

# なかなか人に聞けない豆知識 ～放射線あれこれ（放射性物質・・・）～

前回に続いて、核医学検査やPET検査で使う放射線について以前の豆知識（放射線あれこれ（放射性物質・・・））の内容を見直して掲載したいと思います。

内容的には、放射線について初めて聞く人向けに概要を説明した初級編です。

## 放射線あれこれ（放射性物質・・・）

### 放射能の発見

放射能の発見は、親子代々蛍光物質の研究を重ねてきたベクレル博士が始まりです。

レントゲン博士が陰極線の実験から離れた場所にあった蛍光物質を光らせるX線を発見したニュースを聞いて、光を当てると蛍光物質自体もX線を出しているに違いないという思い込みが端を発しました。

ベクレル博士の予想通り黒い厚紙で覆われた写真乾板に蛍光物質が現れました。

更に実験を進めるうちに日差しが陰り、実験を中止して引き出しの中に蛍光物質と乾板をしまいこみ、数日後日差しが強い日に再開しました。

再開前に乾板を現像してみると、蛍光物質が写っていました。

蛍光物質自体から未知のX線に似た性質のものが放出されていると考えました。

実験を進めるうち、蛍光物質が全て放射線を出しているのではなく、最初に実験したウラン塩だけだと分かりました。

思い込みと偶然により、X線発見の翌年1896年に放射性物質が発見されました。

この発見を元に2年後、キュリー夫妻が放射性物質のトリウム、ポロニウム、ラジウムの放射性元素を発見し、透過力が強い放射線を放出する性質を“放射能”と名付けました。

翌年、ラザフォード博士は、トリウムから放射性物質の気体が発生することに気付き、放射線は原子が崩壊して別の原子になるときに放出されるものであるという基本的理念を見つけ出しました。

またウランから放出される異なる2種類の放射線があることを発見し、透過能が小さく物質にエネルギーを吸収されやすい線をアルファ（ $\alpha$ ）線、透過能の大きい線をベータ（ $\beta$ ）線と名付けました。

更に「原子は原子核と電子から成り立つ」という、今私たちが信じている原子構造を提唱しました。ラザフォード博士の功績は非常に大きいものです。

2年後、現在の医療で最も利用されているガンマ（ $\gamma$ ）線をヴィラールが発見しました。

放射線関連の発見は、1895年から1900年の5年間に集中しています。まさに“牛に引かれて善光寺参り”の諺のように偶然の発見が良い結果に導かれています。この構図は、放射線の原理そのものです。



## 放射線の種類

放射線は原子核から放出される！！

放射線には、粒子線（ $\alpha$ 線や $\beta$ 線）と電磁波（ $\gamma$ 線）があり、全て原子核から放出されます。



### アルファ崩壊

原子核から陽子、中性子各2個が放出され、原子番号、質量数が変わり、別の元素となります。原子核の中から陽子2個、中性子2個が一同となって飛び出して来るものをアルファ線と言います。これは、粒子のため、短い距離で、空気中の物質の電子を電離・励起してエネルギーを失って止まってしまいます。アルファ線の与えるエネルギーを大きく、主にウラン、ラジウムなど大きい原子核から発生します。

### ベータ崩壊

中性子が陽子になるときにマイナスの電子1個が放出され、原子番号は変わらないが質量数が1個減る形になります。原子核の中の1個の中性子が陽子になるときに、原子核の中から出て来る高速の電子をベータ線といい、ベータ線を出す壊変をベータ壊変と言います。電子であるベータ線は、原子核のアルファ線に比べ、非常に小さく、アルファ線より長いが同様にエネルギーを失って止まります。与えるエネルギーは、アルファ線より低くなります。

### ガンマ線

アルファ崩壊、ベータ崩壊に伴ってガンマ線が放出されることがあります。アルファ線やベータ線を出した原子核の多くは、不安定な状態（励起状態）になり、その励起状態の原子核は、安定な状態になる時にエネルギーを外へ放出します。その放出されたエネルギーをガンマ線と言います。ガンマ線を放出しても原子核の種類は変わらず、安定した状態の元素となります。ガンマ線は、X線と同様に電磁波で、原子をすり抜けて長い飛程を持ちます。

