

放射線に関する講演会 日時 平成24年2月21日(火) 午後2時30分～

第1部「放射線の基礎知識」 埼玉大学理工学研究科・理学部教授 坂井 貴文

講師略歴：群馬大学教育学部卒業後、埼玉県公立高等学校教諭、群馬大学内分泌研究所助手、埼玉大学理学部講師、米国国立衛生研究所特別研究員、埼玉大学理学部教授を経て現在に至る。第一種放射線取扱主任者。

今日は、放射線や放射能の基礎知識、放射線が生物に与える影響についてお話をさせていただきます。

**【原子番号、質量数について】**

まず、ヨウ素131やセシウム137についてお話をいたします。原子は原子核が中心にあり、周りに電子が飛んでいます。原子核には陽子と中性子が含まれていて、陽子の数によって原子の性質が決まります。陽子は粒として1個、2個と数えられることから、陽子数を順に並べて原子番号と呼びます。例えば水素の陽子は1で原子番号1、ヘリウムは陽子数2で原子番号2と言うわけです。原子核中には、陽子とは別に、電荷を持たない中性子があります。中性子は原子の安定性に重要なので、陽子の数と中性子の数を足したものを質量数と呼びます。

ちなみに、原発の事故以来よく聞くヨウ素131は原子番号53ですので、陽子が53個入っています。131は質量数のことなので、原子核中の粒が131個あるということです。131から陽子の53個を引き算しますと、78個が中性子ということになります。セシウム137も同様に陽子数55個で原子番号55、中性子数は137マイナス55で82個になります。

原子を良く調べてみると、陽子数が同じで中性子数が違っている、つまり質量数が異なっている原子があります。この様な原子を同位体、英語ではアイソトープと言います。例えばC12、C13、C14と呼ばれる炭素原子があります。炭素原子は陽子が6個ですのでこれらは中性子がそれぞれ6個、7個、8個入っていることになります。中性子の数が変わると原子は不安定になり、中には壊れて違う原子になるものが出てきます。この現象を崩壊と呼び、これら崩壊する物質を放射性同位体、ラジオアイソトープと呼びます。放射性同位体の物質Aは放射線を出して放射性同位体Bに変わります。また、同位体Bが放射線を出して、最後にはもうこれ以上壊れない安定物質のCに変わります。このように、放射線同位体は崩壊を繰り返して、最後は安定物質になります。

原子炉の中ではウランに中性子があたることによって、多種類の放射性同位体がつくられます。例えば、ウランがセシウムとルビジウムに別れる系列からは、半減期30年のセシウム1

37ができ、このセシウムはエネルギー状態の高いバリウムに変わります。このバリウムはガンマ線を出しながら安定なバリウムにもどります。ルビジウムは直ぐストロンチウム96に、続いて24秒の半減期でイットリウムになり、最後はモリブデンとなります。これ以外にも原子炉の中では多種類の放射性同位体ができますが、今回の事故により、これらの放射性同位体が我々の環境中に拡散してしまったのです。

### 【放射線の種類と遮蔽】

よく話題になる放射線は、ガンマ線、ベータ線とアルファ線ですが、放射線にはこの他にエックス線や陽電子、重陽子、重イオンなどがあります。アルファ線の正体はヘリウムの原子核です。ベータ線は電子でマイナスの電荷を帯びており、空気中では余り飛びません。ガンマ線は電磁波の一種で、光とかエックス線と同じ性質を持ち、アルファ線やベータ線に比べて透過力が強いという性質を持ちます。放射線はいろいろな物質を用いることで遮蔽出来ます。アルファ線は、粒が大きいことから、紙1枚で簡単に止めることができます。ベータ線は電子の流れで、紙では止まらず、厚いアルミニウムで止めることができます。ちょっと厄介なことに、ベータ線が止まる時にはエックス線が出ます。したがって、ベータ線を止めるためには、ベータ線だけでなくエックス線も止める必要があります。一方、ガンマ線は電磁波ですので、これを止めるのはなかなか難しく、厚い鉛板を使わないと止まりません。

### 【放射線の防護】

放射線を扱う人は放射線から体をどう防護すればいいかを必ず勉強します。放射線の防護には3つのことが重要です。ひとつは遮蔽ですが、放射線の種類によって遮蔽方法が違うので、効果的な遮蔽方法を用いることが肝心です。もうひとつは距離です。放射線の影響は距離の二乗に反比例するので、距離を取ることで劇的に被ばくを少なくすることが出来ます。最後は、放射線にさらされる時間を短くすることです。放射線防護にはこれらの「遮蔽」、「距離」、「時間」が重要です。

