

【資料(講演)】

放射線：その正体とはたらき

工藤博司

東北大学大学名誉教授

〒982-0026 仙台市太白区土手内 1-2-3

E-mail: kudo.hrs@nifty.com

(2019年2月14日受理)

1. はじめに

10年以上にわたり、市民を対象に「放射線とは何か」について講演をしてきた。2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所の事故の後には、東北各地の市民団体、教育団体、婦人団体、経営者団体、労働団体などに招かれ多い時には週に3回の講演をしたこともあった。主に「放射線：その正体とはたらき」と題して基礎的な話をしたが、放射線教育の資料として学校教育にも役立つのではないかと思いその概要をまとめてみた。本稿は事故から3年後の2014年3月に福島県葛尾村の臨時役場(三春町に設置)において村民を対象にした講演を柱にしている。

2. 講演の序

放射線は自然界に、そして私たちの身の周りにも常に存在しています。この部屋の中にも、皆さんの住いの中にもあります。宇宙からもやってきます。原子力発電所がなければ放射線はないと思う人もいるかも知れませんが、放射線は特別なものではなくどこにでもある自然現象の一つです。本日は、放射線とは何者なのか、またどのような“はたらき”をするのかについて分かりやすくお話したいと思います。高校の理科の授業のようになるかも知れませんが、生徒に戻ったつもりで聞いてください。

3. 元素・核種・同位体

図1に皆さんがよく耳にする「ヨウ素」、「セシウム」とあります。その単語の前に「放射性」とあり、後に131とか137という数字が付いています。ヨウ素やセシウムは元素名で、括弧内の「I」はヨウ素の、「Cs」はセシウムの元素記号です。元素記号の左肩に数字を付けることもあります。スポーツ選手のユニフォームに付いているチーム名と背番号のようなもので、同じ元素でもこの数字が異なると原子(正確には原子核)の性質が違ってきます。ヨウ素に付いている131という背番号は専門用語で質量数といい、原子核の中味を表します。I-131は放射線を出すので放射性ヨウ素131と呼びます。Cs-137も放射線を出すので、放射性セシウム素-137と呼びます。

元素名に質量数を付けてI-131 (^{131}I) や Cs-137 (^{137}Cs) のように表示するとき、その一つ

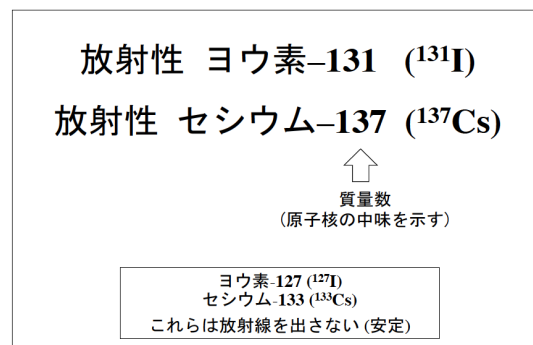


図1

元素の周期表

1																	18
1 H 水素																	2 He ヘリウム
3 Li リチウム	4 Be ベリリウム											5 B ホウ素	6 C 炭素	7 N 窒素	8 O 酸素	9 F フッ素	10 Ne ネオン
11 Na ナトリウム	12 Mg マグネシウム											13 Al アルミニウム	14 Si ケイ素	15 P リン	16 S 硫黄	17 Cl 塩素	18 Ar アルゴン
19 K カリウム	20 Ca カルシウム	21 Sc スカンジウム	22 Ti チタン	23 V バナジウム	24 Cr クロム	25 Mn マンガン	26 Fe 鉄	27 Co コバルト	28 Ni ニッケル	29 Cu 銅	30 Zn 亜鉛	31 Ga ガリウム	32 Ge ゲルマニウム	33 As ヒ素	34 Se セレン	35 Br 臭素	36 Kr クリプトン
37 Rb ルビジウム	38 Sr ストロンチウム	39 Y イットリウム	40 Zr ジルコニウム	41 Nb ニオブ	42 Mo モリブデン	43 Tc テクネチウム	44 Ru ルルチウム	45 Rh ロジウム	46 Pd パラジウム	47 Ag 銀	48 Cd カドミウム	49 In インジウム	50 Sn スズ	51 Sb アンチモン	52 Te テルル	53 I ヨウ素	54 Xe キセノン
55 Cs セシウム	56 Ba バリウム	57 La ランタン	72 Hf ハフニウム	73 Ta タンタル	74 W タングステン	75 Re レニウム	76 Os オスミウム	77 Ir イリジウム	78 Pt 白金	79 Au 金	80 Hg 水銀	81 Tl タリウム	82 Pb 鉛	83 Bi ビスマス	84 Po ポロニウム	85 At アスタチン	86 Rn ラドン
87 Fr フランシウム	88 Ra ラジウム	89 Ac アクチニウム	104 Rf ラザホーニウム	105 Db ドブニウム	106 Sg シーボージェウム	107 Bh ボーリウム	108 Hs ハッシウム	109 Mt マイトネリウム	110 Ds ダームスチウム	111 Rg レントゲニウム	112 Cn コペルニシウム	113 Nh ニホニウム	114 Fl フレロビウム	115 Mc モスコビウム	116 Lv リバモリウム	117 Ts テネシウム	118 Og オガネソン
			→ 超重元素 (SHE)														
ランタノイド		58 Ce セリウム	59 Pr プロセチウム	60 Nd ネオジウム	61 Pm プロメチウム	62 Sm サマリウム	63 Eu ユウロピウム	64 Gd ガドリニウム	65 Tb テルビウム	66 Dy ジスプロシウム	67 Ho ホルミウム	68 Er エルビウム	69 Tm ツリウム	70 Yb イットリウム	71 Lu ルテチウム		
アクチノイド		90 Th トリウム	91 Pa プロトアクチニウム	92 U ウラン	93 Np ネプツニウム	94 Pu プルトニウム	95 Am アメリシウム	96 Cm キュリウム	97 Bk バークリウム	98 Cf カリホルニウム	99 Es アインシュタインニウム	100 Fm フェルミウム	101 Md メンデルレービウム	102 No ノーベリウム	103 Lr ローレンシウム		
			→ 超ウラン元素 (TRU)														

