

## 2章 放射線とは何か

放射線という言葉は知らない人がいないくらい広く使われていますが、その定義は明確ではありません。

放射線とは、広い意味では空間を高速で伝わるエネルギーの流れのことです。

なんだかわかるようなわからないような感じを受けられるでしょう。大切なことは放射線はエネルギーをもっているということです。そして、種類によっては空間だけでなく物質の中をも通る性質をもっているということです。それでは、放射線にはどんな種類があるのでしょうか。放射線には自然放射線と人工放射線があります。

### 2・1 自然放射線

自然放射線という言葉はすでに1章で出てきました。人間が何もしなくても発生する放射線のことです。

(1) 原子が発見されたのは最近のこと

原子そのものは直接、放射線とは関係ありませんが、何かにつけてかわりが深いので、ここで原子の姿についておさらいをしておきたいと思います。

「物質は原子とよばれる分割できない粒子からつくられている」という考えが歴史上最初にあらわれてくるのはギリシャ時代ですが、原子という概念が今日まで二千年以上にわたって私たちの思考に強い影響を及ぼし続けてきたという事実は実に驚くべきことだと思います。

物質を細かく分解していくと分子になり、ついに原子にたどり着きます。物質は膨大な数の原子の集合体であり、私たちの身の周りにある物質、私たち自身もすべて原子からできています。

原子を意味する英語アトムの語源は、ギリシャ語で「分割できない」という意味ですが、今日では原子はさらに分割可能で、原子の中心に正の電荷をもった原子核があり、その周りを負の電荷をもった電子が飛び回っていることがわかっています。そして、原子核は正の電荷をもった陽子と電気的には中性の中性子とが強く堅く結合してできています。

原子核を構成する陽子と中性子の質量はほぼ等しく、その一つ一つを核子とよぶことがあります。このように、原子が原子核とその周りを取り巻く電子からなり、原子核は陽子と中性子から構成されていることは今日ではもはや常識ですが、わずか百年前は激しい論争中でした。多くの

物理学者や化学者は、目に見えない小さな原子は本当に実在するのか、それとも便利なフィクション（作り話）なのかを疑っていました。

原子の存在が認められたのは一九一一年頃のことですが、その組成はなお謎のままでした。アーネスト・ラザフォード（一八七二～一九三七、英国の物理学者）たちの研究グループは、一九一一年頃原子の中に正電荷をもつ原子核が存在し、その周りをマイナスに荷電した電子が軌道を描いて回っているというモデルを提唱しました。

だれもこのモデルを本気にする者はいませんでした。なぜなら、マイナスの電子はプラスの原子核に瞬時に引き込まれてしまうという物理学の法則に反していたからです。

ところが、デンマークのニールス・ボーア（一八八五～一九六二）は、一九一一年、二五歳の若さで「ボーアの原子モデル」なるものを発表し、原子物理学の新しい扉を開くことになりました。彼は、地球や火星のような太陽系の惑星が万有引力で太陽につきなぎとめられているながら軌道を描いて太陽の周りを回転しているように、電子はクーロン力（プラスとマイナスとの間の電氣的引力）で原子核につきなぎとめられています。それまでの電磁気学では、荷電粒子が回転すると、電磁波を発生しエネルギーが徐々に減少し回転半径が小さくなり、電子は原子核に近寄っていく筈だと思われていたのですが、彼は、電子は量子力学で支配され、特定のとびとびのエネルギー準位に

しか存在しないという仮定を設け、この問題を解決したのです。これをボーアの量子条件といいます。電子は回転しても一定の軌道をまわり、電磁波は出しません。ある軌道から、別の軌道に移るときにのみ、そのエネルギー差に特有の波長の電磁波を出したり吸収したりするのです。原子核に幾つかの陽子がある場合には、それと同数の電子がこれを取り囲んでいて、各々の電子は、すべて異なる軌道を回っています。ボーアは、アインシュタインと並ぶ二〇世紀における天才的物理学者といわれ、一九二二年、ノーベル物理学賞を受賞しています。

## (2) 自然放射線の発見

原子の発見に先立って、一八九六年三月二日、アンリ・ベクレル（一八五二―一九〇八、フランスの物理学者）は、ウラン化合物から、ただ置いてあるだけで遮蔽した写真乾板を感光させる見えない光線が出ているのを偶然にも発見しました。これが自然放射線の最初の発見となりました。

