

3 講演「放射線を正しく理解しよう」

(講師：都立墨東病院心療放射線科部長小山和行先生)

皆さんおはようございます。私は都立墨東病院で治療と核医学をやっています。

皆さんはいろいろな形で今回の放射線に関するデータをご覧になっていると思いますが、決まっている範囲と決まっていない範囲、要するにわからない範囲があるので、それを踏まえて放射線のことを考えていかなければならないということです。私は大学にも約 20 年いましたが、臨床医ですので実際に放射線を使う立場から放射線の被曝から如何に自分達を守るかということがあります。これは申し訳ありませんが、患者さんではなく自分達を守るかというスタンスで考えてきており、看護師向けになど病院でも講義をしてきました。そういったことを踏まえて、今回のいろいろなデータと合わせて皆さんと一緒に考えてみたいと思いますので、よろしくお付き合いいただきたいと思います。

さて、今回のお話をするにあたって、何を最初にお話したら良いかと考えてみましたが、皆さんいろいろな疑問をお持ちだと思いますし、問題もあると思います。では、実際の診療や今回の福島の第一原発事故が起きて以降の院内対策をどのように考えているのかという辺りからお話したいと思います。

まず、今回の最大の問題である福島原発での事故については起きてしまったことは仕方ないので、どう考えるかということです。新聞報道などで皆さん写真や記事をご覧になったと思いますが、風向きによって被害が浪江町や飯館村の方まで広がっています。風向きや天候状態によっては、東日本だけではなくて西日本の方にも広がっているということもあります。これはチェルノブイリのほか原子力爆弾の開発過程でも同じですが、大気圏に残ったものが回りまわってばら撒かれ、それも加算されるということがわかっています。一過性の事象だけではなく、簡単に言うといろいろな所に飛び火をしているということになります。原子力発電所などでは、元はプルトニウムあるいはウラン 235・ウラン 238 を使っているわけですが、実際に事故が起きた場合には、それに関連する物質としていろいろな核種が放出されます。実は放射性核種というのは一つ大元が飛び出すと、そこから分裂して次々といろいろな核種が派生してきます。そういう物まで含めると相当な数になってしまいます。そのことが、より複雑化をきたしているのです。それから、出てくる核種によってはα線、β線、γ線など、ウラン係ですと中性子線もありますが、α線と中性子線はなかなか測定できないことがあります。次に半減期についてですが、実はこれもいろいろです。例えばコバルト 56 は約 77 日ですが、短いものではヨウ素 132 は 2.3 時間、半減期の長いものではセシウム 134 は 2 年です。それから今問題になっているセシウム 137 は 30 年です。半減期というのは、例えば一定の水がその半分になるまでの期間と考えていただければ良いと思います。これがセシウム 137 の場合は 30 年経たないと半分まで減らないということになります。これは、あくまでも物理学的半減期であり、単体で空気中あるいは自然界にあった時の減り方です。これが体の中に入ってきた時には、今度は代謝という問題があるので生物学的半減期というまた別の概念で考えることになります。

では、ごく一部ですが今回の事故で実際に出てきたものを考えてみましょう。原子炉のところではプルトニウム・ウラン 235・ウラン 238 があります。ご存知の方も多いかと思いますがウラン 235 の半減期は 7 億年です。ウラン 238 については 45 億年です。とんでもない

年数ですね。今燃料として一番使われているプルトニウムは 2.4 万年です。セシウム 137 は 30 年で出てくるのはβ線とγ線、セシウム 134 は 2 年、ヨウ素 131 は 8 日、それからヨウ素 132 とヨウ素 134 もあります。それからコバルト 60 は 5 年です。失礼ですが、少し年代の古い方はがん治療でコバルトを使って真赤に焼けたという話を聞いたことがあるかと思いますが、昔は放射線治療で使っていました。余分な話になりますが、ガンマナイフという特殊な機械は今もコバルト 60 を使っています。概ね 214 個ヘルメット型に配置をして、焦点を合わせて脳転移のところに放射線をかけるということで使っています。その他のものとしてコバルト 58 やコバルト 56 も出ている。それから骨に蓄積すると言われるストロンチウム 90、それからストロンチウム 90 がイトリウム 90 に変わります。それからストロンチウム 89 など、いろいろなものが出てきます。そして様々な半減期があるということです。