(網掛けの元素の同位体は全て放射性)

図 2

一つを「核種」と言います。ヨウ素には質量数が 119 から 136 まで 20 種類以上の核種が知られていますが、自然界にある I-127 を除き全てのヨウ素は放射性核種です。セシウムにも 20 種類以上の核種があり、Cs-135 や Cs-137 は放射性ですが、Cs-133 は放射線を出しません。現在知られている元素の数は 118 種類ですが、核種の数は約 3000 種あり、そのほぼ 90%は放射性核種です。

118 種類の元素をその性質に従って並べた表が図 2 の「元素の周期表」です。左上に 1 という数字と「H」いう記号をもつ水素があります。次いで 2、3、4・・・と続き、53 番目のところにヨウ素 (I) があります。セシウムは一番左の行にある 55 番元素です。このように、1 番とか 55 番とか元素には番号が付いています。これを原子番号と言いますが、この数字はそれぞれの元素の原子核の中にある陽子の数に一致します。

図 3 に示すように原子は原子核と電子からできていて、原子核には陽子と中性子が存在します。元素は陽子の数で区別し、原子核に陽子を 1 個もつ元素が水素で、その原子番号は 1 です。原子番号 53 のヨウ素の原子核には 53 個の陽子があります。

質量数とは原子核中の陽子と中性子の数を足し合わせたものです。ヨウ素には 20 種類以上の核種が知られていると言いましたが、同じヨウ素でも核種によって原子核の中の子の数が異なります。ヨウ素の原子核には必ず 53 個の陽子がありますが、ヨウ素-131 の中性子の数は 131 引く 53 で 78 個、ヨウ素-127 の中性子数は 127 引く 53 の 74 です。原子核の陽子と中性子の比が異なると、原子核の性質も大きく違ってきます。

なお、I-131 と I-127 のように同じ元

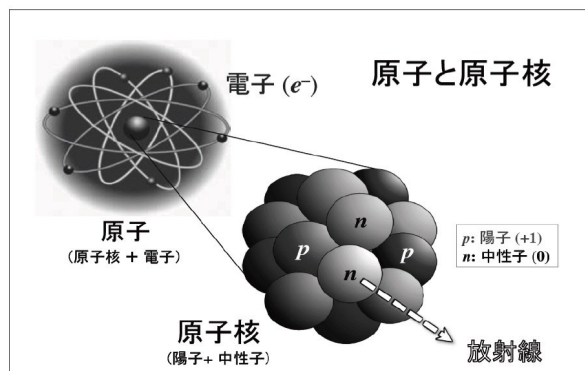


図 3

素に属し質量数の異なる核種を同位体 (アイソトープ) といいます。放射線を出さないものを「安定同位体」、放射線を出すものを「放射性同位体 (ラジオアイソトープ)」と呼んで区別することもあります。

この周期表で網掛けした元素の同位体は全て放射性で、安定同位体はありません。43番のテクネチウム (Tc) と 61番のプロメチウム (Pm) も網掛けになっていますが、どちらも放射性同位体のみが知られている人工元素です。93番のネプツニウムから 118番のオガネソンまでの 26 元素も人工元素です。白地の元素は全て自然界に存在し、放射線を出す同位体と出さない同位体が混在します。

4. 放射線の正体

放射線は 1895 年 11 月 8 日に突然発見されました。ドイツの大学で物理学を教えていたレントゲン教授は、**図 4** にあるような実験装置を使って毎晩ある実験を繰り返していたのですが、その日の実験で写真乾板に自分の手の透過写真が写り驚きました (図の写真は後日改めて撮った夫人の手)。彼は、実験装置から目に見えない光 (?) が出ていると考えましたが、その正体をつかめなかったので「X線」と名付けました。X線は発見の翌年にはヨーロッパで広く医療に利用され、レントゲンは、X線の発見によって 1901 年にノーベル賞を受賞しました。ノーベル物理学賞の第 1 号です。