この事実を知ったマリ・キュリー（一八六七―一九三四）と夫のピエール・キュリー（一八五九―一九〇六）は、ピッチブレンドとよばれる鉱石から放射線を放出する物質を取り出すことに取り組み、一八九八年にポロニウム（原子番号八四）、続いてラジウム（原子番号八八）を発見しました。一九〇三年、これらの業績が評価され、アンリ・ベクレルとともにノーベル物理学賞を受賞

しました。さらにマリイ・キュリーは夫ピエールが一九〇六年、馬車にひかれて事故死した後も研究を続け、ラジウムの研究で一九一一年にノーベル化学賞を受賞しました。一九三五年には、長女イレーヌも人工放射能の研究でノーベル化学賞を受賞しています。

### (3) 自然放射線のいろいろ

原子核は陽子と中性子からできていますが、陽子の数(原子番号)は同じでも中性子の数が異なり、質量数の異なる原子が多く知られています。これらを同位体(アイソトープ)とよんでいます。

参考までに紹介しておきますと、現在知られている元素の数は、天然に存在する水素からウランまでの九二種に、プルトニウムのように人工的に作り出されたものを加えて一一八種です。その中で、原子番号一一三の元素は理化学研究所の森田浩介らのチームが日本人として初めて存在を確かめたもので、二〇〇五年、仁科記念賞が彼らに授与されました。

元素が一一八種であるのに対し、現在までに確認されている同位体は約三千種類、理論的には約七千種類もの原子核の存在が予言されています。それぞれを核種とよびます。

陽子や中性子の数が増えて原子核が大きくなると原子核の安定性が低下し、同位体の中に不安

定なものが増えてきます。こうした不安定な同位体は放射線を放出して、より安定な他の元素に変化します。こうした不安定な同位体のことを放射性同位体（ラジオアイソトープ、RI）とよんでいます。

放射性同位体は本来不安定な原子ですから、人間が手を加えなくても自然に放射線（自然放射線）を放出して他の元素に変化していきます。このように放射性元素が「自然に」放射線を出して他の元素に変化することを放射性壊変とよびます。ここで、「自然に」という言葉には大きな意味があります。後で述べますが、人工的にも原子を破壊することが広く行われているからです。

放射性壊変の仕組みについて簡単に説明しておきます。

放射性壊変には大別してアルファ壊変とベータ壊変の二つの種類があります。

### ① アルファ壊変

アルファ壊変とは、放射性元素がアルファ線を放出して他の元素に変わる現象です。アルファ線の正体はヘリウム原子核（陽子二個と中性子二個が結合したもの）ですから、アルファ壊変によって生成する新しい元素は、元の放射性元素より原子番号は二つ小さく質量数は四つ小さい元素ということになります。

## ② ベータ壊変

ベータ壊変とは、放射性元素の原子核を構成していた中性子がベータ線（電子）を放出して陽子に変わる現象です。中性子が陽子に変わるので、原子核の陽子の数は元の放射性元素より一つ多くなり、ベータ壊変によってできた新しい元素の質量数は変わりませんが原子番号は一つ大きくなります。

放射性壊変によってできた元素が同じく放射性元素であれば、続けて同様にアルファ壊変かベータ壊変を起こすこととなります。

放射性元素ウラン二三八に例をとりますと、十四回の放射性壊変を繰り返し、最後は放射線を出さない鉛二〇六を生成して壊変は停止します。

ラザフォードは、一八九八年、放射性同位体の一種であるウランから二種類の放射線が出ていくことを突き止めました。一つは透過力の弱いアルファ線で、もう一つは透過力の強いベータ線です。この研究が評価され、一九〇八年にラザフォードはノーベル化学賞を受賞しました。

実は、放射性同位体の壊変によってアルファ線、ベータ線の他にガンマ線とよばれる放射線が放出されていることが一九〇〇年、ポール・ヴィラール（一八六〇～一九三四、フランスの物理学者）によって発見され、一九一四年にはラザフォードとアンドラードによって電磁波の一種であるこ

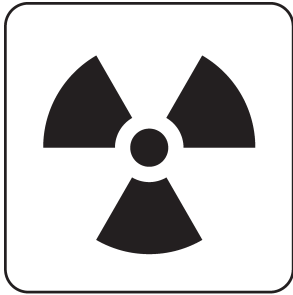


図 1 三葉マーク

とが明らかになりました。ガンマ線はアルファ壊変やベータ壊変などに伴って放出される電磁波です。原子炉の使用済み核燃料からも大量のガンマ線が放出されています。

放射性同位体から出る自然放射線には三種類あることになり、それらがアルファ線、ベータ線、ガンマ線です。

なお、放射能と放射性物質との関連について付記しておきます。放射線を自然に出す能力を放射能といいます。放射能はあくまで自然現象であり、人工的に放射線を出す装置は放射能とはよびません。そして、放射能を有する物質、つまり自然に放射線を出す物質が放射性物質です。