また、出てくる物質によって透過する力が異なっており、非常にエネルギーの高いものから低いものまでであるということです。β線は体の中に入って簡単に言うと悪戯をする訳ですが、γ線は体の外から突き抜け、体の中に入ったら体の外に突き抜けます。コバルト 60 がどのくらいのエネルギーを持つかということ約 1 メガエレクトロンボルトになります。ヨウ素 131 のγ線は 364 キロボルトです。こういう話をされてもわからないと思うかもしれませんが、皆さんが健康診断などで胃の透視をしたりする時の X 線のエネルギーは概ね 80~90 キロボルトです。ということで、こういう物質のエネルギー、γ線が如何に高いかということがおわかりいただけるとと思います。それから、病院に行ったら CT を撮るのが当たり前という時代になっていますが、CT で大人が使う電圧は 120 キロボルトです。それを考えると、ヨウ素 131 はその 3 倍のエネルギーを持っているということになります。もちろん低いものもあるが、こういう放射線、同位元素が原子炉関係で出てくるものは、かなり高いエネルギーを持っているというようにご理解ください。

さて、では実際に体の中に放射線はどういう形であるかということをご理解いただきたいと思えます。これは自然界で、私達が普通の状態で特別なものを食べなくてもどのような形で体内に放射能、放射線があるかということです。体の中に一番多いのがカリウムです。高血圧になるとナトリウムが蓄積してどんどん悪くなるという話はよくあると思えます。そのナトリウムを排泄させて高血圧を治すためにカリウムを摂ることもあります。人の体内の主な放射性物質として、体重 60 キログラムの日本人の場合で、カリウム 40 は 4,000 ベクレルです。カリウム 40 の半減期はなんと 13 億年です。何とも言いようがないというのが正直なところだと思います。それから炭素 14 が 2,500 ベクレル、それからルビジウム 87 が 500 ベクレル、それから鉛 210・ポロニウム 210 が 20 ベクレルということです。今回の事故で問題になるのは、分裂の過程でカリウム 40 と炭素 14 の 2 種類が出てくるということがわかっています。

では、実際に私達の普通の生活で、今回いろいろと問題となっている汚染された食物を摂るのではなく、まったく汚染と関係ないという段階の食物の中に放射線量がどのくらい含まれているかということです。食物 1 キログラムに含まれる量は、米 30 ベクレル、食パン 30 ベクレル、魚 100 ベクレル、牛肉 100 ベクレル、ほうれん草 100 ベクレル、干し椎茸 700 ベクレル、粉ミルク 200 ベクレル、牛乳 50 ベクレルです。ですから普通の状態で粉ミルクを使っても 1 キログラムあたり 200 ベクレルは既に入っているということになります。実際に私達は自然界の放射線と日常生活で放射線とどう付き合っているかということを見てみた

と思います。体の中に入って影響を及ぼす内部被曝では、空気中のラドンなどの吸入が 1.3 ミリシーベルト、食事など摂食から 0.35 ミリシーベルト、次に体の外から浴びる外部被曝では、大地から 0.4 ミリシーベルト、宇宙線から 0.35 ミリシーベルトとなります。あわせると、日本人の場合は年間約 2.4 ミリシーベルト自然界からの放射線を浴びているということになります。実は、こういうデータをいろいろ調べてみると、少しずつ数値が違っているのですが、日本人の 2.4 ミリシーベルトという年間合計の数値については、どういうわけかほとんど一緒です。そういう点も見ていただければと思います。

他に、そういった自然界の放射線量の他に、遺伝性、遺伝学的なところを判断するときに、もうひとつ余分な被曝と言ってもいいかもしれませんが医療被曝というのがあります。日本人は検査好きとも言われますが、医療被曝で平均年間約 2.25 ミリシーベルトあります。ですので、平均として全体では自然界の放射線 2.4 と医療放射線 2.25 を足した値になってしまうということを考えていただけたらと思います。

また、皆さんの中には温泉好きな方もいると思います。日本では鳥取県の「三朝温泉」の放射線量が一番多いと理解していたのですが、実は三朝温泉は温泉で、その他のラドン・ラジウム温泉は冷鉱泉であるということを今回初めて知りました。湧水の温度が 25 度以上を温泉、25 度未満を冷鉱泉とする分類があるそうです。冷鉱泉の場合、湧水を沸かして使用し「温泉」と標榜しているということです。岐阜県中津川市のラジウム鉱泉「ローソク温泉」では 2.8 ミリシーベルトあるということです。このように日常生活の中ではいろいろな形で、それ相応の放射線が私達の体に入ってきているということをご理解いただきたいと思います。

医療機関としてあえて言わせてもらおうと、CT検査を1回受けると平均で体は 6.9 ミリシーベルト浴びているということになります。また、緊急を含めた状況で放射線従事者の作業限界は 100 ミリシーベルトだったのですが、今回の福島原発事故を受けて 250 ミリシーベルトまで引き上げられました。緊急または緊急に準じた状況で作業する人は従来 100 ミリシーベルトであった限度が 250 ミリシーベルトまで浴びてもいいよということに変わってしまいました。それから自然界の放射線では、先ほどラドン・ラジウム温泉は多いという話をしました。ブラジルのガラパリという所は鉱石とか自然界の物質が多いらしいのですが、ここでは年間概ね 10 ミリシーベルト浴びているようです。また中国やインドにも年間概ね 5~8 ミリシーベルト浴びている場所があるということです。

