に多くの切断がおこると死んでしまうわけです。どのぐらいから死ぬかといいますが、ほとんどもう助かる人がいないぐらいの線量というのは、6000から7000本の放射線が通る6シーベルトから7シーベルトです。99.9パーセント以上が死亡します。10年ぐらい前に起きたJCO事故で2人亡くなりましたけれども、その方たちは17から20シーベルトぐらい浴びたと推定されています。50パーセントぐらいの方が亡くなるのは、3から4シーベルトぐらい。このように放射線をたくさん浴びますと、浴びてからそれほど時間を置かないで症状が出てきます。

初めは気持ちが悪くなったり吐いたりという症状が出ます。ひどい場合は

皮下出血とか脱毛とか，それから便に血が混じるという症状です。これを急性障害と言います。この急性障害というのは，どういう人が浴びても必ず起こることなので確定的影響とも言っています。こういう確定的影響が起きる一番少ない線量，これを急性障害のしきい値と言いますが，大体100から250ミリシーベルトとされています。確定的影響，急性障害の一番軽いのはリンパ球や白血球の減少です。一時的に減少する。これはリンパ球や白血球を作る骨髄の細胞が一番放射線に感受性が高いので，低い線量でもそういう症状が出ます。それが急性障害のしきい値とされています。

ところが，今朝の東京新聞では，いつの間にか上がってしまっていて，500ミリシーベルトがリンパ球の一時的減少というふうに書いてありました。こういう急性障害から回復されて健康を取り戻す方もおられるわけですが，この放射線障害から回復するというのは普通の病気が治るということと全く違います。それは、放射線を浴びる前の健康な状態をなかなか回復できないということなんです。一見したところは正常に見えて，健康そうに見える。だけれども，いつも何かだるい，仕事が続かないということで，一生そういう問題を抱えます。

急性障害に対し，晩発障害という後になって症状が出るものがあります。低線量被ばくのときに問題になります。この晩発障害は、被ばくした線量に応じて，線量が多ければ多いほど発癌のリスクがある。ですから，ずっと不安を抱えなければいけないということになります。

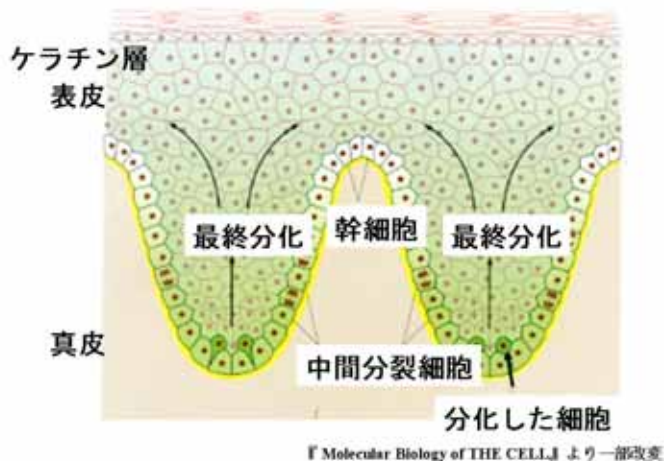
その疲れやすいとか仕事が続かないということは，よく原発ぶらぶら病とか原爆ぶらぶら病というふうに言われています。そういう方々は，急性障害から幸いにして回復しても，そういう後遺症をずっと持つということです。

JCO事故で亡くなられた方は、17シーベルトぐらい浴びた。被ばく後8日ぐらいですと，皮膚はちょっと目には日焼けしたぐらいにしか見えません。それが26日後は，まだ表皮が付いていますけれども，いずれは，全部

取れてしまって皮下がむき出しになって、じくじく出血したり、組織液がしみ出してきたりして、彼は毎日10リッターぐらい輸液と補液を繰り返しました。83日間生きられましたが亡くなりました。

どうしてそういうことになるかということですが、右の図は、皮膚を縦に切って横から見たものです。私たちの皮膚には、一番上にケラチン層があります。表皮の部分には血管もありませんから、皆さんも御経験があると

人皮膚の細胞の入れ替わり

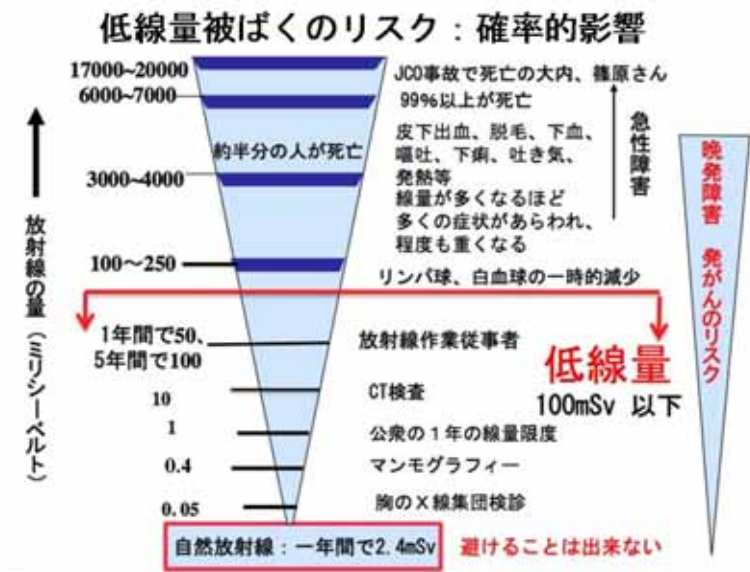


思ますけれども、傷を付けても、この表皮のところだけを傷を付けては血が出ません。真皮まで傷を付けますと、そこには血管とかリンパ管とかがありますから、出血することになるわけです。表皮は、毎日垢としてケラチンが落ちていきます。このケラチンが毎日落ちていっても、私たちの皮膚が赤むけにならないのは、失われた細胞を補うものがあるからです。

皮膚の場合は、真皮との境に、表皮細胞の幹細胞というものがあります。この幹細胞が分裂して上に上がり、ケラチンが落ちていくのと同じ速度で補っていくわけです。ところが、放射線で幹細胞が死んでしまうと表皮を構成する細胞たちは、どんどんなくなっていくわけです。幹細胞から分裂して、その失われた細胞を補う能力が全くなくなってしまうのです。そのため全部皮下が出てきて、出血したり、組織液が漏出したりしていったら、JCOの方は、毎日毎日包帯を取り替えてもぐしょぐしょになるぐらいだったそうです。

これは皮膚だけの話ですけれども、骨髄も、それから腸管も、全部生体は

細胞が入れ替わっています。赤血球も白血球もそれなりに寿命があって死んでいくわけです。それを補うために骨髄の幹細胞が分裂して、また、なくなった細胞の数だけ増やしていく。それで、恒常的な細胞数が保たれているわけです。全身に被ばくしますと、幹細胞も全部死んでしまいますから、失われた細胞を補うことができなくて死亡するわけです。



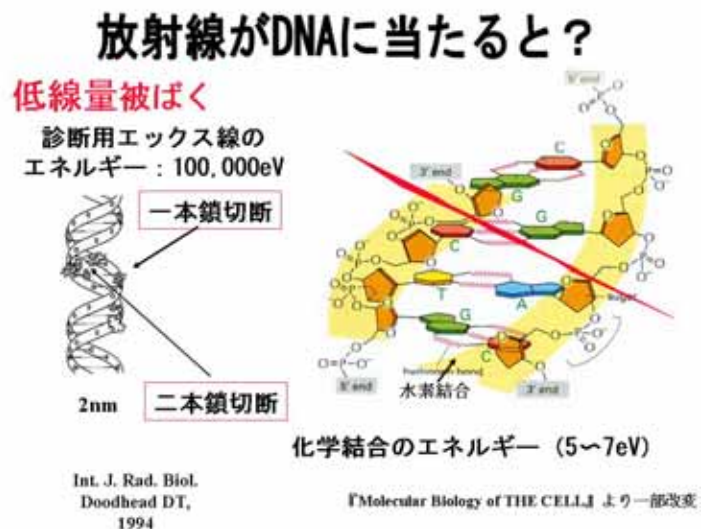
急性障害が起きないような線量，すなわち急性障害のしきい値と言われる100から200ミリシーベルト以下の場合はどうでしょうか。そういう低線量を浴びた場合は，数年から十数年後に癌になる