この発見に刺激を受けたのが、フランスのパリにある大学の物理学の教授だったベクレルです (**図 5**)。最近よく「ベクレル」という単位を耳にしますが、その呼称はこの科学者の名に由来します。ベクレルは、ウラン鉱石から X線のような目に見えない“何か”が常に出ていることを発見して“放射線”と名付けました。この“何か”は後にアルファ線

(α 線) と呼ばれることになる放射線でした。図の左上の写真は、ウランから出た α 線が写真乾板を黒化させたものです。同じパリで、その 2 年後にラジウムとポロニウムを発見したキュリー夫妻は、その原子核からも放射線が出ていること突き止め、原子が自然に放射線を出す性質あるいは現象を“放射能”と呼びました。そして、ベクレルとキュリー夫妻の 3 人は、放射能の発見で 1903 年にノー



図 4

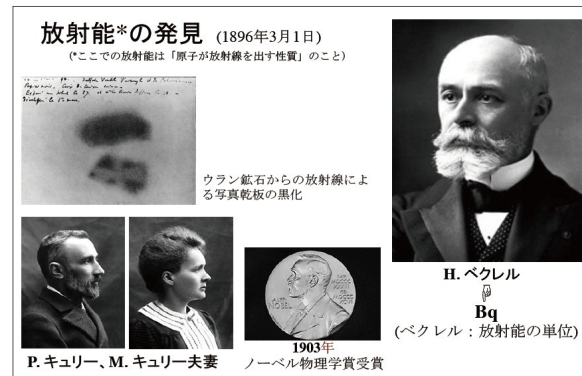


図 5

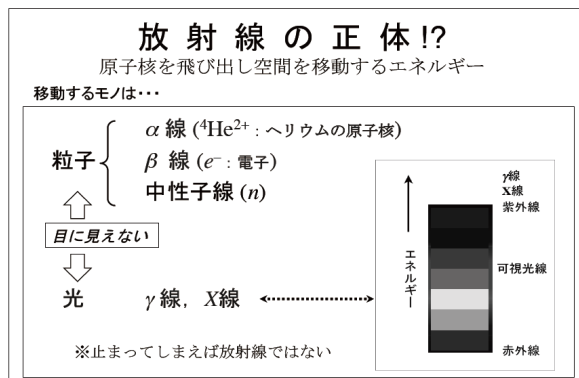


図 6

ベル物理学賞を受賞しました。

放射線が発見されて 120 年以上になりますが、その後の多くの研究の結果、今では放射線の正体はよく分かっています(図 6)。高いエネルギー状態にある原子核が低いエネルギー状態に移るときに、その差に相当するエネルギーを粒子や目に見えない光として放出するのが放射線で、性質の違いによって α 線、 β 線、 γ 線、中性子線

などと名付けられました。 γ 線と X 線は両者とも目に見えない光ですが、原子核から放射されるものを γ 線、原子核の外側を周る電子がその軌道を変えるときに発生するものを X 線と呼びます。

α 線も目には見えませんが、実はヘリウムの原子核であり、 α 粒子と呼ぶことがあります。ヘリウムの原子核は陽子 2 個と中性子 2 個からできていて、+2 の電荷をもちます。その原子核の外側に電子 2 個付くとヘリウム原子になります。お祭りなどで風船に詰めて売っているヘリウムガスです。ヘリウムガスは日本では採れませんが、アメリカ合衆国の南部にある井戸では天然ガスの副産物として大量に採取され、輸出されています。地中にあるウランやトリウムから出た α 線がヘリウムとなって地下に溜まっているのです。このように、 α 粒子が原子核を飛び出して動いているときは放射線ですが、止まってしまえばもう放射線ではありません。

ウラン-238 の半減期は 45 億年です。地球の年齢は 46 億歳ですから、地球が誕生したときに存在していたウラン-238 の半分がヘリウムに変わったこととなります。図 7(右)のようにウラン-238 は次々と α 線を出し別の原子核に変化し、最後は安定な鉛-208 になります。その途中で現れるラジウム-226 はキュリー夫妻が発見したラジウムです。皆さんもラジウム温泉とかラドン温泉という名称を聞いたことがあると思います。秋田県の玉川温泉その一つで、そこでは放射性のラドンガスが空気中に漂っていて、身体に良いと評判です。

図 6 の β 線という用語の括弧内に e^- とあります。 e^- とは電子のことです。つまり β 線の正体は電子です。ただし、この電子は原子核から出て、高いエネルギーで飛び回っている状態にあります。図 7(左) はセシウム-137 が β 線を出してバリウム-137 に変化の様子を示します。セシウムの原子番号は 55 ですから、セシウム-137 の原子核には 137 引く 55 で 82 個の中性子があります。その中性子の 1 個が β 線を出すと、陽子に変身します。それによって陽子が 1 個増えるので、原子番号は 55 から 56 に変わります。56 番元素はバリウムですが、中性子は 1 個減るので、陽子数と中性子数を足し合わせた質量数は相変わらず 137 です。したがって、新しく生まれた原子(核種)はバリウム-137 となります。バリウム-137 は放射線を出さない安定な核種です。