では、実際の放射線とはどういうものかという話をしていきたいと思います。体の中に入ってくるものとして α 線、 β 線、 γ 線、 x 線、中性子線があります。 x 線はちょっと質が違いますが、 α 線はヘリウムの原子核、 β 線は電子の流れ、 γ 線は電磁波といわれています。では、わかりやすく簡単に言うと、 α 線は人の皮膚で、概ね 0.05 ミリメートルの深さで止まってしまいます。皮膚の角質が 0.07 ミリメートルといわれていますから、 α 線が外から入った場合には角質層の中で止まってしまうので、体の外から α 線を浴びた場合は何の影響も出ないと考えてください。ただし吸入して大量に肺に入ると悪さをします。次に、 β 線は電子の流れで、紙は通過しますがアルミニウムなどちょっと厚めの金属で止まってしまいます。実は β 線は放射線治療ではよく使います。私の場合は放射線治療として使うエネルギーは概ね 6~15 ミリオンエレクトロンボルトです。実際の治療を 6 ミリオンエレクトロンボルトで行うときに放射線が有効な範囲 80%で計算するには、その数値を 3 で割れば良いのです。6 ミリオンエレクトロンボルト \div 3 で 2 センチメートルしか有効な範囲がないということにな

ります。ヨウ素は約 600 キロエレクトロンボルトですから、3 で割ると 0.2 ミリメートルまでしかβ線というのは入ってこないことになります。ですので、自然界にある放射性同位元素のβ線というのは外にある分にはそんなに悪さはしません。ただし、今回も水の中などで作業した方が長靴の中に水が入って足を被曝したという話がありましたが、直接皮膚に長時間あつた時は多少問題が起こるということになります。実際調べたら放射線皮膚炎は起きてなかったということですが、あれが何日もそのまま続いていけば起きてしまいます。それから、γ線はエネルギーが非常に高く、通過性が高いので、基本的にはγ線とx線は同じように通過していきます。これを止めるためには、鉛や厚い鉄の板が必要になります。医療の現場で使う透視とかではエネルギーが低いのでそんなに厚いものはいりません。医療の現場で例えば透視するときプロテクターというものをつけて検査をするのはご存知だと思いますが、あれは鉛が 0.24~0.36 ミリ等量ということで厚みにして 0.36 ミリメートルの鉛があれば普通の医療の現場の放射線はほとんど止まってしまいます。ところが放射線治療で使うのは概ね 6 メガボルトとか 10 メガボルトですので、その放射線治療で使うx線を止めるためには鉛の厚さが最低で 7 センチメートル必要です。これを限りなくゼロにするには 20~30 センチメートル必要です。こういう話を福島原発の事故後に病院内で話したときに、鉛でのブロックはどうかという話があったのですが、もしセシウムを全部ブロックしようと思ったら 30 センチメートルの鉛を体の前に置いて動くことになります。到底できない話です。あとは、実際に核燃料で核爆発を連続して起こすときには必ず中性子線が出てくるわけですが、これを止めるためには水やコンクリートが必要です。コンクリートは相当の厚みがないと止まらないのと、水は重量の重い特殊な水を使うということです。では、それらの体への影響はどうかということでは、身体の外側にある分にはα線とβ線は影響が少ない、γ線とx線は透過して身体のなかを貫いていくので影響は大きいということになります。ただ、体の中に入った場合の体内で臓器を障害する程度ではα線は大きく、β線はやや大きい、γ線とx線は突き抜けるだけなので影響は少ないということになります。

次に、実際の放射線量の測定についてですが、測定機器はいろいろあるので目的にあったものを使用することになります。測定機器の表面の金属部分に物質が付着してしまうと、その後正しい値が出なくなってしまうので測定機器の先端にビニールをかけています。ただニュース等で測定しているところを見ると、先端をつけて測っている人がいます。もしそこに放射性同位元素がついてしまうと、測定するところが汚染してしまうので、その値がずっと測られて同じ値しか出てこない、あるいは逆に値がどんどん高くなるかもしれません。では、皆さんにお聞きします。この建物はコンクリートが入っていると思います。開放的で非常に明るくて良いですが、この中で放射能は一分間にどのくらいあると思いますか。カウントで言いますと最低カウントで 1 分間に 60~80 カウントきます。私達の身の回りにはそういう形で大地や宇宙線から常に放射線があるってことを知っておいていただきたいと思います。これが自然界の放射線ということです。それから、測定機器には中性子測定器というのがあります。これは特殊で放射線治療の機械を持っている病院などが保有しています。放射線治療をやっているのが外に漏洩していないかチェックすることが法律で決まっています。実は放射線治療機械から中性子そのものが出てくるのではなくて二次発生です。回りの金属にあたってそこから出てきます。実際に治療に使われるような中性子線は出てこないで、漏洩という形しかありません。