確率が増える。癌は後から出てきますから，急性障害の対として晩発障害と言います。この晩発障害は，線量に比例して発生します。また、必ず誰でも起きるというわけではなくて，起きる人も起きない人もいます。放射線がどういったところを通ったかによっても，できる場合もできない場合もある。そういうことで，発癌のリスクは確率的影響と言っています。

今，テレビでコメンテーターが、「直ちに影響が現れるような線量ではありませんので安心してください」というふうに盛んにおっしゃっています。それは，確定的影響，急性障害は起きませんよということだと思っただけですね。けれども，それで安心してくださいということは，何人かの発癌する人はまるっきり無視していることだと思います。低線量では線量に応じて，後から言いますように癌ができてきます。

この低線量の領域というのは，大体，皆さんのおなじみなのは医療被ばく

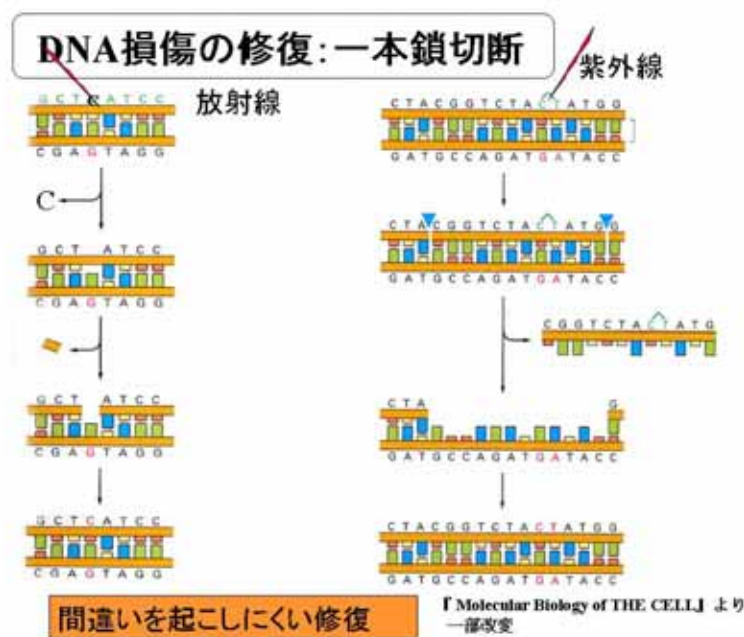
です。医療被ばくでは、例えば肺のCT検査を受けると大体10ミリシーベルト、マンモグラフィだと0.4とかです。今出ている放射性物質で「10ミリシーベルトぐらい浴びたら、CTを1回撮ったぐらいの線量よりは少ないから余り問題ありません」というコメントをされる方がいらっしゃいます。日本は世界で一番医療被ばくが多いんです。年間約1万人ぐらいが医療被ばくによって癌になるんじゃないかという論文が出されたのがもう7年前です。私たちは、医療被ばくが非常に問題だと言ってきているんですけども、厚生労働省は何の手も打っていません。それでも、医療被ばくの場合は自分に選択権があるわけです。医療被ばくの正当化というのは、被ばくしてリスクはあるけれども、それによって病気を見付けたり治療方針を決められたりというメリットが患者さんにあるわけです。そういうメリットとデメリットを天秤に掛けて、メリットが多いなと、お医者さんが判断した場合に、あなたは検査を受けなさいということを書いてオーダーするわけです。ところが、原発の放射性物質を私たちが毎日浴びさせられているのは、まるっきり選択権がない。癌になるのは年輩の人です。子供は余り、もうほとんど、赤ちゃんとかが癌になるということはほとんどないわけです。そういう年齢の区別もなく、一様に被ばくさせられているという状況と、この医療被ばくと線量が同じですというふうに言って、心配ありませんというコメントをする人の神経がちょっと分からないという感じがします。



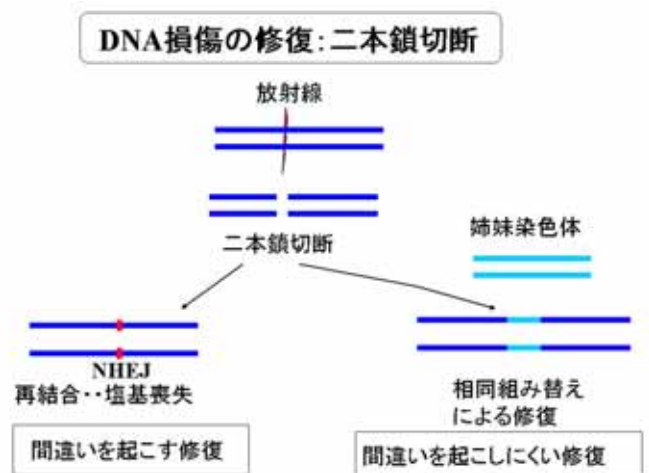
低線量の場合は、先ほどの高線量のように、ばあっといっぱい放射線が通るわけではありません。右の図のように1本通る場合は2本鎖が同時に切断されて2本鎖切断ということがあります。たまたま、通らない場合もあるし、片方しか傷付かない場合もあるわけです。そういう場合を1本鎖切断と言います。この放射線が1本通った場合と1000本通った場合とで、一つ一つの出来事の質は同じです。このところをよく理解していただくと、後からお

話しする放射線の被ばく線量と発癌のリスクの関係というのが御理解いただけたらと思います。

1本鎖切断は、先ほどDNAを複製するとき、相手方が鋳型になると言いました。一本切断は、左の図のなかの左側です。この傷の



ときもですね、放射線で傷が付いて、Cの塩基が取り除かれたとき、空いたところに何が入るかといいますと、相手方はGですから必ずGと対になるCが入るわけです。紫外線も時々DNAに傷を付けます。紫外線で傷付いた場合は、図面の右側の下から二つ目の絵のように傷の前後を長く切り出してしまいます。こんなに長い

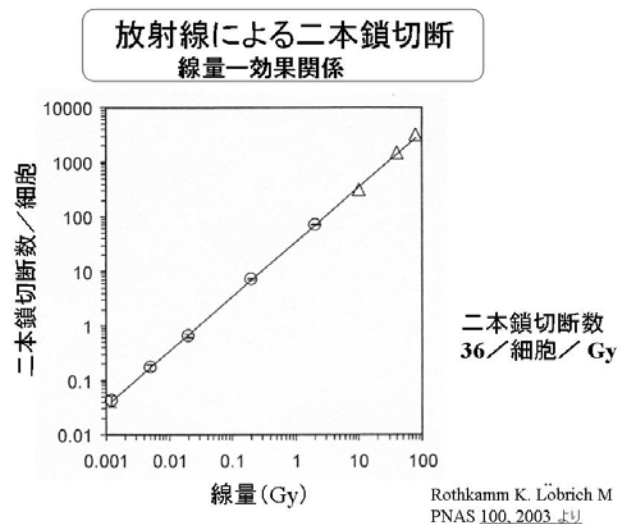


隙間が空くんですけれども、正常な人は、相手方にきちっとした鋳型がありますので、間違えることなく直すことができます。欠損した長い傷を正しく直すことができるんです。ですから、1本鎖切断の場合はほとんど発癌の心配はないと言っていいんです。

ところが、2本鎖同時に切れてしまうと、相手方に鋳型になる塩基がないわけです。DNAが切れっぱなしになっていると細胞は死んでしまいますので、細胞はこういう切断ができると急いでこれを直そうとします。直すときにその鋳型がありませんから、切れた端と端をつないでしまうわけです。そうすると、切断部分にあった塩基が欠損します。そのため、塩基配列が変わって、ここに変異が起こるわけです。

