



.....その時、あなたは！

事 故

Takeshi Seo  
瀬尾 健

や何の害もない。ガンマ線は、生体組織中の電子を弾き飛ばして、エネルギーを失つてしまふと、完全に消えてしまう。アルファ線の実体はヘリウム四の原子核だから、これも止まつてしまえば何の毒性もない。つまり放射線の持ち込む破壊エネルギーそのものが、害をもたらすのである。

#### （放射線の作用）

放射線が身体に当たつた場合どうなるか。これまで述べてきたように、放射線というのは猛烈なスピードで飛ぶミクロの弾丸というのがその実体であつた。そのサイズはアルファ線の粒子の場合一〇兆分の四センチほど、ベータ線とガンマ線の粒子はほとんどゼロである。

ここで一つ、自分自身がこれらの粒子になつて、生体組織に侵入していく場面を想像してみよう。そこは前にも述べたように、原子がびっしり詰まつた世界ではあるが、質量の大部分を占める原子核は、侵入者のサイズの一〇万倍以上の距離を

隔ててばらばらと並んでいるだけで、ほとんどどこにあるかさえわからない。そこに広がる空疎な空間には、かすかに電子の飛んでいる気配を感じられる程度である。

もし侵入者が電気を持っていれば、事情はかなり違つてくる。そこは電磁場で満たされた海のような世界であろう。侵入するにはかなり手ごたえがあるだろうし、むりやり突進すれば、波風を立てて周りの秩序を破壊することになる。そして進むにつれてエネルギーを失い、ついには止まつてしまつ。

生体というのは、炭素や酸素、水素、窒素などが見事な配列を構成して結び付いた、非常に微妙なシステムである。この微妙な結び付きは、侵入者の立てた波風の前には、いとも簡単に破壊されてしまうほどもろいものである。放射線一個の持つている並の大きさのエネルギーで、生体内の化学結合を数万個破壊できると言われる。破壊までいかなくて、化学結合の組替えを起こすだけなら、

もつと少ないエネルギーですむから、もつと多くの組替えを引きこすだろう。破壊であろうと、組替えであろうと、生体組織にとつてのダメージという点では同じだ。

では侵入者が電気を持たないガンマ線あるいは中性子線だったとしたらどうだろうか。侵入者にとって、生体組織はまさにすかすかの、真空に近い空間だろう。実際何もせずに通り過ぎてしまう場合だってかなりある。何かが起こるのは、ガンマ線なら行きずりの電子を弾き飛ばした場合、中性子なら原子核、特に水素の原子核である陽子に衝突して、これを弾き飛ばした場合である。弾き飛ばされた電子や陽子は電気を持つており、これが高速で飛ぶことになるから、その影響は前に述べたのと結局は同じことになる。

これらのこと整理してまとめよう。

【アルファ線】 実体は猛スピードで飛ぶヘリウム原子核で、およそ時速六〇〇〇万キロにも及ぶ。

一般的に言って、生体内では〇・〇三から〇・〇

四ミリほど走って止まってしまう。細胞の大きさは〇・〇一ミリほどだから、ほんの数個の細胞が、アルファ線の持っていた巨大な破壊エネルギーをまともにかぶることになる。

【ベータ線】 これは時速六億から一〇億キロもの猛スピードの電子で、アルファ線と比べてスピードがはるかに早いため、止まるまでに、原子核と原子核の間のすかすかの空間をずいぶん飛ぶ。電子のエネルギーにもよるが飛ぶ距離は、生体内で数ミリから数センチにも及ぶ。アルファ線と比べて飛ぶ距離が長い分、影響を受ける範囲が広がるが、傷の密度はうすくなる。

【ガンマ線】 電気を持たない粒子なので、生体内に入つても、確率的にしか作用しない。したがって何もしないで身体を貫通してしまうガンマ線もある。鉄砲の弾なら貫通したら大変だが、ガンマ線の場合は、貫通は何の影響も残さない。作用が起こるのは、ガンマ線が生体内の電子を弾き飛ばした場合で、そうなると前のベータ線と同じ作用