次に、放射線の単位についてです。レントゲン、キュリー、ベクレル、シーベルト、グレイ、これは実は全部人の名前です。少しでも興味を持っていただけるように、それだけ覚えてください。要は過去の方々が一生懸命にいろいろなことを調べて、その業績に見合った形でこういう名前が単位として残ったということになります。今食品の中にベクレルというのがありますが、これは実際に例えば1分間に何個の放射能が出てくるかということになります。難しい言葉でいうと壊変と言いますが、これがキュリーという昔の単位に相当します。1キュリー=3.7×10⁷ベクレルで1キュリーというのは滅茶苦茶な量の放射能が出てくるということになります。それからシーベルト、これは体の中で最終的にどのくらいの影響、簡単に言うと障害を起こす放射線量としてどのくらいあるのかというふうに理解いただければ良いと思います。先ほどのα線、β線、γ線などは体の中の通り抜け方が違うという話をしました。それとあわせて、皮膚、臓器、目などにあたった時にその障害を起こす程度が異なるという非常にややこしい話です。その線質、あたった臓器によっても副作用が違ってくるので、それを均等にして比較しようという単位がシーベルトです。ここで等価線量、実効線量、預託実効線量というのが出てくるのですが、これは興味のある方やわかっているよという方だけで良いと思います。興味のない方は、とにかく何かの障害の時に使うのだということだけ覚えてください。それからグレイ、これは物質での吸収線量です。昔はラドという単位を使っていましたがそれに通じるもので、1キログラムあたり1ジュールが1グレイということになっています。これもよくわからないと思いますが、がんの放射線治療ではこのグレイを使っています。標準的に1回につき2グレイという単位で、一番回数が少なく済むタイプの悪性腫瘍ですと20グレイ。食道がんや肺がん、前立腺がんなどでは最近では70~86グレイくらいで治療します。ということで、実際にはとても多くの線量を使っていると言うのが放射線治療です。もう少し詳しく知りたいという方のために、ベクレル、シーベルト、グレイの説明をしようといういろいろ探してみましたが、うまく説明できるものはありません。理解いただけるどうかわかりませんが少し馴染みやすく説明すると、ベクレルはパーティーに用意したお酒の総量、グレイは体の中に吸収された量いわゆる飲んだ量、シーベルトはその人が酔うか酔わないかで現れる影響の度合いという感じです。それから放射線の話でよく出てくる明るさについて、いわゆる放射線物質があつてその明るさの度合いが放射線だというのは私には理解できません。私は現実的な人間なので目に見えないものを見えるように置き換えるのは不可能です。これで理解できたら素晴らしいと思います。

次に、今回の事故で放出された放射性物質の物理学的半減期について見てみたいと思います。ヨウ素131は8日で、体の中に入ると甲状腺に集まり障害を起こす。セシウム137は30年で、体の中に入ると血液の中から沈着して障害を起こす。プルトニウムは24万年です。では、実際に体に入った場合、内部被曝も含めてどう考えるかということですが、まず基本的にヨウ素131は甲状腺に集まり、甲状腺ホルモンを作る経路に入っていきます。そこに入らないものはおしっこから出ます。体内は3日間で摂取量の10%以下になり、意外に体の中の残存は少ないです。ただ、甲状腺に入るとそれはずっと残ってしまうので、甲状腺備蓄の生物学的半減期は約80日ということです。物理学的半減期は8日ですが、甲状腺に入ると80日間残ってしまうということになるのです。セシウム137の物理学的半減期は30年ですが、生物学的半減期は約70日です。これはあくまでも1回摂取の場合のデータであって、連続して摂取した場合にはこれがずっと延びていくので、そこを十分に考えなくてはいけな

ということですが。また、食品安全委員会から出ている食事や水で摂った、あるいは吸入で体に取り込まれたものの生物学的半減期を見ると、ヨウ素 131 は乳児では 11 日、5 歳児では 23 日、成人では 80 日ということです。成人の生物学的半減期が 80 日、物理学的半減期が 8 日です。矛盾を感じませんか。8 日で限りなくゼロになるといいますかバックグラウンド的になる計算をすると約 1 ヶ月半です。約 2 ヶ月で体内残存率は 10 万分の 1 になります。というように考えると、実はこの数字にはあまり意味がないので 1 回摂取であればほとんど問題は無いのです。次にセシウム 137 の生物学的半減期は、0~1 歳は 9 日、2 歳~9 歳は 38 日、10~30 歳は 70 日、31~50 歳は 90 日、物理学的半減期は 30 年です。これも同じように考えると、0~1 歳は 9 日ですから同じ様に 1 回入った分はだいたい 1 ヶ月半になるともうバックグラウンドになり、ほとんど残らないということです。逆に 70 日や 90 日だと約 1 年経たないとバックグラウンドまで減らないということになります。ですので、こういうデータをそのまま見るのではなく、その結果どうなるかということをもう少し考える必要があると思います。