### 放射線の透過力

放射能（放射性物質の放射線）は、粒子線（アルファ線、ベータ線、中性子線）と電磁波（ガンマ線）の2つがあります。

アルファ線は大きなHeの原子核がプラスの電荷をもった粒子となって飛び出してくるので、空中の電子とすぐに反応して急速に止まります。

ベータ線は、マイナスの電荷をもつ小さな電子が粒子となって飛び出します。比較的短い距離で、やはり電子と反応して止まります。

ガンマ線は、電荷を持たない電磁波で長い距離まで到達します。

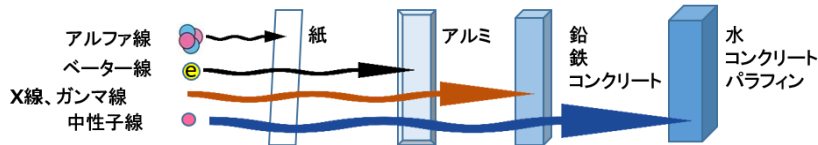
X線は、人工的に作り出されたガンマ線様の電磁波で、ガンマ線と同様の周波数帯域に存在し、ほぼ同じ透過力を示します。

中性子は、粒子線ではありますが電荷を持たず、原子核への衝突によってエネルギーを失い止まります。

しかし、鉛などの大きな原子核に衝突しても方向が変わるぐらいで、なかなか減速をしません。

透過力は最も強くなります。通常は、中性子と同じぐらいの小さな原子核の水素原子と衝突して減速します。

放射線の透過力



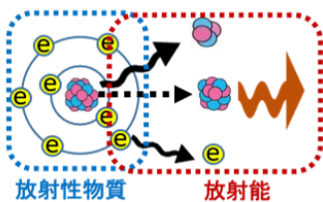
## 放射能とX線・・・違いは？

放射能（放射性物質の放射線）は、粒子線（アルファ線、ベータ線、陽子線、中性子線）と電磁波（ガンマ線）の2つがあります。

ガンマ線は、X線と同じ電磁波で、同じような周波数帯域に存在します。

ガンマ線とX線の決定的違いは、X線は人為的に制御でき、放射性物質の生成物のガンマ線は制御できないことです。

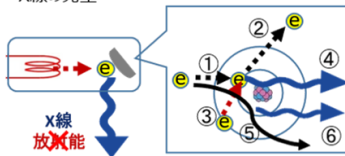
放射性物質と放射能の違い



放射線を出す元素（物質）を放射性物質、放射線を出す能力を放射能と言います。放射性物質は、自然には、ウランやトリウム、カリウム、炭素などがあり、原発事故で話題となっているヨウ素、セシウムは、人工的に、原発や放射線発生装置（加速器など）などからの生成物です。

X線は、人工的に作り出した電磁波です。

X線の発生



- ① X線管球と呼ばれる真空管の中でフィラメントに高電圧を印加すると高速の電子が飛び出します。
- ② その電子がターゲット（高速回転する重金属）に衝突して、その原子核内電子を弾き飛ばします。
- ③ 飛ばされた電子を補充するため、外周で回っている電子がその場所に移動します。
- ④ 外側と内側の遠心力？の差分エネルギーを電磁波として放出します。これが特性X線です。
- ⑤ 原子核内の電子に衝突せずに通り抜ける電子もあります。しかしその際は、軌道が曲げられて電子のスピードが弱まります。
- ⑥ 今度はそのエネルギーの差分が連続（制動）X線として放出されます。この2種類の合計がX線出力として放出されます。

## 休憩室



### 放射性標識

病院でよく見かける放射性標識の3つの葉は、アルファ線、ベータ線、ガンマ線を意味しているそうです。

でもレントゲン（X線）撮影室やCT室に貼ってありますよね！X線もガンマ線に含まれるのでいいのかな～

## 放射能・放射線の単位は？

放射能とは放射線を発する能力のことですが、その能力を表すのがベクレル、人体が直接受ける放射線量を表すのがシーベルトなのです。

現在使われている放射能の強さや放射線の量を表す単位は、ベクレル（Bq）やグレイ（Gy）、シーベルト（Sv）の3種類です。

歴史的には、R（レントゲン）、rad（ラド）、rem（レム）、Ci（キュリー）は、以前使われていましたが、国際単位でなくなったために使われなくなってきています。

### ベクレル

放射性物質が放射線を出す能力（放射能の強さ）を表す単位

1秒間に原子核が壊変（崩壊）する数を表し、ベクレル（Bq）で個数／秒で単位で数えられます。

放射性物質がどのくらい物質の中に含まれているかを表わす時はBq/kgの単位を使うこともあります。

### グレイ

人体の組織に吸収された量を表す単位（吸収線量）

放射線により物質や人体の組織にどれだけのエネルギーが吸収されたかを表します。表記はグレイ（Gy）であり、1Gyは、1キログラム当たり1ジュール（J）のエネルギーの吸収があった時の線量で、表記はジュール／キログラム（J/kg）となります。