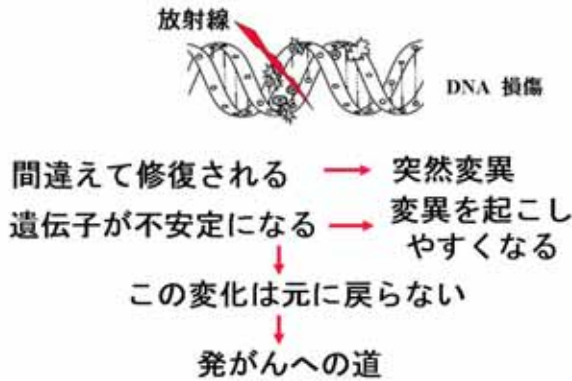
2本鎖切断のときに必ずこの間違いが起こるかということ、そうではなくて、相同組換えという複雑な組換え方式で正しく直す機構もあります。塩基配列が変わる場合と正しく直す場合とどっちが多いかということ、塩基配列が変わる場合のほうが多い。細胞の時期がどういう状態にあるかにもよりますが、2本切断はこの間違いを起こす危険性が多いのです。

それでは、その2本鎖切断が癌になるんだったら、放射線のどのぐらいの量でその2本鎖切断が起こるのかなということが問題となります。これは長い間、低線量の場合には2本鎖切断は起きないと言われていたんですが、そうではないことを2003年に発表された論文で2人の研究者が、実験して証明しました。彼らが使った一番少ない線量は1.3ミリシーベルトです。



図には Gy (グレイ) と書いてありますが、これは吸収線量で、実験で使用されたエックス線の場合はグレイ = シーベルトですから、シーベルトと考えて結構です。彼らは、1.3 ミリシーベルトで、2 本鎖切断が起こることを証明しました。それから、その線量をずっと上げていきますと、直線的にこの 2 本鎖切断の数が増えていきます。すごくきれいな実験結果です。誤差は直線上の小さな丸の中におさまっている。このように 2 本鎖切断が線量に比例して直線的に増えることが、後でお話する放射線の線量と、それから発癌の関係にしきい値がない。放射線に安全量は存在しないということの証明だと私は思います。

放射線は何故がんの原因に？

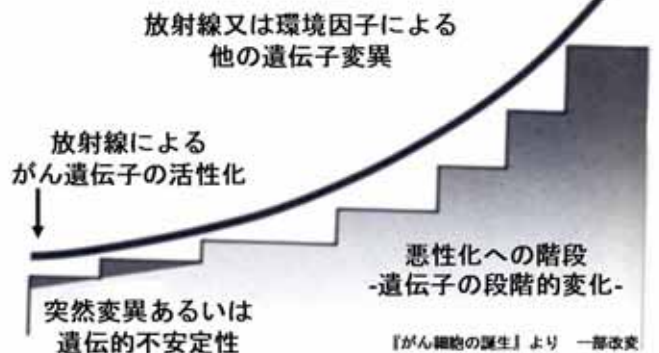


まとめると、左図のように放射線が DNA に傷を付ける。それで、突然変異を起こす。

それから、もう一つ大事なことは、一旦こういう傷を受けると、細胞の遺伝子が非常に不安定になるといことです。なぜ不安定になるのかという機構は、はっきり分かっていません。ですけれども、不安定になるということは、変異を起こしやすくなるということです。この変異を起こしやすくなるということは、遺伝的不安定性ということですが、突然変異とその遺伝的不安定性は、一旦細胞の中に起こりますと、それはもう元には戻りません。発癌の道へ行くことになるわけです。

癌ですけれども、癌は一つ

がんは多数の遺伝子の変化で起きる —がんの多段階説— 悪性化



の遺伝子の変化では起きません。たくさんの遺伝子が変わり、それが積みかさなって癌になる。これを発癌の多段階説と言っています。この説は癌の研究者には一般に認められていることで、最近の論文では、1個の癌で200個ぐらい遺伝子が変わっているという報告もあります。ですから、癌というのはいろいろな遺伝子の変化によって起こるわけです。

最初に、例えば放射線によってその変異が起きる。この突然変異と、その遺伝的不安定性があり、環境には自然放射線もありますし、いろいろな環境の発癌物質もあります。そういうものの影響を受けて、一つ一つ遺伝子が変わっていき、最終的に癌になる。こういう段階を上げるのにはかなり時間が掛かります。それで長生きすればするほど、そういうことが多くなりますから、老人に癌が多いというのはこういうことだと思います。

Q & A

司会：質問が幾つか来ておりますので、取りあえず、ここまでのお話で関係しそうな質問ということですね。まず、文部科学省などが発表している1時間当たりXミリシーベルトなどという外での放射線量の計測値が人が外に立っていたらその人が受ける被ばく量にそのまま換算できる値なのかどうか。それとも、その人の面積などで、面積というか体積というんでしょうかね、が影響する、そういうその体積などによって変わってくる可能性があるかどうかといった質問が寄せられています。

先生のお話の中で、ミリシーベルトというものの総量と、よくテレビで言っている時間当たり何ミリシーベルトというような御説明がちょっと今日、冒頭のところでなかったかなと思いますので、その辺を踏まえてお願いできますでしょうか。

講師：要は時間当たりの線量ですね。時間当たり何マイクロシーベルト、20マイクロシーベルトとか言っていますけれども。そうすると、1日いけば、その24倍、1年いけばそれに更に365を掛けるということで、全部掛けた

量が被ばく線量になります。

1 グレイというのは、1 キログラムの物体が1 ジュールのエネルギーを吸収したときに1 グレイといいます。その線量は、太った人だから、大きい人か小さい人かというのは関係なくて、目方当たりです。それから、感受性ということになりますと、また話は別で、胎児から子供、青年まで細胞分裂が非常に盛んな個体というのは、頻繁に細胞分裂しています。DNA合成の頻度が高いわけです。そういうときに、DNAに傷が付くと、細胞はその傷を見付けてDNA合成をストップさせるんです。普通は傷を治してまた次に行くという形になるんです。だけれども、余りに細胞分裂が盛んだと、そこが余りうまくいかないということがあるんだと思うんです。そのために細胞分裂の盛んな人は同じ線量でも間違いが起きやすく感受性が高いということになります。

司会：続けまして、質問がたくさんあるんで、似たような質問についてはちょっと共通ということでさせていただきますけれども、国の現在の基準では一生食べ続けても影響ないという数値で、まあ食物のことですね。定められているということなんですが、今の先生のお話では、体内に取り込まれた物質が発する放射線の影響、内部被ばくが考慮されているかどうか不明、分からないと。その点についてはどういうふうに考えればいいんでしょうかということですね。

講師：その一生食べ続けても影響ないというのは、さっき言いました、これは一番最後のほうに話そうかと思ったんですが、放射線のエネルギーというのは非常に大きいものであって、化学結合のエネルギーとはもう比較にならないほど大きい。幾ら少なくとも、DNAを傷付ける可能性はあるわけです。その確率は線量が少なければ少ないほど下がりますけれども、DNAを傷付ける機会というのはあるわけです。ですから、DNAが傷付いたときに、正しく治されればそれでいいんですけれども、治されないと変異が起こる。で、変

異が起こったときに、それが、変異は元に戻りませんから、その細胞が生きていけば、ずっと体の中に残るということで、放射線のリスクというのは蓄積していくわけです。そういう意味から言うと、自然放射線は私たちはもう避けることはできないんですけれども、それ以外の放射線はできるだけ避けたほうがいい。それは当然なんですね。

だから安全ですという安全量は存在しないですから、ここまでは大丈夫ですよというふうに言う基準というのは、社会的とか経済的な基準であって、生物学的な基準ではない。例えば1万人に1人とか10万人に1人癌になっても、それぐらいは我慢してもらって食べてもらいましょうというような感じで基準値を設けるわけです。