次に、被曝についてどういうことを考えるか、どんな形があるのかということについてです。被曝にもいろいろな考え方があり、やはり一番問題となるのは部分被曝、全身被曝、要するに身体全体なのか部分的なのか。あとは連続被曝なのか分割被曝なのかということになります。当然全身被曝であれば身体全体に影響します。部分的であればその場所しか影響が出ないので体にとって大きな違いがあります。また、連続ですつと浴び続けるのか、それとも 1 日何秒あるいは何分という形で浴びない時間があるのかどうか。実はこういう形の浴び方では連続の場合には障害が連続して起こってしまうので回復は難しいのですが、分割する場合には、分割の仕方にもよりますが正常細胞が回復し、回復が期待できることがあります。放射線治療で週 5 日例えば 25 回 30 回と治療するのはこれを利用しています。しかも部分だということで、全身的な影響はほとんど無くて済むという点を利用しています。そういうところも理解いただければと思います。

それから、放射線の種類や線質によって生物学的な影響はどのくらい違うかということでお話しますが、 α 線は体の表面で止まり、 β 線は浅い部位で止まり、 γ 線と中性子線は突き抜けます。ところが、体の中に入ると、 α 線は飛程といいますか飛び出すのは 0.05 ミリメートルですが、その回りの組織のダメージを大きくしてしまう。 β 線は障害では少ないけれども少し広い範囲で影響してしまう。 γ 線は体の中に入ると体の外まで飛び出してしまふ。次は、臓器によって受ける障害の度合いがどれくらい違うかを見てみます。例えば皮膚を 2 とすると、目は特にレンズのところになりますが 10 で皮膚の 5 倍。骨髄は 20 で皮膚の 10 倍、生殖腺も 10 倍、筋肉は 5 倍ということです。この度合いの違いを計算式に入れて判断するのがシーベルトという考えになります。

急性被曝について、1 回で大量に被曝したらどうなるかということですが、全身被曝で 7,000~9,000 ミリシーベルト (7~9 シーベルト) になると 1 回で 100% 死亡します。広島長崎の原爆でこのくらい浴びた方は概ね数週間から 1 ヶ月以内に亡くなっています。3~5 シーベルトですと概ね 1 ヶ月で 50%の方が亡くなるということになります。また、局所被曝になると、脱毛が起きるのは概ね 3 シーベルトで、水晶体や皮膚などへの影響も其々が出るなどがあります。

今まで、殆ど本人の体の中にどのような影響がでるのかということをお話してきました。

もう一つの問題として、遺伝的な子孫への影響という考え方があります。急性障害や後から起こる障害もありますが、本人への身体的影響は確定(非確立)的影響で、しきい値(=ある作用が反応を引き起こすか起こさないかの境の値のこと)があるということで、ここまでの量なら副作用は無いが、それより多いと副作用が出るというものです。では、極々少量でも影響するというのがしきい値がない確率的影響といわれるもので、遺伝的影響やがんなどで使われます。がんは、昔は確定(非確立)的影響に分類されていたのですが、最近では仮説としては確率的影響に入れようという動きになってきています。

次に、放射線による人体への影響として、LNTモデル・しきい値仮説・ホルミシス仮説というのがあります。LNTモデルは、どんなに低い放射線でも影響は直線的に起こるといえるもので、しきい値のない直線的な仮説です。しきい値仮説は、本人への影響は一定の線量を超えると起こるといえる仮説です。ホルミシス仮説は、少ない線量だと逆に身体に良いという考えです。ラジウム温泉やラドン温泉などがあてはまるのだと思います。いろいろな考え方がありますが、少なくとも100ミリシーベルト増えるごとに死ぬ人が1,000人中で5.7人は増えるという計算になります。ですので、もし1ミリシーベルトであれば10万人中5.7人増えるということになります。ただ、これは将来にわたってがんが発生するという考えですが、日本人の3分の1ががんで亡くなっている今の時代では、こういう数値をどこまで取っていいのかという考えもあるかと思えます。