発見当初には正体不明だった X 線ですが、今では光の仲間であることが分かっています。光には目に見える可視光線と、目に見えない赤外線や紫外線があります。太陽から降り注ぐ紫外線はやや高いエネルギーをもっているので日焼けを起こす原因になります。紫

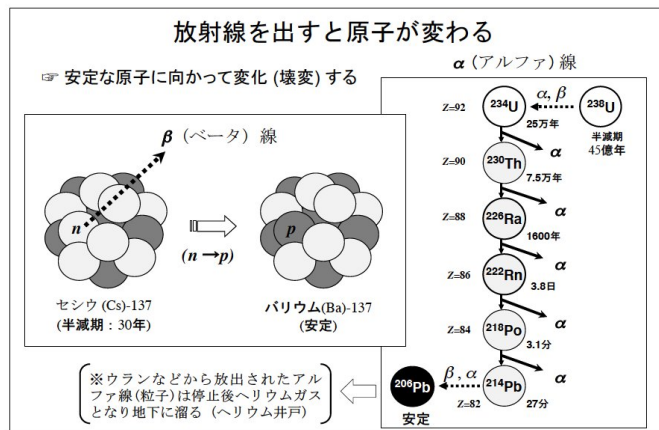


図 7

外線で透過写真を撮ることはできませんが、X線は紫外線の1000倍ものエネルギーをもっているのでレントゲン写真を撮ることができます。γ線は一般的にX線の1000倍ものエネルギーをもちます。

5. 放射線の作用

放射線のはたらき(作用)についてお話しします。図8の左側にある絵は物質中にある原子を表し、原子核の周りを電子が回っている様子を示しています。

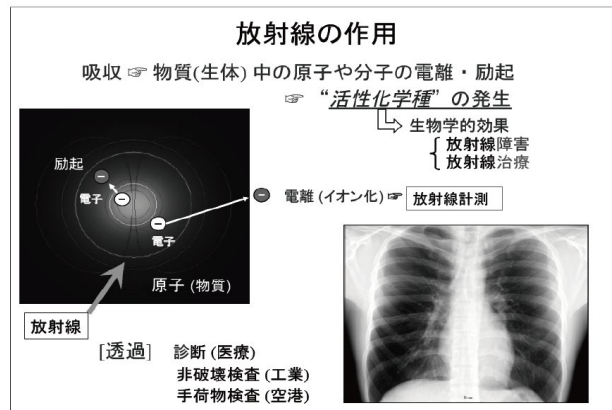


図8

そこに放射線がやってくると、電子が軌道の外に飛び出すことがあります。飛び出した電子はマイナスの電荷をもちますから、残された原子はプラスのイオンになります。この現象を電離と言います。一方、電子は飛び出しませんが外側の軌道に移ることがあり、これを励起と言います。

私たちの身体の約70%は水です。体内の水に放射線が吸収されると、電離や励起を経て身体の中にいろいろな活性化学種(ラジカルや活性酸素など)ができます。それによって、さまざまな生物学的効果が現れます。その一つが放射線障害ですが、うまく使えばがんの治療にも役立ちます。また、物質から飛び出した電子を捉えると、放射線を計測することができます。

作用ではありませんが、放射線はいろいろな物体を透過します。X線は医療で診断によく使われていますが、工業分野では分解せずに機器や物体の内部を調べる非破壊検査として広く利用されています。また、身近なところでは、空港での手荷物検査にも使われています。

6. 放射線の透過

放射線が物体を透過する度合いは放射線の種類や対象とする物質によって異なります。図9のように、α線はコピー用紙1枚でも止まってしまいます。β線は紙を通過しますが、アルミニウムのような軽い金属の薄い板で止まります。γ線は、軽い金属は通過しますが、鉄や鉛のような重い金属があると止まります。会場の皆さんの何人かは歯科医院でレントゲン写真を撮った経験があると思います。

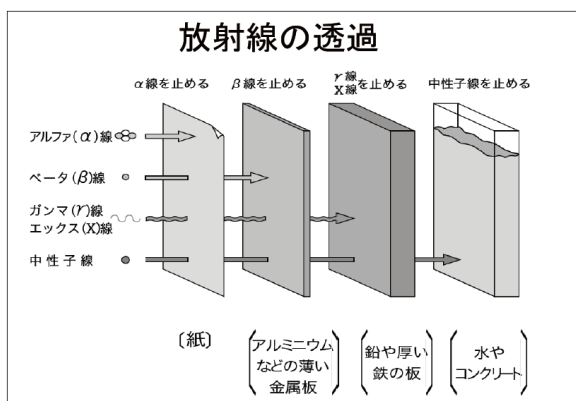


図9

歯の写真撮るときに、ゴム製のエプロンを着けた記憶があるのではないのでしょうか。その時、ゴムにしてはかなり重いと感じたはずですが、エプロンに使われているゴムの中に鉛の粉をまぶしてあるからです。X線が誤って別の部位に当たっても、鉛がX線を止めるので「安心してよい」ということです。