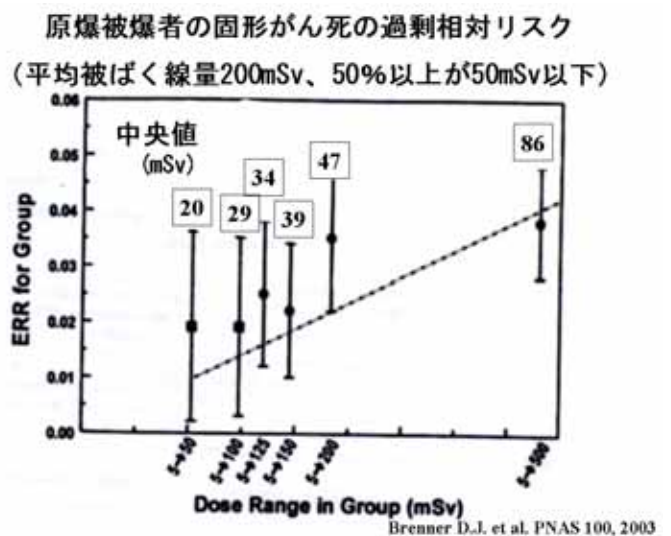
司会：もう1問だけ。放射性ヨウ素の半減期間が8日間であると言われていたんですが、これは内部被ばくとその半減期間というのはどういう関係になるんでしょうかという質問です。

講師：それは、一番最後に、原発事故とヨウ素剤ということでお話しします。

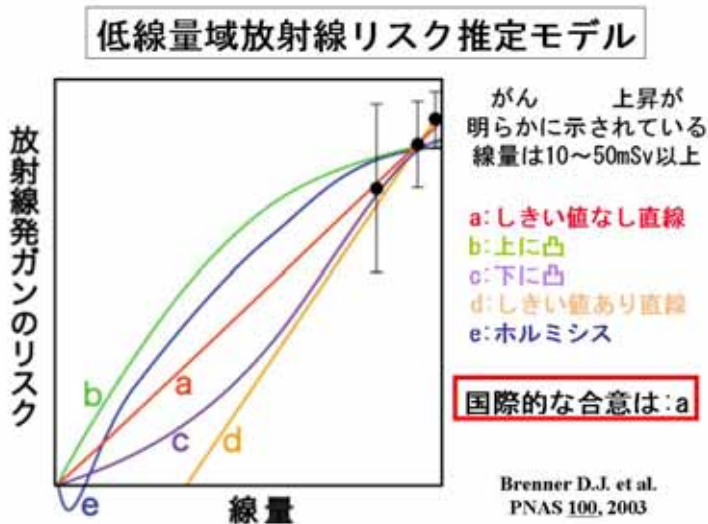
司会：そのときをお願いします。たくさん来ていて、多分全部さばききれないと思いますが、よろしくをお願いします。では、続きです。

3. 被ばく線量と発がんの関係

講師：では、被ばく線量と発癌の関係ということでお話しします。右図は、世界中で認められている結果ですけれども、広島・長崎の被ばく者を8万7000人ぐらい集めて、戦後60年以上にわたって



追跡調査をしています。その結果が今のところ世界で一番その線量と発癌の関係を見るために信頼されているデータです。そのデータで、どのぐらいの



低線量まで発癌が見られているかということを見た論文から取ってきた図です。

これは横軸が線量で縦軸がどのぐらい癌になるかということです。疫学調査で分かっている広島・長崎のデータでは、大体20から50ミリシーベルトぐらいで

すと、確かに発癌があるということが分かります。何ミリシーベルト浴びたらどのぐらいの人が癌になるか。これは疫学調査で得られた結果です。

それよりも低い場合は、母集団をすごく大きく取らないと出てこないんです。疫学調査で発がん率が上がっている最低の線量というのは明らかになっている。論文にもよりますけれども、10ミリシーベルトから50ミリシーベルトだとこの論文では言っています。それでは、疫学調査で分かった結果からゼロまでをどういうふうに線を引いていくか。どういう外挿をするかということですけれども、五つモデルがあります。

一つは、しきい値がない。これ以下だったら安全だという、そういうしきい値のない直線モデルaです。ゼロから行く直線モデル。これがしきい値なし直線モデル。それから、低線量のほうが線量当たりのリスクが大きいんだという実験結果があります。そういうものを採用すれば、上に凸の曲線bが引けるわけです。

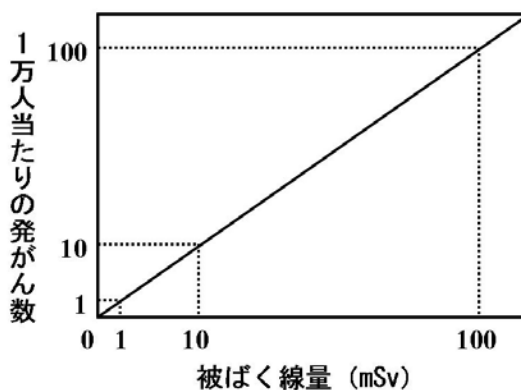
それから、もう一つは、広島・長崎の白血病のデータですが、線量が低くなると、線量当たりのリスクが少ないということで、下に凸の曲線cを引く

というモデル。それから、もう一つはd、この線量以下だったら、もうリスクはありません。今盛んにテレビで言われているこの線量以下だったら大丈夫と。そういうのをしきい値として、しきい値ありの直線モデル。

それから、もう一つはe、ホルミシスという言葉をお聞きになったことがある方もいらっしゃると思うんですが、体にとって毒性のあるものでも非常に微量だったらかえって体にいいんだという考え方です。それがホルミシスの考え方です。このホルミシスというのは、よくラドン温泉とか何とか行って健康にいいとかいう。このホルミシスは一時盛んに言われました。しかし、アメリカの科学アカデミーから低線量電離放射線の生物影響という報告書が出され、それにはもう全く根拠がないと書かれています。このごろはホルミシスも余り言われなくなりましたね。この五つの考え方ですけれども、国際的な合意はaです。しきい値なし直線モデルが国際的に合意されたモデルです。

ですから、国際的な合意が得られている外挿の線というのは、しきい値なし直線モデルです。このモデルで線量当たりどのぐらいの癌になるかというところ、1万人の人が1ミリシーベルトを同様に浴びたとすると、その中の1人が癌

線量当たりの発がんリスク



(国際放射線防護委員会)

になる。10ミリシーベルトを浴びると10人、100ミリシーベルトを浴びると100人、要するに100人に1人が癌になるというモデルですね。国際放射線防護委員会というところが、こういうモデルに従って放射線防護をやりなさいという勧告をしています。国際放射線防護委員会は、どちらかというところ、線量のリスクを低く見積もっている傾向があります。個人の研究

者で、この7.5倍ぐらいのリスクがあると言っている人もいます。

線量率：単位時間あたりの線量
高線量率：広島長崎の被爆者
低線量率：自然放射線、放射線作業従事者
放射性物質汚染地域の住民
(テチャ川流域住民)

ICRPのリスクモデルは
低線量率として1/2をかけてある
1/2の妥当性には議論がある

でも、一応、国際放射線防護委員会が出しているリスクなので、日本の政府が今、事故があって公衆の健康を考えるならば、このモデルに従って、放射線を浴びないように住民を避難させるようにしなければいけないだと思います。

それで、前もって頂いた御質問で、線量率のことですが、例えば10ミリシーベルトを一度に浴びた場合と20マイクロシーベルトずつずっと浴び続けて10ミリシーベルトになった場合と、どっちがリスクが高いのかということ。その単位時間当たりの線量を線量率と言います。広島・長崎の被ばく者は、一遍にばあんと、ガンマ線なり中性子線を浴びたわけです。全量を一瞬に浴びたわけです。そういう場合は高線量率です。