次に、私の仕事の癌治療についてです。先ほどお話したように1回2グレイ、これを障害線量として考えると2シーベルトです。放射線治療は20~70グレイですので結構多いです。がんの治療では、一定以上の放射線量でないとがんは死んでくれない。塊としてあるものは消えてくれないというところがあります。がん治療では、がん細胞は放射線で細胞障害を起こしやすいので死んでくれる。逆に正常細胞は分割という方法を使えば回復してくれる。これは1960年代にエルカインドという方が証明したのですが、適当な分割で行った場合には正常細胞はそれなりに回復するというので治療が成り立ったとご理解ください。ただし、実際には低線量リスクの不確かさというものがある、それはどう考えたら良いか未だにわかっていません。これを証明するのは不可能に近いかもしれません。放射線と発がんのしくみだけでなく、その差を利用してがん治療が行われているということもご理解ください。これは癌治療の化学療法の場合も全く一緒です。

次に、温泉の話を少しだけします。温泉が好きな方は療養泉として医療効果がある温泉があるというのをご存知だと思います。そういうところは水1キログラムあたりラドン113ベクレル以上を含んでいるそうです。科学的根拠はありませんが、飲用としては1リットルあたり2,740~10,960ベクレルぐらいが体に良いという学説もあります。それをきちんと調べたデータは日本に1か所だけあり、それが鳥取県の三朝温泉です。地域住民のがん発生率を調べたというデータがあります。全国平均1.0に対して、三朝温泉周辺住民は0.8、三朝地区住民の男性は0.54、女性は0.46ということです。こういうことがあるので、低線量は体に良いというホルミシス効果があると考えられています。海外でもイタリア、ギリシャ、ドイツ、チェコ、オーストリア、フランスなどでは特にラドン・ラジウム温泉による温泉療法が行われています。

では、実際の自然界から放射線はどのように出てくるかについて、日本の場合はトリウム系列とウラン系列(ウラン238)から出てくるということになるそうです。原子力発電で使

われているのはウラン 235 とウラン 238 です。

いろいろな形でお話してきましたので、大方のところは理解いただけたかと思いますが、内部被曝というのは体の中に入って悪さをするもので、主に α 線や β 線です。それから実際に身体の中の分布はどうなるかということで問題になるのは甲状腺のヨウ素、筋肉のセシウム、骨のプルトニウム、肺の場合には α 線が問題になります。そこで、今回の事故直後で一番問題になったのは甲状腺の内部被曝でした。その点をお話しておきたいと思います。ルゴール液の買い占めなどの話もありましたが、甲状腺というのは無機ヨードを取り込み、甲状腺ホルモン（トリヨードサイロニンT3、サイロキシシンT4）をつくって人間の代謝をセーブします。これが無いと人間は死んでしまいます。非常に重要な臓器です。体の中に入ってきた残りのヨウ素は腎臓から出て行きます。普通の場合には、ヨードは食物から取り込まれます。私どもが核医学で甲状腺の摂取率検査を行う時には、ヨードを含んでいるものを約2週間食べないようにという指示します。日本人の場合、日常的にヨウ素を摂取しているため、そうしないと甲状腺の働きを正確に調べることができないのです。もう一つ、余分な話をしますと、ヨードアレルギーというのがあります。ヨードの造影剤例えばCTの検査で造影剤を使って気持ちが悪くなるなどです。これは薬として使っている時に、そこに余分な化学物質がついてきて、それが悪さをするということが殆どです。日本人の場合、海藻類などから相当数摂取するので、余程の場合以外はヨード不足にはなりません。例えば昆布、海苔、寒天などを摂っています。インスタントラーメンや鍋物にも昆布だしが使われています。ですので、ヨウ素 131 が飛んでくるからとすぐに大袈裟に考える必要はないと思います。事故の現場ではもちろん必要ですが、遠く離れた場所では少なくとも1~2週間はないと考えています。では、その間はどうすれば良いのかというと、海苔や昆布などの海藻類をせっせと食べれば良いのかもしれませんが、チェルノブイリでは甲状腺の病気が増えてしまいましたが、内陸なので海藻類を殆ど食べないと言われていました。その点も頭に入れていただければと思います。実際に甲状腺に取り込まれてしまえば内部被曝を考えなければいけなくなるので、事故の現場ではヨウ化ナトリウム製剤を子どもに飲ませてその後甲状腺に放射性ヨウ素が入ってくるのを防ぐという手段もとられています。東海村など過去の事故の際に、病院と都に提出する予防対策の書類を作成しましたが、当時の予防対策は発生後3時間以内となっていました。3時間以内で70~80%程度の予防効果があり、ブロックすることができるということでした。現在は発生後8時間以内となっており、8時間以内で30%程度の予防効果となっていました。