三葉マーク（放射線管理区域を示すマーク）は放射線関連施設に表示されてよくみかけますが（図1）、中央の丸は原子ないし原子核を現し、三葉はアルファ線、ベータ線、ガンマ線を現したものです。

三種類の放射線の透過力（ものを突き抜ける力）を比較しますと、アルファ線は人体への影響は強いのですがその透過力は弱く空気中なら数センチメートル、コピー用紙なら一枚ほどでも止まってしまいます。ベータ線は紙を通り抜けてしまいますが金属や板は通り抜けられません。ガンマ線は人体への影響はア



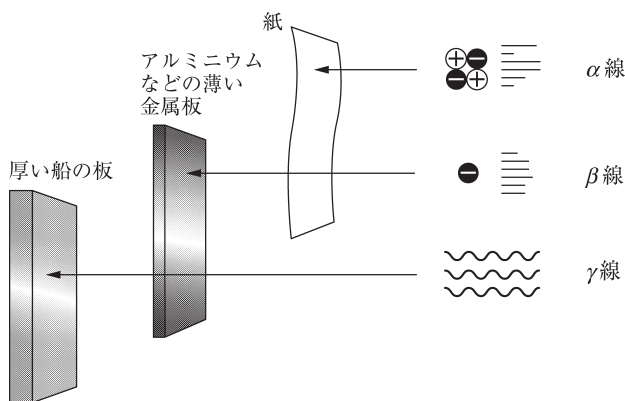


図 2 透過性の比較

ルファ線の五%と弱いのですがその透過力は強く薄い金属、板、コンクリートも通り抜けます。また、同じ放射線でもその透過力是对象物の「密度×厚さ」によって決まります。例えば、透過力の強いガンマ線は鉛のように密度の大きな物質には遮られ、密度の小さな水でも深い海の中へは届きにくくなります。なお、中性子線(後述2.2(3))の透過力は更に強く鉛や厚い鉄の板も透過しますが、大量の水やコンクリートで止まります。

アルファ線、ベータ線、ガンマ線、中性子線の透過性の比較を示したのが図2です。

自然放射線には放射性同位体から放出されるもの以外にも、1・1で述べましたように宇宙からの放射線(宇宙線)があります。

もう一つ自然放射線について触れておきたい重要なことがあります。それは自然放射線は常に放射し続けてい

るといふことです。放射したり放射しなかつたりといふことはないので。この点は次節の人工放射線と際立って重要な違いで、注目しておきたいと思ひます。

## 2・2 人工放射線

これまで話してきた自然放射線に対して、人工的に作られる放射線は人工放射線とよばれます。人工放射線とは何かに利用することを目的に人工的に作られる放射線のことです。その代表が医療用のエックス線です。エックス線は宇宙を除けば自然界には存在しません。エックス線はエックス線発生装置で作られます。

### (1) エックス線の発見

人類が放射線の存在に気付いたのはドイツのヴィルヘルム・コンラッド・レントゲン（一八四五～一九二三、一九〇一年第一回ノーベル物理学賞受賞）によるエックス線の発見に始まります。それも、彼は偶然にエックス線を発見したのです。

それは一八九五年十一月八日のことで、今からわずかに一一六年前に過ぎません。ガラス管の両端にプラス極とマイナス極を取り付け、管の中を真空にして電流を流すと放電現象が簡単に起

こります。この真空放電の実験を行っていたレントゲンは、そこから物質を通り抜けて写真乾板を感光させる何かが放射されている不思議な現象を発見したのです。この正体不明の放射線を彼は「エックス(X)線」と名付けました。人工放射線の最初の発見です。ウィーンの新聞「デ・プレッセ」は、この世紀の大発見を一面トップ記事で大々的に紹介し、衝撃が世界に広がりました。

ニュートンはリンゴの落ちるのを見て万有引力を発見したという有名なエピソードがありません。さきに2・1(13頁)でベクレルがウラン化合物から偶然に自然放射線の存在を発見したと記しました。レントゲンのエックス線発見も同じですが、偶然とはいえその偶然を見逃さなかった彼らの鋭い注意力、その現象の中に潜む重大性を理解する洞察力には大いに学ぶべきものがあります。