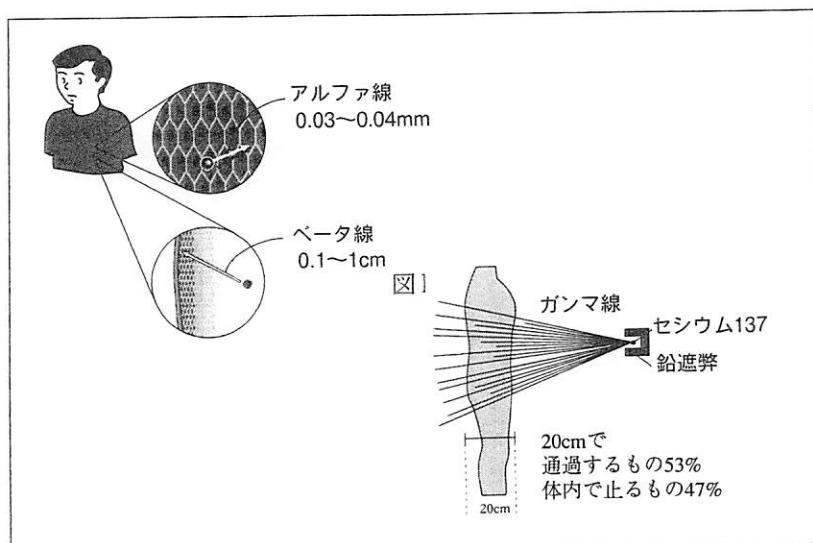
が引き起こされる。

例えばセシウム一三七のガンマ線を、前面から浴びている場合を考えてみよう。身体の厚さを二〇センチとすると、およそ四七%のガンマ線が、電子を弾き飛ばして身体にダメージを与え、残りの五三%は何もしないで貫通してしまう。

アルファ線やベータ線は飛んでいる間に原子と原子の結び付きを破壊して、細胞の生存に必要な分子を壊したり、細胞そのものを殺したりする。大切な遺伝子が壊されると、場合によつてはその細胞はガン化する。

#### △被曝線量△

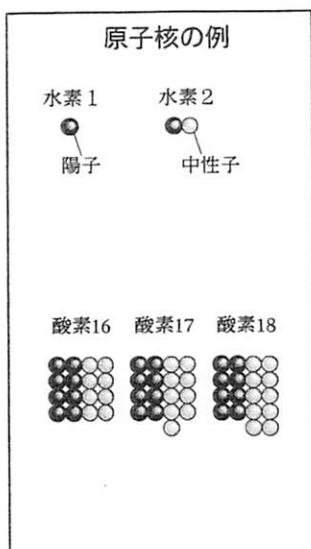
放射線の持つているエネルギーは、生体内ではすべて破壊作用として働く。だからどれだけのエネルギーにさらされたかが、受けたダメージの大きさそのものと見なしてよい。専門的に言うと、一キログラムの組織当たりに加えられた放射線のエネルギーが一ジュールのとき、この線量を一



○○五八%の割合で混ざったものである。このうち、原子炉で燃料として使えるのは、〇・七二%

しかないウラン一二三五だけで、残りのほとんどのウランはそのままでは核燃料として役に立たない代物である。質量数の大きい原子核には、アルファ崩壊するものが多い。現にウランやラジウム、ラドンなどはアルファ放射核である（アルファ崩壊については、あとで説明する）。

以上で、放射能と放射線の話をするための、基礎知識が整つた。



### ● 放射能の話

#### △崩壊

さつき、コバルト六〇について少し触れたが、実はコバルトの場合、天然にはコバルト五九ただ一種のアイソトープしか存在しないことがわかつていて。つまり陽子の数二七に対して中性子の数は三二のコバルトしかないわけだ。これより中性子数が多くても少なくとも、コバルトは不安定になつてしまい、何らかの形で余分なエネルギーを吐き出して安定になろうとする。