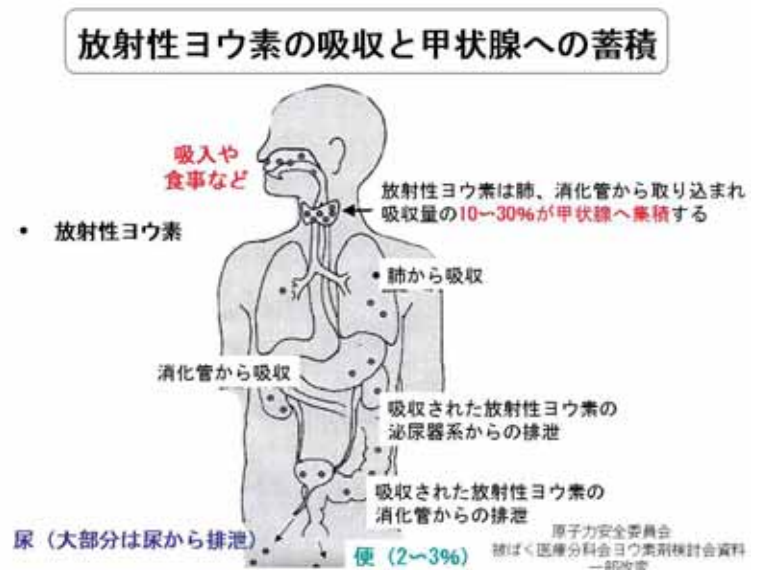
低線量率というのは、例えば私たちが、日本でしたら1年間で大体1.2ミリシーベルトぐらい自然放射線を浴びています。内部被ばくも加えてですね。そういうふうに長い時間を掛けて少しずつ浴びるのを低線量率と言います。旧ソ連がアメリカと核開発競争をやっていたときに、原爆を作るためにいろいろな放射性物質をテチャ川というところに住民に知らせないでこっそり流していた。住民はそれを知りませんから、そこにいる魚を食べたり、牛なんかはその水を飲んだり、長い間、外部被ばくと内部被ばくをずっとさせられていた。こういう場合も、やっぱり低線量率です。広島・長崎の場合は高線量率。

低線量率の場合は、一般に、高線量率よりも線量当たりのリスクが低いというふうに言われています。それで、広島から得られたリスクに、低線量率

だからということで2分の1を掛けたのがICRPのモデルなんです。しかし、2分の1を掛けるか、あるいは1なのか1.5なのかということは非常に議論があるところで、同じという人もいますし、1.5分の1だという人もいるんです。でも、一応、国際放射線防護委員会ICRPは、その2分の1というファクター、広島・長崎から得られたそのリスクに2分の1を掛けてモデルを作っています。だけれども、テチャ川の流域の人、これが随分、もう時間がたって、癌がたくさん出ています。この流域の人のデータは、広島・長崎の2倍です。それから、国際的に15万人ぐらい原発労働者を追跡調査したその調査結果も、線量当たりのリスクというのは、この広島・長崎の倍になっています。ですからICRPのモデルは過小評価の可能性もあります。

4. 原発事故とヨウ素剤

それで、今度は、その原発事故とヨウ素剤の話です。放射性ヨウ素がたくさん飛んできていますね。それは甲状腺に溜まります。どういう経路を通るかということ、その汚れた空気を吸った場合は、気管、気管支、肺、こういう呼吸器系統から血液の中に入る場合と、それから、ほうれん草とか牛乳とかが問題になっていますけれども、そういう放射性物質で汚れたものを食べることによって取り込む場合は、消化管から放射性



ヨウ素が吸収されて血液の中に行きます。血液の中に入った放射性ヨウ素は甲状腺に行きます。なぜ甲状腺に行くかといいますと、甲状腺は体の成長とか代謝に必須の甲状腺ホルモンを作っています。この甲状腺ホルモンを作るためにはヨウ素が必須なんです。ヨウ素がないと甲状腺ホルモンができない。ですから、甲状腺はヨウ素があるとそれを取り込みます。放射性であるかないかという性質は区別できません。それで取り込まれてしまうわけですが、血液の中に吸収された量の大体10から30パーセントが甲状腺に行くわけです。甲状腺で取り込まれないものは、大部分が尿から排泄され、あとは便からも排泄されます。

この甲状腺に放射性ヨウ素が取り込まれないようにするためには、安定ヨウ素というものを飲んでおけばいいわけです。それがヨウ素剤です。ヨウ素剤を飲んでおいて、血液の中の安定ヨウ素の濃度を高めておくと、放射性ヨウ素の濃度が希釈されますね。その希釈された分だけ、この甲状腺への取り込みを抑えることができるわけです。それで、ヨウ素剤をいつ飲むと効果的かといいますと、その放射性ヨウ素を取り込む24時間前から大体同時ぐらいまでにヨウ素剤を飲んでおけば、その甲状腺への放射性ヨウ素の取り込みを93パーセント抑えることができる。2時間後ですと80パーセントになってしまいますし、8時間後ですと40パーセントに落ちてしまう。24時

ヨウ素剤の効果と配布基準・場所

●ヨウ素剤はいつ飲むのが効果的？

放射性ヨウ素が取り込まれる	
24時間前から同時	93% 阻止
2時間後では	80% 阻止
8時間以降	40% 阻止
24時間後	7% 阻止

●配布基準

等価線量が100mSvになると予測されたとき
 (大気中に放射性ヨウ素が4,200ベクレル/m³
 の時24時間その空気を吸い続ければ100mSvになる)

●現在決められている配布場所
 避難所

間後ですと、もうほとんど効果がない。そこで、放射性ヨウ素を取り込まないために、安定ヨウ素剤を飲むのが大切なんですけれども、そのタイミングというのがものすごく重要です。後から飲んだんでは、7パーセ

原子力安全委員会
 被ばく医療分科会ヨウ素剤検討会

ントしか阻止しないということになってしまいうんですね。

このいつ飲ませるかということを決める基準が、空気中の放射性ヨウ素の量です。1立方メートル当たり4200ベクレルの放射性ヨウ素があると、その空気を24時間吸っていると甲状腺の被ばく線量が100ミリシーベルトになると予測される。そこで、この100ミリシーベルトになると予測されたときに配布をしなければいけないんです。まあ、それはその原子力安全委員会が決めたことです。配布する場所は、その避難所です。この100ミリシーベルトというのは、日本、フランス、イギリスが採用している線量です。WHOは10ミリシーベルト、子供が特に感受性が高いですから、子供の甲状腺の被ばくが10ミリシーベルトぐらいになると予測されたときに飲ませるのが望ましいとWHOは言っています。

先ほどありました半減期 原子力事故で放出される主な放射性物質の半減期

ですが、ヨウ素は物理学的な半減期、このヨウ素自体が放射性ですから崩壊していくわけです。その放射性ヨウ素が半分になるのが8日。で、体内の半減期が大体7.5日。ですから、ヨウ素

	物理的 半減期	体内の 半減期
ヨウ素131	8日	7.5日
セシウム137	30.2年	109日
プルトニウム239	24100年	一生
ストロンチウム90	28.9年	18年

『食卓にあがった死の灰』より作成

が入ってから1週間ぐらいで半分になるぐらいの見当です。今、放射性ヨウ素とセシウムが言われていますけれども、セシウムというのは、物理学的には自分で崩壊して半分になるのが30年かかります。体内ではある程度代謝されて大体100日ぐらいで半分になる。プルトニウムという元素がありますけれども、この元素はアルファ線を出して非常に危険な元素です。この原子が半分になるのが2万4000年ぐらいかかる。これが吸い込まれると大体肺に溜まって肺癌の原因になるんですが、これを排出するというのがなか

なか難しくてまあ一生出ない。ストロンチウムというのは骨に溜まるんですけれども、これは今のところ、建屋の中では出ているみたいですが、こちらのほうに飛んできたという報告はありませんね。これはやっぱり骨に溜まって骨癌の原因になるわけです。これが半分になるのが18年ぐらいです。

ヨウ素剤をどのぐらい飲ませるかということですが、新生児と3歳までの子供は丸薬を飲ませるのが大変難しいので、ヨウ化カリウムの水溶液を作って飲ませる。体重に応じて少なくなっています。3歳から13歳まで

ヨウ素剤の服用量

年齢	ヨウ素量	ヨウ化カリウム量	錠剤
新生児	12.5mg	16.3mg	KI水溶液
生後1ヶ月から3歳未満	25mg	32.5mg	KI水溶液
3歳から13歳未満	38mg	50mg	1
13歳から40歳未満	100mg (76mg)	130mg	2
40歳以上		投与しない	