さて、こうしてエックス線は発見されましたが、その正体は二〇年近くもの間謎でした。一九一二年、ドイツの物理学者マックス・フォン・ラウエ(一八七九―一九六〇)はエックス線が回折現象を起こすことを見出し、電荷をもたない波長の短い電磁波(光、25頁(6)参照)であることがわかりました。

自然放射線の一種であるガンマ線も電磁波でしたが、ガンマ線とエックス線の違いは発生仕

組みにあります。その発生の仕組みの違いから、一般にガンマ線 ( $10^{-11}$ メートル以下) のほうがエックス線 ( $10^{-8} \sim 10^{-10}$ メートル) より波長が短く振動数が大きいのでその分大きなエネルギーを有していますが、ガンマ線にもエネルギーの大小の違いがありますし、エックス線も加速器を使えば  $10^{-13}$ メートル以下の短い波長のものを作り出すこともできます。したがって、エネルギーの大小だけで区別することはできません。

## (2) 人工放射性元素の発見

人工放射線の発見は一八九五年のことでしたが(レントゲンによるエックス線の発見、人工放射性元素の発見はそれから約四〇年も後のことです。

フランスのイレーヌ・キュリー(ラジウムを発見したマリー・キュリーの長女)と夫ジョリオ・キュリーは、アルミニウムにアルファ線を当てると自然界には存在しない放射性のリンが生じることを一九三四年に発見しました。これが最初の人工放射性元素の発見です。

そこで、エンリコ・フェルミ(一九〇一〜一九五四、イタリアの物理学者、一九三八年にノーベル物理学賞受賞)は、ぶつけるには電荷をもったアルファ線より電荷をもたない中性子のほうが得策だと考え、水素からウランまでの九二種の元素に片っ端から中性子を照射してみました。そして、

次々に新しい人工放射性元素（放射性同位体）がみつかりました。原子力発電や核兵器で登場してくるプルトニウムも人工放射性元素です。

### (3) その他の人工放射線

中性子は、一九三二年に英国のジェームズ・チャドウィック（一八九一～一九七四）により発見されました。質量が陽子と非常に近く電氣的に中性な粒子です。

電子は、一八九七年に英国のトムソンによって発見されました。トムソンはレントゲンがエックス線を放出させる際に用いた放電管のマイナス極（陰極）から飛び出す陰極線がマイナスの電荷をもった微粒子であることを明らかにし「電子」とよんだのが電子の発見でした。

陽電子（プラスの電荷をもった電子）の存在は、一九二八年、英国の物理学者ポール・ディラック（一九〇二～一九八四）によって予言され、一九三二年に米国の物理学者カールデビット・アンダーソン（一九〇五～一九九二）によって宇宙線の中から発見されました。人工的にも作ることができ、後述するように医療の分野で利用されています。陽電子は電子と電荷の正負は逆ですが質量は電子と同じ粒子です。陽電子がなかなか見出せなかったのは、陽電子は電子と結合すると消滅してしまっからです。

この他、核実験や原子力発電（原発）、核燃料廃棄物などから放出される放射線も人工放射線に含められます。

(4) 加速器とは何でしょう？

エックス線は健康診断などに広く利用されていますが、その強さはコントロールでき、産業用やがん治療用にはさらに高いエネルギー（診断用エックス線の千倍）のエックス線が必要になり、加速器というもので作られています。

加速器は電子を加速しエックス線を作るだけでなく、陽子やそれより重い元素を加速し、例えば、重粒子線治療や地上にない元素を作り出すことなどに使われています。

小さくて堅い、そして強く結合している原子核の中は物理学者たちにとっては宝の山でした。何とか壊せないものかと願っていました。ところがアーネスト・ローレンス（一九〇一～一九五八、米国の物理学者）は、粒子を加速して原子核にぶつけ破壊する強力な加速器サイクロトロンを発明しました。そして、一九三九年にノーベル物理学賞を受賞しました。

加速器は電子、陽子、イオンなどの荷電粒子を加速して高エネルギーの粒子を得るのが目的です。例えば、茨城県つくば市の高エネルギー加速器研究機構に陽子を加速する「陽子シンクロト

ロン加速器」があります。光の速さに近い一秒間に三〇万キロメートルくらい（月までの半分よりもう少し遠くまでの距離）の速度に加速されます。このようにスピードの速い粒子を原子核に衝突させいろいろな実験を行っています。

最初、加速器は物理学実験のために作られましたが、今では生物学、農学、工学、化学、考古学、医学など多方面にも広く応用され実用化されました。身近な例ではテレビのブラウン管があります。ブラウン管では、加速された電子が画面（の裏側の蛍光面）に衝突することで光を発しています。