### 【放射線に関する単位】

次に、放射能とか放射線の単位、ベクレル、グレイ、シーベルトについて簡単に説明します。ベクレルというのは、1秒間に幾つ原子が崩壊するかという単位です。グレイは、放射線が物質に当たったときにどのくらいエネルギーを物質へ与えるのかの単位です。シーベルトは、放射線によって体が受ける影響の指標です。これは線量や放射線の種類によって違ってくるので、それらを考慮してシーベルトに換算します。以上の単位は、リンゴが人の上に落ちてくる場面を考えると理解しやすいかもしれません。1秒間にリンゴが何個落ちてくるのがベクレルになります。リンゴが寝ている人に当たったときに体に与えるエネルギーがグレイになり、人がどのくらい痛いと感じるかの指標がシーベルトです。

### 【半減期について】

続いて、半減期の考え方について説明します。放射性物質は崩壊して違う物質に変わります。個々の原子はいつ崩壊するのか分からないのですが、原子を集団として見た時には、ある決まった時間での崩壊の割合は一定になっています。言葉を換えて言うと、100個あったものが壊れて50個になる時間と50個が半分の25個になる時間は物質によって決まっています、この時間を半減期と呼ぶわけです。例えばヨウ素131の半減期は8日です。8日たつごとに2分の1、4分の1、8分の1と減少して、80日後には1,024分の1になります。80日というのは、ちょうど半減期の10倍になりますが、どの放射性物質でも、半減期の10倍の時間が経過をすると、放射能は約1,000分の1になります。この性質は、放射線の管理をしている人なら皆よく知っていることで、半減期の10倍が放射能の減衰の目安になります。

### 【今後の放射線量について】

さて、セシウム137の半減期は30年なので、現在の放射能が半分になるには30年かかるという言い方をよくされます。それが本当なのかについてお話をいたします。まず、今回起きた事故を見ておきましょう。昨年3月11日に大震災が発生して、12日に1号機、14日には3号機で水素爆発が起きました。15日には2号機の圧力抑制プールで爆発音がして、格納容器の圧力が下がりました。原発で測定された線量を見ますと、3月15日、16日に敷地境界の線量率が急激に上がり、その後、中央棟での線量率が20日前後のところで高くなりました。この15、16日と20日前後で放射能が大量に環境中にばらまかれたと考えられます。東京都で経時的に放射線量を調べたデータでも原発敷地と同じようにピークが出ています。これは東京に放射性物質が飛んできたことを意味しています。

今回の原発事故では半減期の異なる様々な核種が出ましたが、重要な核種のひとつとしてヨウ素131が挙げられます。ヨウ素は若い人、特に子供の甲状腺へ取り込まれ、その量が多いと甲状腺がんを引き起こします。今回の事故ではヨウ素131がどのように拡散したのか良く分かっていません。半減期が比較的短いので、調べる体制を整える前に崩壊してしまい、拡散の様子が分からなくなりました。コンピューターシミュレーションでは3月11日から23日までの間に福島から南関東に向けて広がったと推定されています。ヨウ素131はガスで、ぶつかった所に付着する乾性沈着の性質を持っています。セシウムは雨と共に落ちて沈着することから、地表に落ちたヨウ素とセシウムは違った分布になります。現在知られている福島から北関東に向けて高い線量率が見られるセシウムの分布はシミュレーションの結果とほぼ一致しています。すなわち、3月15日に北風が吹き、福島第一原発から出たプルームと呼ばれる放射能セシウムを含む雲が南へ押し下げられ、プルームが関東まで南下したところで風向きが変わり、北関東の山岳部で雨とともに地表

へ落ちたと考えられます。

以上の事を念頭に置いて、放射能が半分になるまで30年待つ必要があるかについてお話をいたします。今回の事故の特徴的なところは、セシウム134と137の量がほぼ1対1であることで、セシウム137の割合の高かったチェルノブイリのそれとは違います。セシウム137は半減期が30年ですので、放射能が半分になるには30年かかりますが、セシウム134は半減期2年ですので、セシウム137より短時間で半分になります。今回の事故では134と137はほぼ1対1ですので、仮に137と134のセシウムが合計100個あったとすると（それぞれ50個）、6年後には半分の50個になると計算できます。一方、放射線線量率ですが、半減期の短いセシウム134は早く崩壊することからセシウム137より線量率が高くなります。線量が高いセシウム134が早く減衰することから、セシウム全体の線量率は3年で半分になります。まとめると、放射能のベクレルは6年で半分、シーベルトは3年で半分になると考えられます。

### 【自然放射線】

それでは長い時間、例えばセシウム137の半減期の10倍、300年経てば我々の身の回りから放射線が全く無くなるのかということ、そうでは無いという話をします。我々は逃れられない自然放射線とともに生きているということについてです。