通常は1回の服用

錠剤1錠：ヨウ素量38mg、ヨウ化カリウム量50mg

原子力安全委員会 被ばく医療分科会ヨウ素剤検討会

は38mg、13歳から40歳は100mgとなっている。3歳から13歳までは、ヨウ素剤が1錠です。13歳以上の大人、40歳未満は2錠。40歳以上の人には配布しないと決められています。なぜ配布しないかといいますと、40歳以上は余り甲状腺癌にならないという報告がなされています。国によっては45歳までは投与すると決めているところもあります。日本でも甲状腺の線量が5シーベルトに達すると予測されたときは40歳以上でも投与することになっています。

その5シーベルトといったらものすごい量なんですけれども、そういう量の放射線が甲状腺に溜まると、その放射線によってベータ線を出しますから、それによって甲状腺細胞が殺されてしまうわけです。そうすると、甲状腺機能がなくなると困るというので、それを防ぐために、大人の場合は5シーベルト以上になると予測された場合は40歳以上でも与えると決められていま

各国のヨウ素剤配布方法と備蓄

国	服用対象・指標	配布方法	備蓄
ドイツ	0-45才 50mSv	事前及び事後	5km以内 家庭に配布 5-12km 学校、病院、職場
イギリス	全年齢 100mGy	事後	
オーストラリア	0-16才 50mGy	事前又は事後	家庭、学校、幼稚園
フランス	全年齢 100mSv	事前	5km以内 家庭配布 学校 5-10km 学校、保育所等
ベルギー	0-19才 妊婦・授乳婦 50mSv 20-40才100mSv	事前	5km以内 家庭配布 10-20km 希望で家庭配布 20-30km 学校等に備蓄
アメリカ	0-18才 50mGy 18-40才 100mGy	州レベルで決定	州レベルで決定

原子力安全委員会 被ばく医療分科会ヨウ素剤検討会資料より抜粋

ーは19歳、妊婦は50ミリシーベルト、20歳以上は100と決まっています。

特徴的なのはフランスです。フランスは5キロ以内の圏内にいる家庭には、全部、家庭配布をしているんです。事故がなくても家庭に配布して、いざというときに自分で飲める。5キロ圏内は学校にも配布しています。5キロから10キロ圏内は、学校、保育所に配布していて、希望すれば自分で薬局からもらえることになっています。

ヨウ素剤の副作用

- ヨウ素剤の副作用はきわめて希
 - 1日300mgを服用したとき皮膚掻痒、紅斑等軽い症状を含め発生率は百万から千万人に一人死亡は10億人に一人
 - ポーランドでは小児1,050万人に与えて副作用の報告なし
- ヨウ素剤を飲むのに注意が必要な人（専門医に日常相談しておく）
 - 甲状腺機能異常症
 - ヨウ素を含む造影剤過敏症
 - 低補体性血管炎
 - ジューリング疱疹状皮膚炎（自己免疫疾患）
- ヨウ素剤の副作用（長期連用の場合）
 - 甲状腺機能亢進症あるいは甲状腺機能低下症
 - その場合服用をやめれば元に戻る

す。何シーベルト以上になったら与えるかというのは、国によって随分違うわけです。フランスは日本と同じです。それから、イギリスも全年齢100ミリシーベルト。アメリカは州によってかなり違う。ドイツは50ミリシーベルト。ベルギー

日本は、こういう家庭配布は全然やっていないんです。避難所で与えるということになっています。

そのヨウ素剤の副作用についてです。ヨウ素剤には副作用があるから副作用のリスクと、それからヨウ素剤を飲んで癌を逃れるというメリットと天秤に掛けて、それでメリットの多いと

きに与えるべきだというようなことを言っている先生方もたくさんいらっしゃるんですが、ヨウ素剤ぐらい副作用のない薬はないんです。私は余り知らなかったんですが、なぜこういう情報を得たかといいますと、原子力安全委員会、のヨウ素剤検討委員会が6年くらい前にありました。そのときにずっと傍聴していて、委員の先生方がどういう発言をされたかということ覚えています。その検討会には、甲状腺疾患の専門医がたくさんいらしていました。その先生方の御意見ですと、自分がヨウ素剤を患者さんに処方するとき、「副作用を心配して注意を与えたことはない」という発言をしていらっしゃいました。本当に、まあヨウ素というのは甲状腺ホルモンに必須のものですから、これにアレルギーがあったりしたらすごく大変なわけです。ヨウ素にアレルギーというのは、大体がヨウ素が入っているもの例えば造影剤とかそういうものに、ヨウ素以外のものが入っていて、それに対してアレルギーなのではないかとその検討会でも言われていました。

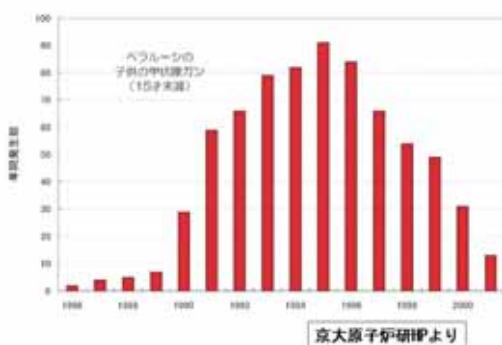
現にチェルノブイリ原子力発電所に事故があったときに、ベラルーシは全然ヨウ素剤を配布しなかった。あそこはすごく子供にも甲状腺癌がたくさん

放射性ヨウ素の被ばくによる 甲状腺がん発症予測

1シーベルト当たり:1万人に7.5人
子供のリスクはこれの倍
甲状腺がんの致死率は1/10

ICRP Pub. 60 (1991)による

汚染地域における甲状腺がんの年次発生



汚染地域における甲状腺がんの年次発生



出ました。ポーランドではすぐ配布しました。1050万人に配布して副作用の報告はありません。ですから、ヨウ素剤というものの副作用というのはほとんど考えなくてもいいんです。

ただ、甲状腺機能の正常ではない方とかは悪化する可能性もあるかもしれない。でも、そません。そのような場合も、ヨウ素剤をやめれば元に戻ります。ただし、幼児や子供が連用すると甲状腺機能低下をおこす可能性がありますから、連用は避けて3日から4日の間隔を開けた方が良いでしょう。例えば、風邪薬とかワクチンとか1000万人に与えて全然副作用がなかったというようなものは余りないです。そういうものに対して副作用を言っていらっしゃるといのはすごく、まあ政治的な意味があるんじゃないかなという感じはありますね。

Q & A

司会：では、ここで一旦切って、質問をと思います。ただ、大体お答えいただいているのではないかと思います。今回の事故の副次的影響で、低線量によって発生リスクが高まる癌の種類は何か特別なものがあるのでしょうか、それとも、ある特定の種類の癌が特に発生するのでしょうか、という質問です。

講師：それは放射性ヨウ素の場合は甲状腺癌ですね。まだ見付かっていないから、心配する必要は今のところないと思うんですけども、ストロンチウムが出てくると骨癌。それからプルトニウムは、まあ、こんなところまでは飛んでこないと思うんですが、プルトニウムですと肺癌になるということはありません。

司会：もう1点だけ、関連しますが、ヨウ素剤を飲むと、そのヨウ素が甲状腺に溜まる、癌はまあ抑えられるかもしれない。ただ、それ以外の放射性物質はたくさんありますね。特に今セシウムが見付かっていますが、こういうものを予防するような手だてはあるのでしょうか。

講師：放射性物質で唯一防げるのはヨウ素だけです。ヨウ素剤を幾ら飲んでも、セ

シウムとかストロンチウムとか，ほかの放射性物質に対しては全く効きません。ヨウ素剤だけなんです。ですから，これを適当な時期に配布して甲状腺癌を防ぐということは，もう本当に唯一できることです。それから，まあ，その放射性物質があるところから逃げる，これしかありません。

司会：ちょっと前のお話に戻るんですが，2本鎖切断というのが1.3ミリシーベルトだということなんですけれども，これは蓄積された線量なのか，それとも1時間当たりの線量でそうなるのかという質問です。

講師：いや，それは1.3ミリシーベルトが通ったときに，そのときに切れる量です。蓄積ではありません。

司会：総量で1.3ミリシーベルトが通ると切れるということによろしいんでしょうか。

講師：ええ。その実験はエックス線を使っています。細胞を培養しておいて，そこにエックス線をぱっと掛けるわけです。そのときに1.3ミリシーベルトですと，大体24個に1個ぐらいの細胞に1個2本鎖切断が起こるということです。