#### (5) 人工的に起こす核分裂とは

核分裂反応には、これまで述べてきました「自発核分裂」、つまり放射性同位体がアルファ壊変やベータ壊変を起こす分裂、人間が何も手を加えなくても自然に起きる核分裂の他に、中性子、陽子、ガンマ線などを人為的にぶつけると、それらを吸収して引き起こされる核分裂があります。これは「誘起核分裂」とよばれており大量のエネルギーとともにガンマ線や中性子を放出します。これが原発や原子爆弾の原理です。

例えば、ウラン二三五に中性子をぶつけると吸収されてウラン二三五の核分裂が起こり、莫大

なエネルギーと新たに二〜三個の中性子が飛び出し連鎖反応が起きます。この巨大なエネルギーを原発に利用しているのです。

(6) 長波長電磁波も放射線の一種

電磁波という言葉も広く使われていますが、その本質は正しく理解されているとはいえないところがあります。

これまでの話の中で登場してきたエックス線やガンマ線も電磁波でしたが、私たちが目にする可視光線も電磁波です。一口でいってしまえば光のことです。

① 電磁波とは何でしょう？

電磁波という言葉は、電気「電」、磁気「磁」、波長の「波」から合成されて作られた言葉です。

電界（電場）は電圧のかかるところで発生します。磁界（磁場）は磁石の周りはもちろんですが、電流が流れるところにも発生します。

電気スタンドの例で説明しますと、電源プラグが抜けている状態では電界も磁界も発生しません。電気スタンドのコンセントを差し込むと電圧がかかるため電界が発生します。次にスイッチ



をオンにしてライトを点灯させますと電流が流れますから磁界も発生します。つまり、電氣を使  
うところには必ず電磁波が存在しています。

電磁波は電界と磁界が相互作用し波となって空間や物質内を伝わる現象ですが、空気のない真  
空中でも伝わります。それが電磁波の大きな特徴です。特に低周波（高圧線）はコンクリートを  
も通過します。伝わる速さは光と同じで、真空中では一秒間に三〇万キロメートルです。

## ② 電磁波にはいろいろの種類がある

電磁波にはたくさん種類があります（表1）。

電磁波はその波長が長いか短いかによっていろんななよび名がありますし、それぞれの性質も大  
きく異なります。これまで出てきたガンマ線やエックス線は波長が短く、したがってエネルギー  
が大きく（電磁波のエネルギーは波長が短いほど大きい）、ぶつかると相手を電離（イオン化、ぶつけられ  
た物質の原子が電磁波のエネルギーを受け取って電子を放出しイオン化する）させたり、遺伝子を傷つける  
力をもっています。放射線というと、こうした高いエネルギーをもっている電磁波がもつばら問  
題になっていますが、波長が長くエネルギーの低い、相手を電離させるほどの力のない電磁波も  
広い意味では放射線であることに間違いありません。

表 1 電磁波のいろいろ

(出典：ためしてわかる環境問題②：山崎慶太編、大月書店)



著作権保護のため、このページの図は表示されません。  
丸善出版株式会社

## 2・3 放射線は人体に有害

よく自然放射線は安全だが人工放射線は危険だという人たちがいます。しかし、放射線は自然でも人工でも同じ放射線です。人体への健康影響を考える場合、両者に差はありません。自然放射線である宇宙線が生物の生存にとっていかに有害であるかはオゾン層の例を挙げてお話ししました（4頁）。問題は受ける放射線の種類と量です。

### (1) 人体への影響の仕組み

広い意味では、テレビ、ラジオ、携帯電話などの波長の長いマイクロ波も放射線ですが、ここではまず、エネルギーが大きく物質と反応して電離（イオン化）を起こす放射線を問題にしたいと思います。これらの放射線は「電離放射線」とよばれることもあります。よび名を知っていると役に立ちます。

放射線（粒子か電磁波）が物質（生体）にぶつかると、素通りするか、跳ね返るか、作用を及ぼすかのどれかです。作用する場合、相手の物質を構成している原子の電子にぶつかり、電子は放射線のエネルギーを受けて外に飛び出します。この現象を「電離」（イオン化）とよび、マイナス帯電の電子が飛び去るのですから残された原子はプラスに帯電します。

ぶつかってきた放射線が電子の場合、その電子を吸収してしまう場合があります。そのとき原子はマイナスに荷電します。また、原子を構成していた電子が放射線のエネルギーを受け取っても飛び出すまでに至らなければ励起といい、その原子は不安定な状態にはなりませんが電離（イオン化）ではありません。つまり、電離とは原子の中の原子核を取り巻く電子が、放射線のエネルギーを吸収して原子核から離れ原子の外に飛び出す現象です。