中性子線には面白い性質があります。

私たちの身体の中にも中性子は存在します。私たちの身体はいろいろな原子できていて、中性子は水素を除くすべての元素の原子核の中にあるからです。しかし、その中性子は原子核の中に閉じ込められていて、外に出て自由に飛び回ることはありません。それとは別に、自由に動き回る中性子のことを中性子線と呼びます。中性子線は原子炉の内部にあります、

宇宙からも飛んできます。中性子線は電氣的に中性で電荷をもたないため物質との相互作用が小さく、どこまでも飛んでいきます。鉛のような重い金属でも平気で通過してしましますが、水があると止まってしまいます。原子炉の中心部は冷却などのために水を張ったプールに浸けられていますが、水には中性子線を止めるという重要な役割も課せられています。

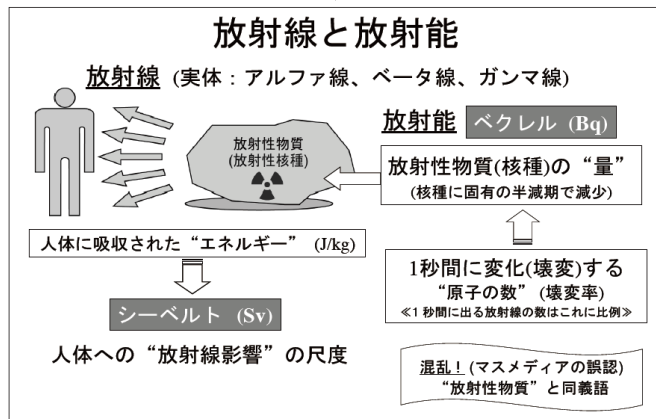


図 10

7. 放射線と放射能

福島第一原子力発電所の事故の後、放射線に関するさまざまな情報に触れる機会が増えましたが、皆さんは「シーベルト (Sv)」や「ベクレル (Bq)」という単位に戸惑を覚えるのではないのでしょうか。それぞれ放射線と放射能の単位ですが、放射線と放射能の違いは何でしょうか。

図 10 に示すように、放射線は放射性物質から出てきます。目には見えませんが、粒子や光として実体があり、物質が放射線を吸収すると何らかの影響を受けます。放射線が人体に与える影響を計る尺度になる線量の単位が Sv です。この単位の呼び名はスウェーデンの科学者で、国際放射線防護委員会 (ICRP) の立ち上げに参画したシーベルトに由来します。

一方、「放射能」はベクレル(Bq) という単位で表されますが、これは「放射性物質 (核種) の量」のことです。先ほど、セシウム-137 がβ線を出すと、バリウム-137 という別の原子 (核種) に変化すると説明しました。この変化を“壊変”と言いますが、その 1 秒当たりの壊変率を Bq という単位で表し、放射性原子が 1 秒間に 1 個壊変するとき、これを 1 Bq と定義します。定義ですから、放射線と異なり“もの”としての実体はなく、「放射能が漏れる」とか「放射能の影響」という言い方は適切ではありません。

「放射能は放射線を出す能力」との説明を耳にすることがありますが、これも適切ではありません。放射能の「能」は能力の「能」ではなく壊変率のことであり、「放射性物質 (核種) の“量”」であることを忘れないでください。なお、ベクレル (Bq) という単位の呼称は放射能の発見でノーベル物理学賞を受けたフランスの科学者ベクレルの名に因っていますが、ベクレル

単位と接頭語	
シーベルト (Sv)	
《線量の単位》人体への“放射線影響”の尺度	
ミリシーベルト (mSv)	千分の1 (10 ⁻³)
マイクロシーベルト (μSv)	百万分の1 (10 ⁻⁶)
ナノシーベルト (nSv)	十億分の1 (10 ⁻⁹)
ベクレル (Bq)	
《放射能の単位》1秒間に変化(壊変)する原子の個数	
メガベクレル (MBq)	百万 (10 ⁶)
ギガベクレル (GBq)	十億 (10 ⁹)
テラベクレル (TBq)	兆 (10 ¹²)

図 11

自身はウランなどの原子が「放射線を出す性質」のことを放射能と呼びました。

放射能には多くの場合メガ (M、100 万倍) やギガ (G、10 億倍)、さらにはテラ (T、1 兆倍) という大きな数量を意味する接頭語が付きます (図 11)。なぜかという、放射能 (Bq) を表す壊変率は原子 1 個 1 個を数えるからです。ちなみに、皆さんが料理などで「塩ひとつまみ」というと、そこには 1 兆個の 1 億倍くらいの塩素原子が存在します。

他方、シーベルト (Sv)にはミリ (m、1000 分の 1) やマイクロ (μ 、100 万分の 1) など小さな数量を意味する接頭語が付きます。さらに小さい数量を意味する接頭語はナノです。ナノテクノロジーの「ナノ (n)」で、10 億分の 1 のことです。