次に、核医学も担当していますと検査室内の空気を外気に排気するという法律的な義務がありますので、墨東病院でも毎日屋上で大気の放射線量の測定をしています。排気口が屋上にあるため、飛んできたものを拾ったデータになりますが、今回の事故の前後を見ると、3月15日前後だけが突出しています。実際に都内で放射線量が問題になるとしたらここくらいだと思います。ピーク時で1時間あたり99.64マイクロシーベルトです。これはとても多いように思われますが、スケールで見ると実はそれ程でもないのです。ただ、この時点では核種がわからないため、全体量としてベクレルで計算しており、ヨウ素換算ということになります。微量ではありますが、人体への影響として考えた時にそのままでは使えないということになります。都産業技術センターが3月15日0:00~7:12まで測定した値は新聞等にも公表されています。

次に、水や食物の放射線量についてです。3月23日に金町浄水場で1リットルあたり210ベクレルという数値が出て大騒ぎになりました。前日雨が降ったことで流れ込んだためでしたが、現場から離れた地域での放射線量というのは、飛んでくる量も関係しますが空中に漂っているものが雨などで地表に落ちてくると意外と多くなります。これがホットスポットになったりするわけです。金町浄水場の数値は翌日か翌々日には解消されていますが、なぜ解消されたかという希釈されたからです。逆に言えば希釈すれば大丈夫ということです。また、チェルノブイリの事故の影響で6,000人以上の小児に甲状腺がんが起きて、2005年迄にその内15人が亡くなったというデータがあります。これは汚染された牛乳をそのまま飲んでいたということです。先ほど話しましたが、特に海藻を摂る地域ではないことから甲状腺に放射性ヨウ素が入りやすいこと、かつ汚染管理ができてなかったため汚染された牛乳を子どもたちがそのまま飲んで被曝線量が増えたということです。その辺がきちんと理解できていれば、こういうことは起きないとも言えます。

次に、食品に対する放射線の暫定基準値についてです。口から入るもの1キログラムあたりで見ると、放射性ヨウ素では、飲料水・牛乳・乳製品は300ベクレル、乳児用粉ミルクは100ベクレルです。その他のものは2,000ベクレルです。放射性セシウムでは、飲料水・牛乳・乳製品は200ベクレル、その他のものが500ベクレルです。今回の牛肉の報道で300ベクレルと書いた新聞がありましたが、翌日には500ベクレルと正しく書かれていました。伝える側に思い込みがある場合など、こういう情報は意外と独り歩きしてしまうことがあるので、見る側もデータをきちんと見分ける必要があるかと思えます。

次に、東京ではどのくらい被曝するのかということについてです。自然界の放射線量0.05マイクロシーベルトを含めて時間あたり0.2マイクロシーベルトとして、屋内の線量は屋外の4割で、一日のうち8時間屋外にいるという条件で単純に計算すると、年間の放射線量は0.438マイクロシーベルトです。これに対して、増えた分は0.788マイクロシーベルトということになります。あとは、屋内にいる時間を長くすること等で0.52マイクロシーベルト程度は減らすことができるのです。

次に、子どもの基準値についてです。いろいろな形がありますが、少しまとめてみると、母乳中のセシウムが1リットルあたり13ベクレル出たという話がありましたが、これは放射性セシウムの飲料水などの基準値が200ベクレルだという点を思い出していただきたい。それから発がんという問題ですが、原爆の時の調査では子どもは大人の2~3倍とされましたが、100ミリシーベルト以下ではがんの増加は認めていないということです。先ほどの確定的影響と確率的影響の話をしました。要は100ミリシーベルト以下でのデータがないので、推測でしかありません。これは実験することができないので、過去の実証、実際にあったことだけで考えるしかないということです。起きるかもしれないけど、起きるだろうという考え方は成り立たないということになります。学問的なところをベースにすると、ないものはない、あるものはあるという言い方になります。考え方としては、先ほどお話したように直線的に考えましょうということになっています。後ほどお話しますが自然に生活している時のがん発生率を考えた時に、本当にこの数値が有意なのかどうかということも考える必要があるかと思えます。では、児童・生徒の被曝線量は1年間で1~20ミリシーベルトとして計算すると、年間1ミリシーベルトでは1時間あたり0.19マイクロシーベルトということになります。都では増加分を+0.06と考えて1時間あたり0.25マイクロシーベルトが基

準値となっています。また、最近のテレビで、福島原発の近くで環境の放射線量を減らすためにどのようなことにトライしたかという報道がありました。これは前の原子力安全委員会の委員長が率先して現場で指導しているもので、植栽や植え込みの下、アスファルトなどの放射線量の高いところを、植栽とか植え込みであれば刈り込む、あるいは水で流す。アスファルトの表面は数ミリ減らすだけで 10 分の 1 以下になっていました。そういう方法でかなり減るということが実証されたようです。