放射線被ばくによってどんな障害が起きるのでしょうか。放射線が生体にあたると、体を構成している原子や分子が電離や励起などの変化を受けます。その変化は、重要でないものから重要なものまでいろいろです。そうした変化のうちで、体の機能や構造に認知できるような変化を生じた場合「影響があった」とよびます。原子や分子のレベルでの変化が生体の細胞や組織、器官での変化として現われ、生体の機能や構造が変わるような影響です。

原子や分子レベルの変化には、生体を構成する成分の分子を直接傷害する場合と生体中の六〇〜八〇%を占める水分子を電離（イオン化）させ、それが他の成分を変化させる間接的な影響とがあります。特に重要なのはDNA（遺伝子）への影響です。DNAは、遺伝情報を子孫に伝える役割だけでなく身体の細胞が正常に機能していくうえでも重要な役割を担っています。

DNAの損傷は放射線によってだけでなく化学物質（例えばタバコ）、活性酸素など、さまざま

な要因によって日常的に起こっている現象であり、毎日数千個もの損傷が起きているといわれますが、生体には損傷を受けたDNAを修復する機能も備わっています。DNA損傷修復機能とよばれます。この修復作業に失敗するとさまざまな障害が現れることとなります。

本来酸素は反応性に富んだ元素ですが、いろいろな原因でその反応性が一層高まり、活発になった状態の酸素のことを活性酸素とよびます。活性酸素の働きはたいへん複雑で、世間では健康にとつて悪者のようにみられています。体内では生命の維持に重要な役割をも果たしています。同時に発がんの引き金になるなど悪さをするのも事実です。ここでは深くふれませんが。

一九二七年、ハーマン・マラー（一八九〇～一九六七、米国の生物学者）は、シヨウジヨウバエにエックス線を照射すると突然変異が起きることを発見し、ノーベル生理学・医学賞を受賞しました。突然変異自体は放射線の影響と関係なく自然にももちろん起こりますが、マラーはシヨウジヨウバエにエックス線を照射することによって突然変異が自然に起こる場合より一五〇倍も増大することをみつけたのです。この発見は、その後動植物の品種改良に広く利用されるようになりましたが、同時に放射線照射は白血病その他のがんを誘発する健康被害をもたらす危険性もあることを警告することにもなりました。

## (2) 急性影響と晩性影響

人体に与える影響としては急性影響と晩性影響が知られています。

急性影響とは、大量の放射線を一度に受けた場合に、数日から数カ月以内に症状が現れる影響で、被ばく総量が一〇〇〇ミリシーベルト（一シーベルト）を超えた場合に現れます。

放射能や放射線の強さを問題にするときには単位が必要になります。ここでまとめて説明しておきます。

### ① ベクレル Bq

放射能の強さはベクレルという単位で表します。ウランに放射能があることを発見したアンリ・ベクレルの名に由来します。一ベクレルの放射能の強さとは、放射線を出して壊れる原子核が一秒間に1個あることを表しています。

### ② グレイ Gy

グレイとは、ベクレルがあくまで放射能の強さの単位であるのに対して、人体がどれだけの放射線量を受けたかを表す吸収線量の単位です。

### ③ シーベルト Sv

ところが、吸収線量が同じでも放射線の種類などによって人体への影響が異なるため（例えば、

アルファ線はガンマ線の二〇倍程度の影響を生体に与えます、その違いを考慮して修正係数をかけ、同じ数値なら同じ影響を与えるようにしたものがシーベルトです。

実際の被ばく量は小さい場合が多いので、 $mSv$ （ミリシーベルト、千分の一シーベルト）や、 $\mu Sv$ （マイクロシーベルト、百万分の一シーベルト）などの単位が用いられます。 $\mu Sv/h$ は一時間あたりの単位で（ $h$ は一時間の意味）、一時間にどれだけの放射線量を受けるかを意味します。たとえば、ある場所でも、 $0.065 \mu Sv/h$  だったとすると、その人はその場所に一時間いれば  $0.065 \mu Sv$  の放射線量を受けます。なお、シーベルトは、国際放射線防護委員会の委員長を務めたスウェーデンのロルフ・マキシミアン・シーベルト（一八九六—一九六六、放射線測定器を開発）の名にちなんでいます。

さて、急性影響の症状としては皮膚や粘膜の紅斑、脱毛、嘔吐、下痢、貧血や免疫力の低下、生殖能力の低下などが知られています。例えば、三〇〇〇ミリシーベルトの放射線を受けると脱毛が起きます。