司会：何か微妙に被る質問が多いんですが，CT検査で10ミリシーベルトという場合には，特定の部位に対して被ばくということと思われるんですが，空气中で10ミリシーベルトとされている場合と，その両者の危険度の違いというのはあるんでしょうか。

講師：10ミリシーベルトを浴びるということはですね，CT検査の場合は身体の一部，胸のCT検査ですね。その部分のリスクがあるわけで，今，外側，環境が汚れて全身に浴びるという場合は，全身にその10ミリシーベルトなら10ミリシーベルトをあびるということです。

司会：同じということですか。

講師：それはですね，実効線量というのがあって，計算がちょっと違うんです。全身一遍に浴びる場合と，その部分的に浴びる場合とはちょっと違います。

司会：これで最後にしますが，内部被ばくに関して，食品や水などで言われている単位のベクレルをシーベルトに換算する式があったと思います。内部に放射性物質を取り込んだ場合，物質が体内にとどまる限りずっと放射線を出し続けるということですが，長期換算式で算出した被ばく量は，食物などにより体内に入った放射性物質が放出し続けるすべての放射量をカバーする値となるのでしょうか。

講師：ええ，それはそうだと思います。

ベクレルからシーベルトへの換算方法

$$\text{食品汚染濃度 (ベクレル/kg)} \times \text{食品摂取量 (kg)} \rightarrow \text{体内取り込み量}$$

$$\text{体内取り込み量} \times 0.01 \times \text{線質係数} = \text{被ばく線量 (マイクロシーベルト)}$$

線質係数 ヨウ素131:1.4

セシウム137:1.4

セシウム134:2.0

『食卓にあがった死の灰』より作成

右図はその式ですけれども，食品汚染，キログラム当たり何ベクレルというふうに出ていますね。それにその摂取した量を掛けると体内の取込み量になります。その取込み量に0.01を掛けて，線質係数というものを

掛けます。この線質係数というのは放射性物質によって違います。ヨウ素131の場合は1.4，セシウム137の場合は1.4，それからセシウム134の場合は2.0。ヨウ素の場合，131でも気道から入った場合と食事から入った場合で，この線質係数が変わります。代謝，その元素の半減期，体の中でどういう挙動をするかということを考えてきめたのがこの線質係数です。その線質係数を掛けたものが被ばく線量，マイクロシーベルトということになります。

司会：ちょっと多いので，今のうち紹介しておきたいんですが，環境中の放射線の数値が原発事故前のレベルになかなか下がりません。これは既に土地が汚染されているということなんではないでしょうか。放射性ヨウ素，セシウムなどが浄水場で検出されてから活性炭を投入しているということですが，数値は下がっているのですが，活性炭が放射性物質を吸着するものではないでしょうか。

講師：これは、テレビを見た知識ですけれども、活性炭は余り効果がないということです。よく実験に使う逆浸透膜というものがあります。水道水をそのまま実験に使えませんから、イオンや何かを除去するために逆浸透膜というのを使います。それから海水を真水に変えるときにも使います。そういうものを通せばヨウ素も取り除かれる。ですけれども、これを家庭で使うということとはとても無理です。ものすごく圧を掛けなければ出ませんし、ポンプが大変です。ですから実用的ではない。

司会：最後に、海などに放射性物質が随分高い値が出ているということですが、今後近海で採取された海産物について摂取しても問題ないだろうかという質問です。期間や年齢など様々な要素もあって簡単に説明できないと思いますけれども、もし大まかな説明ができればお願いしたい。

講師：それは汚染の程度によると思います。ほうれん草とか牛乳とかの規定値以上ですと、もう食べさせない。それから飯舘村でしたか、もう収穫もやめさせたというニュースが入っていましたね。もうすごく土地が汚染されていると思うんです。放射性ヨウ素の場合でしたら8日たてば半分になるし、16日たてば4分の1になって、どんどん減っていくと思います。セシウムで土地が汚染された場合、チェルノブイリの原発事故で広範にまかれたのがセシウムで、今も問題になっています。ウクライナの穀倉地帯はそういうセシウムで汚染されて、もう農業ができなくなっています。ですから、そういう程度に、もしセシウムで日本の土地が汚染されるようになったら農業ができなくなるという、そういうこともあると思う。今は非常に高いレベルの放射性物質が海に垂れ流されている。海水の放射性ヨウ素とかセシウムの濃度がどんどん高くなっていますね。今のところお魚が汚染されたという報告はないんですけれども、将来的には、もちろんそこで生きているものですから、全然汚染がないということはないと思います。それは、いつそういうのが出てくるのか、どの程度その魚が汚染されるかというのは、やっぱり海水がどの程

度汚染されるかによると思うんです。

SPEEDI (緊急時迅速放射能影響予測) 結果 (12日間の蓄積)



左図は、もう皆さん御存じだと思うんですけども、SPEEDIという原子力安全委員会が管理しているシステムがあります。これは風向きとか、ここから放出される放射性物質の量がどの程度、どのぐ

らい早く広がるかということシミュレートすることができます。こういうことができるシステムを原子力安全委員会は持っていて、年間7億円ぐらいずっと使っているんです。これが公表されたのは、福島さんでしたか、国会で質問された後なんです。こういうのは、最初に言いました放射性ヨウ素が甲状腺に取り込まれるのを防ぐためのヨウ素剤をいつ配布するかということに対して非常にクリティカルな問題です。これによると、30キロ圏内以外でも、100ミリシーベルトに達しているんですよ。これは12日間の総計、蓄積です。ここにいた人たちが、SPEEDIの結果が公表されていませんでしたから、もしこのSPEEDIの計算というかシミュレーションで、こういうところが汚染されるということが分かったら、その前にヨウ素剤を飲ませておくべきだったんです。だけれども、これが発表されたのが、もうこれは汚染された後ですから、ヨウ素剤を備蓄していたとしても、もうそれは何もなかったということです。本当に何ていうか、国民の健康というものをちゃんと考えたら、こういう情報をいち早く知らせて避難させるなり何なり、手を打ってもらいたいと本当に思います。

司会：確認ですけども、これは、緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステ

ムでSPEEDIなのですが、まさにその緊急事態が発生したときにある気象条件とか降雨、雨とか、それから放出されている放射性物質の種類とか放出量などがある程度決めて、その上でどの範囲まで広がるだろうかという予測ということですね。今現時点で、こういうふうに汚染されているというそういう結果を示すものではない。

講師：そうです。本当は、シミュレートして予防するためにやるもの。それが全く機能しなかった。そのために、どのぐらいの人が癌になるかということなんですけれども。癌になる確率ですね。これはIC

放射性ヨウ素の被ばくによる 甲状腺がん発症予測

1シーベルト当たり:1万人に7.5人
子供のリスクはこれの倍
甲状腺がんの致死率は1/10

ICRP Pub. 60 (1991)による

RPの勧告ですと、1シーベルト当たり、1万人の人がそれを浴びると7.5人が甲状腺癌になる。この場合、子供の場合はこれの倍から2倍ぐらい。甲状腺癌の致死率はその10分の1であるにしろですよ。ヨウ素剤を与えておけば防げたものをみすみすこういう人たちが癌になってしまう可能性があるということは非常に残念なことだと思います。これで終わります。

司会：質問がまだありまして、ちょっとお待ちください。残された質問は、今日の講演の中身を若干というか大分超えたものもありまして、恐らくちょっとお答えが難しいものもあると思うんですが、一応、時間はもう少しありますのでお付き合いいただければと思います。