8. 放射能の半減期

放射能には半減期があります。半減期とは、放射能 (放射性物質の量) が 2 分の 1 になるまでの時間を指し、核種ごとに特定の値をとります (図 12)。半減期が 8 日のヨウ素-131 を例に具体的に説明しましょう。ここに 1 万個のヨウ素-131 原子があるとします。それが、放射線を出して 5000 個に減少するまでに 8 日かかります。そして、そこからさらに 8 日経つと、5000 個の半分の 2500 個になります。さらに 8 日経つとその半分の 1250 個と、8 日毎に半分になります。半減期が短い核種には、数時間というものもあれば、数分や数千分の 1 秒のものもあります。セシウム-137 の半減期は約 30 年ですが、セシウム-134 は約 2 年です。半減期は核種によって異なるので、半減期を測定すれば放射線を出している核種を特定することができます。

図 13 は 2011 年 3 月 15 日以後の福島市の空間線量率の変化です。最も線量率が高かったのは 3 月 16 日で、その後はどんどん減ってきました。そして 4 月に入るとかなり減ってきて、5 月にはその減り方が緩やかになりました。ヨウ素-131 の半減期は 8 日ですから、1 カ月で 16 分の 1 になりました。1 年経つと 54 兆分の 1 になり、現在ではヨウ-131 からの放射線は検出されなくなりました。4 月以降の緩やかな減少は、半減期が約 30 年のセシウム-137 と半減期が約 2 年のセシウム-134 に由来する放射線です。この二つの核種はほぼ 1 対 1 の割合で飛散しました。この先、半減期が約 2 年のセシウム-134 は比較的速く減りますから、空間線量率は事故から 5 年後には 2 分の 1、30 年後には 4 分の 1 になります。

ところで、半減期が約 30 年のセシウム-137 によって汚染された食品を口にすると、体内に摂り込まれたセシウム-137 はいつまでも体内に留まるのでしょうか。実はそうはなりません。ヒトの身体

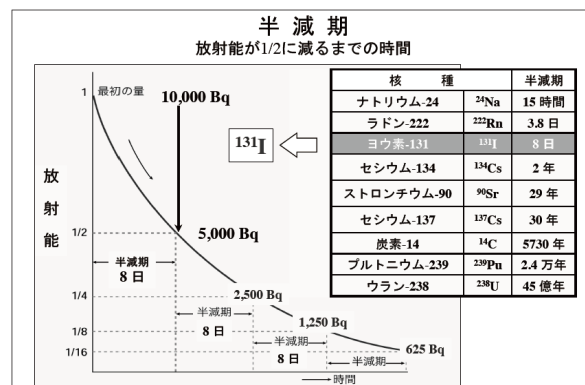


図 12

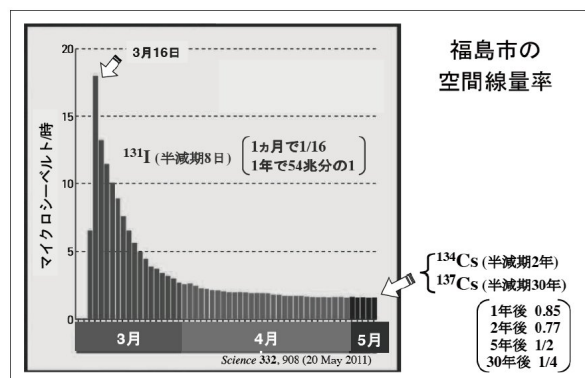


図 13

に摂り込まれた物質は代謝により体外に排出されます。ある物質の体内での存在量が半分になるのに要する時間を“生物学的半減期”と呼びます。これに対して、放射性物質（核種）の半減期を物理学的半減期と呼び区別することがあります。ヨウ素とセシウムの生物学的半減期を図 14 に示します。どちらも若年層ほど小さな値になりますが、若い人は新陳代謝が活発なためです。セシウムの生物学的半減期は大人で約 90 日ですから、物理的半減期が約 30 年のセシウム-137 を摂り込んでも実際には 3 ヶ月で半分になり、新たに摂取しなければ、心配するほど長く体内に留まることはありません。

生物学的半減期				
	生物学的半減期	物理学的半減期	体内の実際の半減期	
ヨウ素-131 (¹³¹ I)	乳児	11 日	8 日	4.6 日
	5 歳児	23 日		5.9 日
	成人	80 日		7.2 日
セシウム-137 (¹³⁷ Cs)	0~1 歳	9 日	30 年	9 日
	2~9 歳	38 日		38 日
	10~30 歳	70 日		70 日
	31~50 歳	90 日		89 日

食品と放射能Q&A, 消費者庁 (2011年8月25日)