一方、慢性影響とは、被ばく後数年から数十年後に症状が現れる影響で、被ばく総量が  $0.2$  シーベルト以下の場合に問題となります。症状としては白内障、白血病（血液のがん）やその他のがんがあります。

放射線による障害は、別の角度から眺めますと自分自身の体に関係する「身体的影響」と、精子や卵子あるいはその元になる生殖細胞に影響を与えて次の世代に影響を及ぼす「遺伝的影響」に区別することができます。

放射線の影響は細胞分裂の盛んな骨髄の造血細胞、生殖細胞、腸管、皮膚などが受けやすく、造血機能障害、白血球の減少にともなう免疫力の低下などが起きます。胎児への影響も成人より大きく、妊娠可能な女性、妊娠中の女性の腹部に対しては放射線障害防止法できびしく規制されています。

放射線被ばくの怖さがまだよく知られていなかった頃には、科学者や放射線技師が被ばくしたり、夜光時計工場の女子工員がラジウムを混ぜた蛍光剤で骨肉腫になったりしました。マリー・キュリー自身が再生不良性貧血などの放射線障害で生涯を閉じたことはあまりにも有名です。

### (3) 自然放射線の許容被ばく量

私たちが日常生活の中で受けている自然放射線についていろいろお話をしてきましたが、私たちの健康は大丈夫なの？ という不安が当然生まれてきます。実際には自然放射線量はそれほど大きくありませんから、オゾンホールができた場合その領域で暮らす人たちがウラン鉱石の採掘



労働者、航空機の乗務員など、特別の人たちを除いて心配はないとみられています。

大雑把な目安でお話しますと、一人あたりの自然放射線の量は世界平均で年間二・四ミリシーベルト（この数値は平常被ばく量として記憶しておきましょう）、日本平均で一・五ミリシーベルトです。世界平均の年間二・四ミリシーベルトの内訳は、宇宙から〇・三九ミリシーベルト、大地から〇・四八ミリシーベルト、食べ物から〇・二九ミリシーベルト、空気中から（主にラドン吸入）一・二六ミリシーベルトと見積もられています。一方、成田・ニューヨーク間を飛行機で往復すると、それだけで約〇・二ミリシーベルトの放射線を宇宙から受けると算出されています。

安全線量はICRP (International Commission on Radiological Protection、放射線防護に関する国際委員会)によれば、年間一ミリシーベルトとされていますが、年間五〇ミリシーベルト以下ではがん発生率の増加など臨床症状は確認されていないことから、年間被ばく量の上限は一般に五〇ミリシーベルトとみなされています。

#### (4) 診断・治療における放射線被ばくの危険性

問題は日常生活での自然放射線ではなく、医療分野において診断や治療に放射線が利用されている場合は無視できなくなります。(図3)。



著作権保護のため、このページの図は表示されません。  
丸善出版株式会社

**図 3 被ばく線量**

(出典：身近な放射線の知識：佐々木康人、丸善、p 35)

実は、一般の診断・治療において受ける線量でどの程度の影響が現れるのかを評価するのは難しいのです。発がんのリスクを例にとっても、生活環境中にあるタバコやアスベスト（石綿）、食生活中の発がん因子がたくさん存在するため、放射線だけの影響を評価するのは容易ではないからです。

### ① 放射線量低減の配慮

それでも放射線が人体に何らかの影響をあたえることは今日誰もが知っています。中には過剰なくらいに放射線を怖れる人もいます。

放射線が発見された初期の頃には放射線被ばくの怖さに気付くことはありませんでした。間もなく、急性皮膚炎、目の痛み、脱毛、皮膚がんなどの報告が相次ぎました。それでも、それらの原因が放射線の被ばくであることが意識されるようになったのは一九〇二年のことでした。

世界の医療被ばくの平均は年間〇・六一ミリシーベルト、日本人の医療被ばくは世界平均の約三・七倍だといわれます。海外では肺がん対策の集団エックス線検査はほとんど行われていないからだとみられています。胸のエックス線検査一回で〇・〇五ミリシーベルト、胸部エックス線CT検査（後述）一回で約七ミリシーベルト、胃のエックス線検査一回は〇・六ミリシーベルトという数値が報告されていますが、施設によっても異なるようです。