ご承知かと思いますが、日本では1年間に平均1.5ミリシーベルトの放射線を、好むと好まざるとにかかわらず浴びています。1年間に、大地から0.4ミリシーベルト、呼吸から0.4ミリシーベルト、宇宙から0.3ミリシーベルト、食べ物から0.4ミリシーベルトで合計1.5ミリシーベルトです。海外ではもう少し高く、年平均約2.5ミリシーベルトと言われます。日本との違いは、ラドンによる呼吸からの被ばくが多いからです。日本での年間被ばく量は住んでいる場所により違います。日本はフォッサマグナを境にして西日本は比較的岩石が地表近くにあるのに対して、東日本、特に関東地方は関東ローム層が覆うことで岩石が地表に出ていません。地面から来る放射線は主に岩石由来になりますので、東日本の放射線量率は西日本に比べて比較的低くなります。つまり、住んでいるところによって地表から来る放射線量は違っていることになります。また、飛行機で高高度を飛ぶと宇宙線による被ばくをします。海外旅行に行く時には高高度を飛びますから地表より多くの被ばくをします。例えば、成田、ホノルルを往復すると約26マイクロシーベルト、成田とニューヨーク往復では110マイクロシーベルトほどの被ばくです。ビジネスマンがニューヨークと東京を年に10回ぐらい往復すると、それだけで年間1ミリシーベルトの被ばくをすることになります。また、核実験による被ばくもあります。昔、アメリカ、フランス、中国が大気圏の核実験を随分やったことを覚えていらっしゃる方もいるかと思います。第五福竜丸の話があったころです。私も子供のときに、雨が降ったら外に出るなと随分言われました。その頃の人には子供も含めて体内のセシウム量が高かった

ことが知られています。

以上見ましたように、我々は好むと好まざるとにかかわらず被ばくをしていることとなります。このような放射線を自然放射線と呼びますが、住んでいる場所、ライフスタイルによって被ばく量は変わることがぜひご理解いただきたいと思います。

### 【放射線による細胞への傷】

自然放射線がもともとあるのだから、原発の放射能は心配要らないと言う方がいらっしゃいますが、私はそうではないだろうと思います。安全な被ばくはないと考えるべきです。自然放射線は税金のようなもので、受けないわけにはいかないのですが、できれば、これもリーズナブルな（取り組むことのできる）範囲で抑えるべきです。と言いますのは、最近の研究から少しの被ばくでも細胞が傷つくことが分かっているからです。放射線は細胞のDNAを傷つけます。DNAは二重らせん構造をもっており、様々な傷がつきます。DNAの2本鎖の1本ないし2本が切れる、あるいはDNA内の塩基が間違っ結合してしまう等の変異が生じます。このようなDNAの変異は放射線以外、例えばたばこや薬剤によっても起こります。一説によると、1つの細胞で1日にDNA2万カ所ぐらいが壊れていると言われていています。最近、放射線は直接当たってDNAを壊すだけでなく、体内にある水分子をエネルギーの大きいラジカルに変え、それがDNAを壊すという仕組みもわかってきました。また、1つの細胞が放射線により変化すると、放射線が当たっていない隣の細胞にも影響を与えることも報告されています。どうやら、放射線の影響は、今まで考えられていたよりも広いんじゃないかというわけです。

### 【DNA損傷とがん化】

ただ、体もそれに対して対抗策をとります。ひとつは損傷したDNAを細胞自身が修復することで、DNAを正常に戻します。また、DNAが変異した細胞が増えないよう、アポトーシスと呼ばれる自殺機構を発動して細胞を殺してしまう仕組みも持っています。不幸にもがん細胞になって増殖を始めてしまった細胞は活性化した免疫反応によって排除され、細胞のがん化が直接個体のがん化に結びつかないようになっています。このがん化の仕組みは放射線だけでなく、DNAを変異させる他の因子にも当てはまります。全部のがんの2%ぐらいが放射線または紫外線が原因と考えられており、残りの98%は放射線関連以外の因子によります。がんになる原因の第一位はたばこで、その他に食事、肥満、運動不足等の影響が分かっています。

今回の原発事故の影響で、この2%がどのくらい増えるのかが問題ですが、現在までの知見からすると、100～200ミリシーベルトの被ばくによるがん化は、野菜不足や受動喫煙によるがん化の程度と大体同じと考えられています。しかし、100ミリシーベルト未満の被ばくは検出不可能とされていて、残念ながら、低線量の被ばくによるがん化の程度はよく分かりません。このことは、100ミリシーベルト以下では影響が無いという

ことでは無くて、影響が有るかどうかわからない事を意味しています。ただ、わからないだけでは対応のしようが無いので、100ミリシーベルト以下は原点を通る直線で影響を考え、それを元に対応をすることになっています。