例えば中性子数三三のコバルト六〇は、中性子の数が多すぎるるので、その中の一つが電子を創り出して外に放り出す。もともと中性だった粒子が、マイナスの電気を持つ電子を創り出すわけだから、自分はプラスにならざるを得ず、結局陽子に変わってしまう。つまり、コバルト六〇は電子を一つ吐き出すことによって、陽子が一つ増え、中性子が一つ減ることになる。中性子の数がどう変わろうと原子の性質に変化はないけれども、陽子の方

が一つ増えると、原子番号が一つ上がるから、二七から二一八、つまりニッケル六〇に変わってしまうわけだ。このできたてのニッケル六〇は、まだ少しエネルギーが余っているため、たちにエネルギーの塊を二回放出して、最終的に安定なニッケル六〇に落ち着く。そしてこれ以上は永久に変化しない。

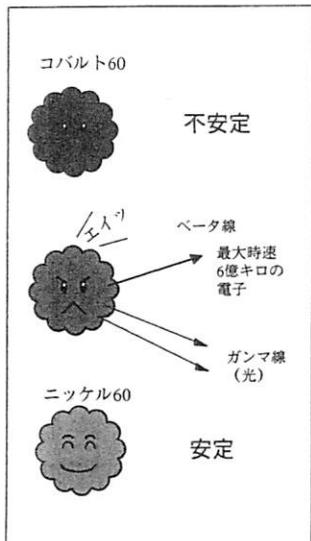
今ここで述べた、コバルト六〇がニッケル六〇に変わる現象を、われわれは崩壊と呼んでいる。崩壊というと崩れて潰れてしまうようなイメージを与えるけれども、実際には何も潰れるわけでは

ない。ただ、このように元素そのものが変わることとは、それが発見された一〇〇年前は想像もできなかつたことで、そのためこんな大きな呼び名が付けられたのかも知れない。

#### 放射線

さて、コバルト六〇は崩壊してニッケル六〇に変わると、このとき、電子を一つとエネルギーの塊を二つ放出する。この電子のスピードはものすごいもので、時速六億キロにも及ぶ。光は時速一億キロ足らずだから、実に光速の半分以上もの猛スピードである。原子核の中からこんなふうに飛び出してくる猛スピードの電子をベータ線と呼んでいる。

ベータ線が出た後に二つ飛び出してくるエネルギーの塊というのは、実は光の仲間で、普通の目に見える光と違う点は、エネルギーがべらぼうに大きく、およそ一〇万倍から一〇〇万倍にもなるため、まるで粒子のように振舞うことである。こ



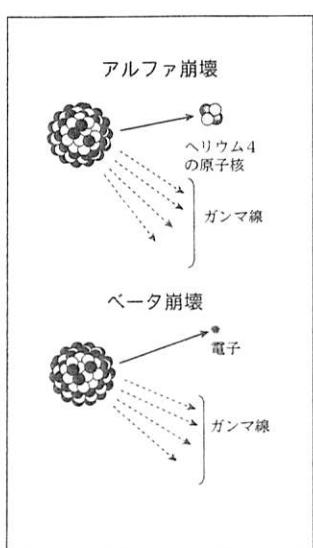
れをガンマ線と呼んでいる。レントゲン撮影に用いられるX線というのは、実はやはり同じ光の仲間で、普通の光より一〇〇〇倍から一万倍エネルギーが大きいけれども、ガンマ線と比べると一桁から二桁エネルギーが低いという点だけ異なっている。

これらベータ線やガンマ線、X線などを総称して、放射線と呼んでいるが、原子核から出てくる放射線として、他にアルファ線というのがある。これはラジウムやウラン、プルトニウムなど、比較的重い原子核から出でてくるもので、その正体はヘリウム四の原子核、つまり陽子二個と中性子二個の結び付いたものであることがわかつていて。したがつてアルファ粒子を放出した原子核は質量数が四、原子番号が二だけ下がることになる。例えばウラン二三八がアルファ崩壊するとトリウム二三四に変わる。このトリウム二三四もさらにアルファ崩壊をする。