診断や治療における放射線量については一般受診者には対応のしようがありませんが、医療側での線量低減の工夫の余地はまだまだあると聞きます。

個々の診断における線量を低く抑えることだけでなく、不必要な診断自体を避けることも大切です。エックス線撮影は簡便で患者に与える負担が少ないため安易に行われやすい傾向にあるといわれます。それが本当に必要な撮影なのか、照射範囲は適切か、異なる医療施設で同じ検査を何度も受けていないかなどの配慮も必要です。

## ② しきい値をめぐる

ここで重要な問題があります。それは「放射線はどんなに低いレベルのものであっても人体への影響があり得る」という考え（これを、しきい値のない直線反応関係 LNT: Linear-Nonthreshold Dose-Response、一般に直線仮説あるいはLNT仮説と呼ぶ）と、しきい値がある（影響の現れないしきい線量がある）という考えとの国際的な大論争です。国際放射線防護委員会（ICRP）や二〇〇五年に発表された「放射線の生物学的影響に関する米国科学アカデミー委員会」の第七次報告書はLNT仮説を支持する立場をとっています。他方、フランス科学アカデミーはしきい線量のある立場に立っています。しかし、しきい線量の値は示していません。低線量放射線の影響についてはまだ結論は得られていないのが実情のようです。

## (5) 長波長電磁波による被ばく障害

放射線による被ばく障害という場合、主として電離放射線（原子をイオン化させるほどの高エネルギーの放射線）が問題となりますので前項までお話ししてきましたが、近年長波長電磁波（以下本項では単に電磁波と表現）が大きな環境問題の一つとなってきました。

先に電磁波の説明のところで述べましたように、現代は電化社会ですから家電製品の普及とともにいたるところに電磁波が存在しています。テレビ、パソコン、携帯電話など、すべての電化製品から放出されていますが、目に見えませんが厄介です。

これらの電磁波による健康被害はほとんどわかっていません。現在国際的に研究されている段階ですが、いまもつとも問題になっているのは高圧送電線と携帯電話の使用です。

### ① 高圧送電線

欧米などでは、高圧線の近くに住むと「小児白血病などになる危険性が高い」と、リスクの増大を示す報告が出されています。

一九九九年の米国による大規模調査は「電磁波は発がんの可能性あり」という結論を出しています。電磁波を長期にわたって浴びると身体に悪影響を及ぼすことを認めたのです。スウェーデンでは、高圧の送電線を幼稚園、学校、団地などの生活ゾーンから引き離すなど電磁波規制に取

り組んでいます。ドイツ、イタリアでも電磁波の規制を行っています。

日本は、二〇〇七年になってようやく電磁波規制に取り組む方針を打ち出しましたが、「電磁波と健康との間の因果関係は明確ではない」との立場です。

送電線の電磁波よりテレビやパソコン、電子レンジなどからの電磁波のほうが強いのですが、その使用は一時的であるのに対して高圧送電線からは年中放出されており、引越す以外に逃れる方法のないのが問題です。先に自然放射線のところで、自然放射線は絶えず放射され続けているのが大きな特徴だと述べましたが、人工放射線であっても高圧送電線の場合は同じようなことがいえるわけです。

## ② 携帯電話

携帯電話は耳に密着させて使用するだけに電磁波の脳への侵入は避けられません。特に子どもへの脳への影響が警告されています。

心配されるリスクとしては、睡眠障害、疲労、うつ傾向、頭痛、ぼんやり、集中力欠如、物忘れ、学習困難、言葉の出ない状態、吐き気、食欲不振、寝汗など、いろいろ指摘されています。

英国は、二〇〇五年一月「八歳以下の子どもの携帯電話使用の禁止」を発表しました。フランスでは、十六歳未満の子どもは携帯電話の使用を控えイヤホンの使用で頭部に密着させるのを防ぐ

よように、また妊婦には携帯電話本体を腹部から離すように勧告しています。大人に関しても、携帯電話を十年以上使用すると脳腫瘍のリスクがあると欧州五カ国の調査で発表されています。ピッツバーグ大学がん研究所が出した、電磁波から身を守る「二〇の子防手段」では、「携帯電話を常時身体に密着してもち歩かないこと。寝るときに電源の入った状態で枕元に置くことを止めること。特に妊娠中は厳禁。」という項目が挙げられています。

電磁波の胎児に及ぼす影響も注目され、流産の増加の報告もあります。

現代生活は、電磁波から逃れられなくなっています。高周波（蛍光灯など）の強さはすでに自然界の一〇〇倍以上になっているといわれます。

二〇〇七年六月、WHOは国際指針を発表し、小児白血病との関連を発表しました。WHOに属する国際がん研究機関は、低周波電磁波（高圧線）は発がん性の可能性があるかと警告しました。