まずですね、他の発癌要因との比較で、今回のその放射性物質の総体的な危険度を測れるかどうかということ、例えば喫煙ですとか、ものすごい日

焼けをするとか飲酒，あるいは食品添加物など，こういったものとの相対的な比較，危険度の比較ができるかどうかという質問が来ております。

講師：そうですね・・・例えば癌の原因というのは，肺癌でしたら，まあ，たばこというのがありますけれども，直接比較というのはいけませんね。それで，比較することにどういう意味があるかということですよ。例えば喫煙なんかは自分で決められるわけです。たばこをやめようと思えばやめられる。お酒だって，まあ，飲むのをやめようと思えばやめられる。しかし、幾らリスクがあっても好きな人は飲む。余りリスクはなくても自分は嫌だという人はやめられる。そういうものと，こういう強制的に誰かれを選ばず，もう赤ん坊から年寄りまで一様に強制的に被ばくさせられるというものと比較はできないんじゃないかなという気がするんです。

司会：次の質問ですが，福島原発の現状を踏まえて，自己防衛策としてはどのようなことがあるのでしょうか。よく，昆布とかワカメなどが一時期言われました。政府見解では1歳未満の乳児のみに水の制限がありますが，2歳児や3歳児やそれ以上の幼児，大人はどのように考えたらいいのでしょうか。これは二つ質問ですね。

講師：これから事故がどういうふうに進展するか，ひとえにそれ一つだと思いません。何か非常に大変な事態になって大量の放射性物質がばらまかれるような事態になれば，それはもう逃げる以外にないわけです。逃げる以外にない。今の状態でずっと落ち着けば，例えば昆布を食べておくというようなこと，それから余り外に出ない。子供がいるばあいはすごく困るんですけれども，子供は外で遊ばせたいが，どうしたらいいでしょうという相談が結構いろんなところから寄せられるんです。けれども，これといって名案はないと思うんですよ。外と家の中とどのぐらい放射線量が違うかということで，原子力資料情報室は毎日測定しています。家の中は道路のところよりは大体半分ぐらいです。公園の土なんかは，雨が降った後でしたけれども，その道路の倍

ぐらい。倍といっても、家の中は0.09マイクロシーベルトぐらいです。ですから、わずかではありますけれども、家の中のほうが少し少ない。それと、子供が外で遊ぶメリットですね。そういうのをどういうふうに考えるかというのは、やっぱり人によると思うんです。正解はないと思います。

ヨウ素だけに関しては、昆布なんかを、海藻類を食べておくというのは血中のヨウ素量というのを上げますから、日本人だと大体平均して5ミリグラムぐらいは海藻から毎日摂っているようです。欧米人はその5分の1ぐらいだそうです。

司会：お水の話が少し出てきましたけれども、1歳未満の乳児に水の制限が二、三日前にありました。

講師：それは、ペットボトルの汚れていない水を飲ませるのに越したことはないと思いますけれども、それを永遠に続けるというわけにもいかないと思うんです。今、そのペットボトルを行政から配布しています。いつまで続くんですかということなんです。そうすると、それができなくなると規制値を上げるということになります。これ、もう言っていますね。規制値を上げる。だから、それ以外に手はないんです。

日本で、今、野菜は300ベクレルで規制していますけれども、これで、もう本当にいろんなところが汚れてきて、これではもうやっていけないということになったら、政治判断で上がってくると思いますね。それはもう確実だと思いますよ。

司会：質問しているほうがこれに答えちゃまずいという面もあるんですが、今の点は、水の点は、利根川の水系と多摩川の水系と、それから東京都はたくさん井戸も持っているわけです。その辺りの有効活用をしたらいいのではないかなというふうに思っておるんですけれども。例えば乳児を抱えていらっしゃる方がどこへ行けば安全な水が定期的に手に入るかというようなことをやったらどうかと思っはいるんですけれども。

講師：いや、それは今の汚染状況においてですよ。その汚染状況がずっと続くと
は限らない。ほかのところがまた汚染されるかもわからないわけですよ。

司会：はい。これも今の話と絡むんですが、大変難しい質問ですけれども、避難区
域が今は20キロまでとされていて、それから20キロから30キロはいろ
んな言われ方をしているという状況にあります。これをどのくらいの広さま
で何を基準に設定するのがいいのか。どういうふうに考えるべきなんでしょう
かという質問ですね。

講師：ですから、もう自然放射線以外は絶対に被ばくさせないということになれば、
逃げる以外にないですね。米軍はもう直ちに80キロに決めましたね。やっ
ぱり自国民を被ばくさせたくないというアメリカの意思でそうしたんでしょ
うし、フランスなんかはすぐ飛行機を出して、フランス人は全部帰らせまし
た。そういうことを考えると、逃げるのが一番安全なんですけれども、逃
げるに逃げられない場合はどうするかということですね。それって科学の問
題じゃない。科学というのはやっぱり、これをどうしてどうしてって、こう
いうふうになるんですけど、どこで線を引いて。例えば1万人に1人癌にな
るんだったら、それは我慢しろというのは、科学のレベルじゃなくて政治の
レベルじゃないですか。

司会：よく分かりました。はい。これは今日の話に出てきていません。崎山先生が
考える今判明している事実を前提とした今後の最悪なシナリオというものは
どういうものか。これは原子力の炉の話だと思いますんで。

講師：そうですね。

司会：それから、原発が爆発して東京に被害が及ぶ可能性がどのくらいあるかとい
う、こういうストレートな質問も来ているんですが、どのくらいの線量にな
ったら東京からも待避すべきかというようなストレートな質問が来ていま
す。これは答えにくければ、それはそれで。

講師：いや、私は分からないですね。原子炉のことは、原子力資料情報室のユース

トリームで、ほとんど毎日、原子炉の設計をなさった後藤さんとか、それから田中さんという方がいろいろ今の状況に応じてどういうふうに考えるべきかということをお話されています。ですから、それはそういう専門家にお任せして、私はどうということとは全然分かりません。

ただ、あの炉の中にはものすごい量の放射能があるということです。だから、それがもし環境にばらまかれたら、これはものすごい大変なことになる。原爆に使ったウランというのは800グラムなんです。それに対し、一つの原子炉の中には大体94トンぐらいですね。原子炉の1号、2号、3号、4号。1号機はちょっと少ないですね。2号、3号、4号はそういうトンの単位です。ですから、それが全部環境に出るということはまずないだろうとは思いますが、必死になって、今、それが起こらないようにしているとは思いますが、もしそれに失敗したら、それはもう大変なことになるという可能性は十分ある。

司会：最後です。今日の総まとめみたいな質問なんですけれども、発癌性のリスクについてしきい値がないということをお話しいただいて、私たちは安全というものについてどういうふうに考えたらいいのでしょうか。自然放射線による被ばく量は安全性について考える上でどういう意味を持つのでしょうかという質問です。

講師：自然放射線は誰もこれを防ぐことはできませんし、宇宙線もありますし、食べ物の中にはカリウムがありますし、放射性のカリウムがあります。この自然放射線が全く癌の原因にならないという保証もないわけです。だから、発癌のメカニズムをその2本鎖切断ということで考えていきますと、その自然放射線も2本鎖切断を起こしますから、程度にはよりますけれども、線量、それなりに原因になっている可能性はあると思うんです。

ですから、自然放射線が安全ということではないけれど、それはもう避けることのできないものとしてある以上、仕方がないわけです。それ以上のもの

のをなるべく浴びないようにするという事なんじゃないかと思います。

司会：もう1問だけ、すみません。同じことの繰り返しになってしまいますが、ちょっとストレートに聞かれている方がおりますので。まず、妊娠されている女性は東京を離れたほうがいいですか。今すぐにででしょうか。もし、そうでなければ何がメルクマールになるでしょうか。これから妊娠を考える女性、あるいは子供を持つことを考えている男性はどうでしょうかと、こういう質問です。切実な質問かと思います。

講師：やっぱり難しいですね。今このままの状態ですっと続けば、今の東京の汚染だったら、その耐えられないことはないかもしれないんですが、これからどうなるかが分からないので、そういうことは私は全く分からないですね。どうしても安全を考えたら、やっぱり日本を離れるというのは最善の策です。それはしょうがない。こんな事態になったということが・・・そういうことでしょう。

司会：落とした質問があるかもしれませんが、申し訳ありません。今日は、生物学的な基礎の基礎から放射線の危険性について非常に分かりやすい御講演を頂いたのではないかと思います。崎山先生、どうもありがとうございました。
(拍手)

以上、ありがとうございました。