コバルト六〇のように、エネルギー的に不安定

な原子核は、崩壊を起こして放射線を放出する可能性を持っている。こういう原子核を放射性原子核と呼び、これを含む物質を放射性物質あるいは単に放射能と呼んでいる。放射能という言葉はもともとは、放射線を出す能力を意味したと思われるが、今ではごく普通に放射性物質という意味でも使われていて、別に混乱も生じていない。

さて、放射線に付けられたこのアルファ、ベータ、ガンマという名前は、別に放射線特有の意味があるわけではなく、一〇〇年も前に、ウラン鉱石から出てくる放射線に三種類あることがわかつて



たとき、それらにギリシャ文字のアルファベットの最初の三文字をあてがつたに過ぎない。だから A、B、C、でもイ、ロ、ハ、でも一向に構わなかつたが、A、B、C では英語の文章の中では紛らわしいし、ギリシャ文字はなんとなく学問的雰囲気があつて、学術論文などでは好んでギリシャ文字が使われていた。だから、アルファ澱粉、ベ

ータ関数、ガンマグロブリンなどのように、物理学以外の分野でもギリシャ文字がよく出てくるが、これらも放射線とは何の関係もない。

#### 〈放射能〉

コバルト六〇の他にも、実際に様々な放射能がある。そもそも質量数一から二四〇までの間で、陽子と中性子をいろいろ組み合わせて、原子核が何種類作れるかといえば、数学的には三万近くも可能性がある。ところがその中で安定なものは、たかだか二八〇程度しかなく、その他のものは全部不安定で、崩壊を起こして放射線を出す。われわ

れの世界は、このわずか二八〇程度の安定な原子核が元になつてでき上がっているのである。

放射性の原子核でよく知られているものをいくつか挙げると、ストロンチウム九〇、セシウム一三七、ヨウ素一三一、トリチウム——トリチウムというのは水素三の別名——などがある。

#### 〈崩壊確率〉

不安定な原子核は崩壊すると言つたが、それはいつ崩壊するのか。実はこれはまったく確率的に起こり、決まった時間に起ころうわけではない。だからといってまつたくでたらめかというとそうでもなく、それぞれの放射能について、崩壊の起こりやすさというのは厳密に決まつている。これは各放射性原子核について固有のものである。原子核一個について、一秒間にどれくらいの確率で崩壊を起こすかを、二、三の例で示すと、セシウム一三七では一三億七〇〇〇万分の一、ヨウ素一三一では一〇〇万分の一、カリウム四〇では一兆

分の一のさらに一二万分の一などとなつてゐる。

さてこの数字を見た場合、例えばセシウム一三七などは一秒間にわずか一三億七〇〇〇万分の一

練習問題のつもりでやつてみよう。(副題一種毎)

22

の確率でしか崩壊しないから、ほとんど何も起らないに等しいと考えてしまふかも知れない。ところがこれは大間違いなのだ。例えば一PPMのセシウム一三七で汚染した物質一グラムの中でどれくらいの崩壊が起こるか考えてみよう。

最初の方で述べたように、一グラムの中にはごく大雑把に言って一兆の一兆倍の原子がある。一PPMとは全体の一〇〇万分の一という意味だから、全体、つまり一兆の一兆倍、を一〇〇万で割って、一兆の一〇〇万倍個あるいは一〇〇京個のセシウム一三七がそこに含まれていることになる。実にものすごい量のセシウム一三七があることがわかる。毎秒の崩壊数は一三億七〇〇〇万分の一だから、一〇〇京をこれで割って、なんと七億三〇〇〇万もの崩壊が毎秒起ることがわかる。同じ量のヨウ素一三一の場合はどうなるか、一つ、