図 14

9. 身の周りの放射線

放射線は私たちの周りに常に存在します。図 15 に示すように、私たちは普段の生活で 1 年間に約 2 mSv の放射線を受けます（日本の平均）。その内訳は、空からくる宇宙線の線量が約 0.3 mSv、大地から受ける線量が約 0.4 mSv です。大地には、花こう岩のようにウランやトリウムを含む岩石があり、そこから常に放射線が出ています。野菜や魚介類などの中にもごく微量のカリウム-40 やポロニウム-210 などが含まれていて、食品を通して体内に摂り込まれる放射性物質から受ける線量は 1 年当たり約 0.3 mSv になります。

鉄筋コンクリート造りの建物の中にいると、空気中のラドンという放射性物質から 1 年間に約 0.4 mSv の放射線を受けます。ラドンはコンクリートの骨材に含まれるごく微量のウランやラジウムから発生する放射性的な気体です（図 7 参照）。

10. 身体の中の放射性物質

原子力発電所の事故の有無にかかわらず、私たちの身体の中には微量の放射性物質が常に存在します。前述のカリウム-40 やポロニウム-210、それに炭素-14 などです。カリウムは野菜や米をつくるときに欠かせない重要な肥料の一つですが、私たちにとっても筋肉を動したり、神経細胞による情報伝達に欠かせない栄養素です。天然のカリウムの大部分は放射線を出さないカリウムですが、1 万個に 1 個の割合（0.01%）でカリウム-40 が含まれます。カリウム-40 は 13 億年の半減期で β 線と γ 線を出します。

体内のカリウムの量は体重に比例し（約 0.2%）、カリウム-40 はさらにその 0.01% ですから

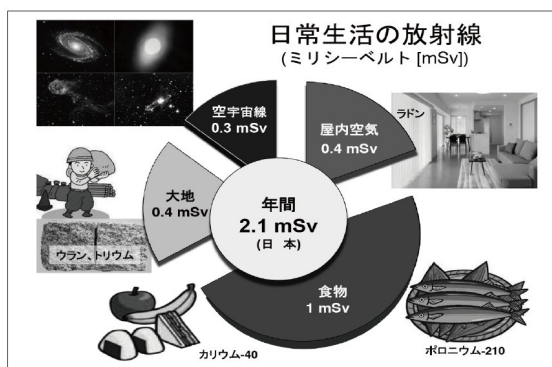


図 15



図 16

ら、体重が 60 kg の人は約 4000 Bq、体重 30 kg の子供なら約 2000 Bq のカリウム-40 をもっています。炭素-14 やポロニウム-210 など他の放射性物質と合わせると、体重 60 kg の人は総計で約 6000 Bq の放射性物質を常にもっています。個人差はありますが、体重 1 kg 当たり約 100 Bq です。私は違うという例外はなく、誰もがこれらの放射性物質を体内にもっています。しかし、これは大昔から続くごく自然な状態であり、病気の原因になると心配する必要はありません。

11. 放射線の健康への影響

次に、皆さんも関心が高いと思われる放射線の健康への影響について述べます。報道等では、1 mSv という数値が頻繁に出てきて、1 mSv 以下なら大丈夫だが、1 mSv を超えたら危険だといっています。しかし、必ずしもそうではありません。

実は、200 mSv までは医学的影響をほとんど見い出せません。広島・長崎の原爆投下以来 70 年にわたり被ばく量と健康の相関について多くの研究がなされ結果が蓄積されていますが、これが科学的な事実です。ただし、500 mSv を超えると、白血球が減るなどの影響が見られます。そのため、放射線作業に従事する人（職業人）には、被ばく線量の常時測定と血液検査を含む定期健康診断が義務づけられています。

図 17 に、4000 という数字があります。全身で 4000 mSv の放射線を受けると、半数の人が 30 日以内に死亡することが分かっています。広島や長崎では、原爆により直接亡くなった人の被ばく線量は、瞬時に 4000 mSv を超えました。身近な放射線被ばくの例は胸の X 線検査です。この時の線量は 1 回当たり約 0.05 mSv です。飛行機に乗ってニューヨークを往復すると、宇宙線による被ばくが約 0.2 mSv になります。航空会社のパイロットや客室アテンダントは、週に何度も乗務しますが病気になることはありません。胃の X 線検査では 1 回当たり 0.6 mSv くらいになります。ICRP（国際放射線防護委員会）が一つの基準値として勧告しているのが 100 mSv で、この線量で公衆のがんの死亡率が 0.5% 増えると見積もっています。

日常生活における被ばく量は、日本では年平均約 2 mSv ですが、ICRP は公衆の被ばく限度を年間 1 mSv としています（図 18）。この 1 mSv に法律の定めはありませんが、被ばくすることによって何ら利益を受けない人たちが不必要な被ばくを受けないための公衆の被ばく線量の限度と定め、“安心”の目安としています。この限度に医療被ばくを含めませんが、日本人の医療被ばくは平均で年に約 4 mSv です。