次に、土の中の放射線量についてです。時間が経つと半減期の長い核種のみが検出されま
す。今回の区の測定結果でもヨウ素は出ていません。ヨウ素の半減期は 1 ヶ月半、長くても
3 か月経てばバックグラウンドになりますので、今もう出てこないのが当たり前というこ
とになります。そう考えると、半減期の長いもの、セシウム 134・セシウム 137 が残ってい
るということになるので、現在はそれについて考えれば良いということになると思います。

次に、預託実効線量という計算式についてです。例えばこの水に 300 ベクレルの放射性物
質が入っているとした場合に、これを飲んだ場合、1 年間でどうなるかという計算になりま
す。これはヨウ素 131 が 1 キログラムあたり 211 ベクレルとして計算しています。一日に飲
んだ水の量を一日の摂取量として計算すると、年間 2.03 ミリシーベルトになります。さらに、
物質よっての補正値を実効線量係数で計算します。この実効線量係数というのは年齢によ
って違っています。ヨウ素 131 の場合には乳幼児は 0.18、子どもは 0.10、大人では 0.022
です。先ほどは大人で計算していますので 0.022 使って計算しました。これは ICRP (国際
放射線防護委員会) の示すものです。国際的にはこれが基本になりますが、その他に ECRR
(欧州放射線リスク委員会) や原子力安全委員会の出しているデータもあり、数値や年齢も
多少違います。ただ、現時点では ICRP の勧告に沿って使うというのが一定の原則だと思
いますので、この数値を使って補正しています。

次に、放射能汚染から身を守るにはどうしたらよいかということですが、貯まりやすい場
所、集まりやすい場所というのがあるので、場合によっては良く調べる必要があります。そ
れから手洗い、洗顔、うがい、シャワーが有効です。もちろんこれは空間線量の高い地域の
話なので、低い地域では神経質になる必要はありません。実は事故直後に福島から避難され
てきた方の線量測定を墨東病院でも行いましたが、シャワーで頭から足の先まで洗い流し、
洋服を着替えるという二つだけで高頻度の付着があっても相当除染されます。やはり洗い流
すことと着替えることが現実的だと思います。

次に、放射線を浴びた場合と日常生活によるがんのリスクについてですが、国立がん研究
センターから医学調査の結果が出ています。煙草を吸う人と吸わない人の違いは 1.6 倍、広
島・長崎の原爆の時の 1,000 ミリシーベルト被曝と被曝のない人と比べたら 1.5 倍、100 ミ
リシーベルトでどうだったかという 1.05 倍というデータです。これは放射線被曝によるが
んの死亡率ということではありません。これは医学調査ということですので、参考にしてい
ただければと思います。

次に、つい最近から問題になっている牛のエサわらからの高濃度セシウムについてです。
これも福島原発から 60 キロメートル以上離れた農家の出荷した牛肉から出てきたというこ
とで、私は全体のデータを網羅できたわけではないのですが、一部ではこれが 6,000 ベクレ
ルくらいのところもあったみたいです。100 g あたりにすると 600 ベクレルということにな
ります。エサわら 1 キログラムというのは相当な量だとは思いますが、エサわらからは 2,000

ベクレル出たということです。今までエサわらの基準値は無かったので、そこがすり抜けていたということです。飼料として管理されたものについてはあるのですが、自然にそのまま集めたものにはなかったという話になっていたと思います。今までお話ししてきましたようにセシウムですから、ざっくり考えて1年経たないと減りません。勿論こういう問題は起きない方が良いのですが、起きてしまった時の対処としては、対応できる範囲であればきちんと対応した方が良いと思うので、実際には、毎日の食生活でどのくらい摂るのかということですが、毎日牛肉 100 グラム食べるという人は非常に少ないと思います。テレビ報道で「うちは1歳半の子どもがいるので心配です」と仰っていました。気持ちはわかりますが、1歳半の子どもが毎日1キログラムの牛肉を食べるのでしょうかということです。

まとめになります。放射線というのは身近なところ、様々なところにあり、使われているのです。有効利用と欠点（障害）を十分に考えることが重要です。また、障害を考えると、絶対にそうなるというものではないので、実際の被曝線量や障害線量（シーベルト）をきちんと考えることが重要です。今回いろいろな話をさせていただきましたが、放射線の話というのはとにかく守備範囲が広すぎるので、本日はそのごく一部を私なりの解釈で掻い摘んでお話をさせていただきました。ご静聴ありがとうございました。

【注】“ヨウ素”と“ヨード”は本来同一の物質で、通常は“ヨウ素”が使われますが、造影剤関連では“ヨード造影剤”“ヨードアレルギー”などの表現で使用されています。