#### 〈半減期〉

崩壊を起こせばその分だけセシウム一三七はなくなっていく。もともとの量に比べれば、毎秒の減り方はわずかだが、着実に減つて三〇年でちょうど元の半分になつてしまふ。これは複利計算と同じ形でそれほど難しくはないが、違つてるのは利子がマイナスだという点だけである。一から一三億七〇〇〇万分の一を引いた数が、一秒たつた後で崩壊せずに生き残つてゐる確率だから、これを三〇年に相当する秒数だけ、つまり $30 \times 365 \times 24 \times 3600 = 946,080,000$ 回掛け統ければ、三〇年後に生き残つてゐる確率が得られる。つまりこれを九億四六〇〇万乗して、ちょうど〇・五になることを確かめることができ。このようにもとの半分に減るまでの時間が、いわゆる半減期と呼ばれているものである。

当然のことながら、崩壊確率が大きいほど半減期は短く、崩壊確率が小さいほど半減期は長い、つまり半減期は崩壊確率に反比例するのである(詳しくは、崩壊確率の逆数に〇・六九三をかけたものが半減期となる)。

いくつかの半減期の例をあげると、トリチウム、コバルト六〇、ストロンチウム九〇、ヨウ素一三一などではそれぞれ、一二・三年、五・二七年、二八・八年、八日などとなっている。特に半減期の長い天然放射能のいくつかを示すと、カリウム四〇、ウラン二三五、ウラン二三八などでそれぞれ、一二億八〇〇〇万年、七億年、四五億年である。半減期がこのように地球の年齢程度であるために、太古にできたこれらの放射能が今日でも生き残っているわけだ。原子炉でできる放射能の半減期については、後の表4(一四五頁)にまとめ示してある。

#### 〈放射能の強さ〉

放射能汚染の程度を表すのに、PPMを用いることもできるが、前に述べたように同じ一PPMでも、セシウム一三七とヨウ素一三一では、一秒当たりの崩壊数、つまり放射線の出てくる頻度が一〇〇〇倍以上も違う。だから、PPMよりも一秒当たりの崩壊数そのものを放射能の量として用いる方が、ずっとわかりやすいだろう。これを通常例放射能の強さと呼んでいる。この言葉は誤解を招きやすいが、これは放射線の強さ(エネルギーの大きさ)とはまったく関係がない。あくまでも一秒当たりの崩壊の数なのである。これはまた、そこから出てくる放射線の個数とも違う。なぜなら一個の崩壊で出る放射線の数は、原子核が違えば皆違うのが普通だからだ。

さてこれだけわかったところで、単位の話に移ろう。一秒間に一個の崩壊を起こす場合、その強さを「ベクレル」と呼ぶことに最近決まった。ベク

瀬尾 健（せお・たけし）

1940年生まれ。1966年京都大学大学院工学研究科原子核工学修了後、京都大学原子炉実験所助手となる。専門は原子核物理、ベータ・ガンマ核分光学、放射線計測学、原子炉事故の災害評価等。

1994年6月、ガンのため逝去。

著書 『 Chernobyl Travel Diary 』 ( 風媒社 )

『 原発の安全上欠陥 』 ( 第三書館 )

『 地球環境読本 』 ( JICC 出版局・共著 )

『 完全シミュレーション 原発事故の恐怖 』 ( 風媒社 )

訳書 『 人間と放射線 』 J. W. ゴフマン著 ( 社会思想社、共訳 )

表 帧 ◎ 夫馬 孝

イラスト ◎ 岡本克也

### 原発事故…その時、あなたは！

1995年6月10日 第1刷発行

2011年7月7日 第7刷発行

( 定価はカバーに表示しております )

著者 濑尾 健

発行者 山口 章

発行所 名古屋市中区上前津2-9-14 久野ビル  
振替 00880-5-5616 電話 052-331-0008 風媒社  
<http://www.fubaisha.com/>

乱丁・落丁本はお取り替えいたします。  
ISBN978-4-8331-1038-9

\*印刷・製本／安藤印刷