### 【低線量被ばくの影響の見極めは難しい】

このような話をすると、「科学の話なのになんだかあやふやだ、おまけに専門家と称する人は言うことが違って信用できない。何か隠しているのではないか」と疑われる方もいるかと思えます。しかし、これは隠しているのではなくて、低線量被ばくの影響を疫学的に調査してその影響を決めることが非常に難しいのです。100ミリシーベルト以下の低線量被ばくによるがん化発症率は、他の原因因子のそれに比べると比較的小さいことから、疫学的調査によって統計的に有意な差を検出することが極めて難しいのです。影響のはっきりと分かる高線量、例えば、10シーベルト（10,000ミリシーベルト）の被ばくを受けた人に対するがん化の影響は、被ばくした人としていない人それぞれ500人を比べればわかります。ところが、10ミリシーベルトぐらいの被ばくだと、被ばくした人500万人、被ばくしていない人500万人を比べないと分からないと言われていきます。さらに、一人一人が浴びた被ばく量が低い場合、被ばく量それ自体が正確に測れずに統計的な誤差の原因になります。これらに加えて、交絡因子の存在、対象群のとり方等の難しいこともあります。このように、100ミリシーベルト以下では、影響があるのかわからないのか、はっきり分からないというのが正直なところです。少し乱暴な言い方させていただくと、低線量被ばくが危ないと言っている方も、大丈夫と言っている方も、どちらも自分の考えを述べているのであって、科学の議論になっていないと思います。従って、どの位までの被ばくなら我慢できるかは自分で考えるしかない状況です。ただ、私個人としては、現在の関東地方の放射線によるがん化リスクは喫煙と比べたら低く、将来統計的にがんが有意に上昇することはないと思っています。

### 【我々が取るべき対応】

このような状況を踏まえて我々どうすればいいのかを考えたいと思います。まず、安全な被ばくはないと考えて、リーズナブルな（取り組むことのできる）範囲で被ばく量を少なくすべきだと思います。自然界で起こっている自然放射線も低くするにこしたことはないのです。アメリカではラドンによる被ばくを少なくするキャンペーンをやっているほどです。ただ、生物は太古の昔から自然放射線と付き合い生きてきたことから、過剰に反応する必要は無いこともご理解下さい。次に大事なことは測定することです。今どんな状況なのか。いいことも悪いことも、きちんと把握することが大事です。ただし、現在のような低線量の測定は難しいことから、測定には十分注意して下さい。また、内部被ばくに関しては食事からの被ばく量を把握することが重要です。最近、給食中のセシウム量を陰膳方式で測られています。1週間分の給食をまとめて測ります。食べた後にしか被ばく量がわからな

いので、意味がないと言う人もいますが、私はそうは思いません。一食の給食は約20種類の食材を使うのだそうですが、機材と手間の問題があり全部は調べられません。いくつかの食材を調べて大丈夫と言われても、残りの食材に対する心配はぬぐえません。それよりも、食べた後でもいいから、被ばく量を正確に調べて、対処する方が現実的です。自治体のホームページで給食に含まれるセシウムを陰膳方式で調べた結果が見られます。例えば、千葉市ではゲルマニウム検出器を使って1キログラム当たり1ベクレル以下までの放射能を測っていますが、セシウムの放射能は検出限界以下となっています。最近、南相馬でも同様の測定をやっていますが、やはり検出限界以下という結果です。現在は、流通している食材を給食と同様に調理して食べている限り、食べ物からの被ばくに関しては心配するレベルではないと思っています。

給食を食べさせたら危ないと言われたり、学校の先生自身が給食は危ないから私は食べないと宣言される例をみるにつけ、お子さんを学校に通わせる親御さんは非常に心配されていることと思います。しかし、この様な測定をきちんとやれば、給食は大丈夫と安心していただけるのではないのでしょうか。測ることがなにより大事なことだと思います。

それから、もうひとつの重要なことは、情報を収集して自分で冷静に判断することです。先ほどから申し上げているように、低線量被ばくでは、どこまでは安全あるいは危険を判断する科学的根拠はありません。従って、これは一人一人が、どこまで我慢できるかを判断するしかないのです。なるべく多くの情報を収集して、これからもずっと関心を持っていくことが大事かと思っています。

最後に、最近、放射線ビジネスがたくさん出てきました。あちこちの会社が放射線測定の商売を始めました。現状のような低線量の放射能を測るのは難しいことに留意され、もし測定されるようなことがありましたら、実績のあるところで測ってもらうことが大事です。また、放射線被ばくを軽減するサプリメント等も売られていると聞きます。手を出す前に、冷静になってもう一度お考えになっていただきたいと思います。