なお、医療や研究などで放射線を使う仕事に従事する人、つまり放射線作業従事者につ

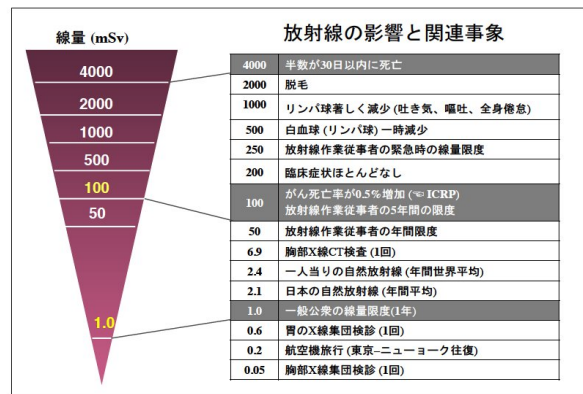


図 17

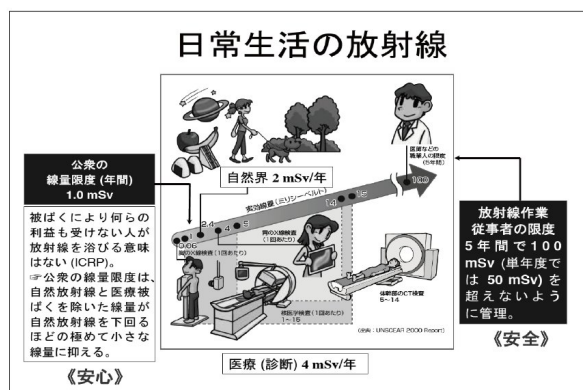


図 18

いては、良好な労働環境を守るという観点から許容される被ばく線量は年間 50 mSv 以内、さらに 5 年間の合計で 100 mSv 以内とすることが法律で定められています。

12. リスク（危険性）とベネフィット（便益）

図 19 に、被ばく線量と急性放射線障害の関係を示します。同じ線量でも全身被ばくと局部被ばくとではその臨床症状に大きな違いがあります。全身に 4000 mSv の放射線を受けると死に至りますが、皮膚の一部の被ばくでは脱毛（3000 mSv）や紅斑（5000 mSv）のような症状が現れるものの、死亡することはありません。このように線量が高くなればリスク（危険性）は増大しますが、リスクを知った上で放射線をうまく利用すれば、大きなベネフィット（便益）が得られます。特に、医学利用の便益は大きく、最近では診断や治療に広く用いられ、私たちの健康維持に欠かせないものになっています。

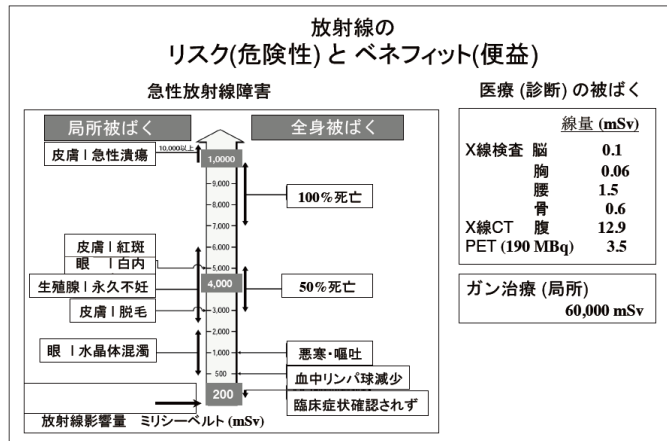


図 19

がんの放射線治療では、局所的ですが線量が 60000 mSv (60 Sv) に達することがあります。全身被ばくなら死に至る線量ですが、がん細胞に焦点を絞って放射線を照射してがん細胞だけを死滅させ、通常の細胞への副作用を極力抑えるように工夫されています。とはいえ、医療被ばくのリスク低減に注意を払うことも大切で、その上で恩恵にあずかりたいものです。

13. 講演の結語

放射線と聞くと、皆さんは原子力発電所を連想するかも知れません。しかし放射線は自然界のどこにでも常に存在しています。また医療分野のみならず、工業や農業などにおいても広く利用されています（図 20）。放射線が社会の幅広い分野で役に立っていることも忘れないでください。本日は、放射線の正体とその作用について基礎的な話をしました。放射線の正体を知って正しく怖がる。その判断力を身につけていただければ幸いです。

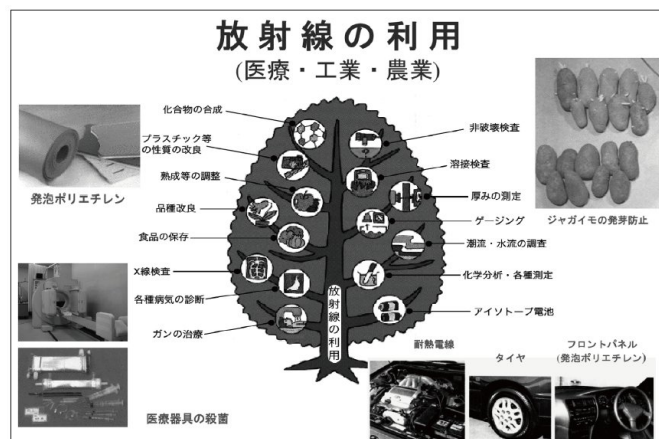


図 20