がん治療や滅菌照射など、人に対する影響よりも照射した効果を期待する際に使用される単位となっています。

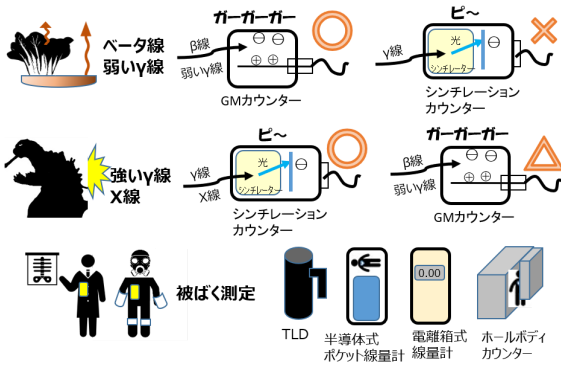
### シーベルト

吸収線量に、人体が受けた放射線による影響の度合いをプラスした単位

放射線による人体への影響の度合いをシーベルト（Sv）という単位で表します。放射線の種類やエネルギーの違い、人体の組織や臓器の種類によって現れる影響の程度に差が出てきます。

この度合いを補正して、人体への影響を共通の認識（ものさし）であらわしたものです。放射線の被ばく管理に用いられる単位は2種類（実効線量、等価線量）あります。

## 放射能の量は、どの様にわかるの？



放射能は、目に見えないので、有無やその量を測定するのに専用の測定器が必要です。平成23年3月11日の福島原発事故から、様々な方面で放射線測定法が注目されています。

- ① 表面の汚染の有無と量（土壌、収穫物など）
- ② 空中の放射線の量
- ③ 個人の被ばくの有無と量（外からの被ばく、内から被ばく）

目的に3つに分類されます。

放射線の種類	測定器の種類	用途
表面の汚染の有無と量	アルファ線	ZnSシンチレーション式
	ベータ線	GM計測管式
空中の放射線の量（空間線量・積算線量）	ガンマ線	NaI・CsIシンチレーション式
		電離箱式
		GM計測管式
	Ge・Si・CdTe半導体検出器	
中性子線	$^3\text{He}$ ・ $^6\text{Li}$ 計測管など	
個人の被ばくの有無と量	外部被ばく ガンマ線 ベータ線 (中性子線) (アルファ線)	熱ルミネッセンス線量計 (TLD) OSL線量計 蛍光ガラス線量計 半導体式ポケット線量計 電離箱式線量計 フィルム/バッジ イメージングプレート (IP)
	内部被ばく ガンマ線 ベータ線 (アルファ線)	ホールボディカウンター 甲状腺モニタ (肺モニタ) NaIシンチレーションカウンター Ge半導体検出器 ガスフローカウンタ 液体シンチレーションカウンタ α線スペクトロメータ

## それぞれの単位は、どんな時に使うの・・・

### ベクレル

ベクレルは主に食品や水・土壌の中に含まれる放射能の総量を表す場合に「1キログラムあたり500ベクレル」の様な形で使います。

### グレイ

グレイは、人体が影響を加味せずに、実際に測定された線量です。医療分野における放射線診断・治療による医療被曝の線量を表す場合に使います。

測定値から、求められるのはグレイで、テレビやネットでよく発表されています。



## シーベルト

シーベルトとは、外部被曝や内部被曝で実際に人体が影響を受ける線量を表す単位で、「1時間あたり1ミリシーベルト」の様な形で用います。



被ばく量を表す時には、シーベルトを使います。

シーベルトは、ダメージ（線量）を足し算して年間や過去の積算量を求めることができます。



シーベルトには等価線量と実効線量がありますが、どんな使い分けをするの・・・



シーベルトは、いわば放射線に対するがんや遺伝性の影響の度合いを表しています。発がんは、細胞の遺伝子に傷がつき、何段階にもわたる変異が重なるなどして起こりますが、遺伝子に傷をつける力はベータ線やガンマ線よりアルファ線や中性子線のほうが大きいという特徴があります。

### 等価線量

放射線の種類による違いを考慮して、組織や臓器が放射線から受けたエネルギーをもとに計算した皮ふや甲状腺、眼の水晶体など組織・臓器ごとの放射線量でダメージの程度を表します。

### 実効線量

組織や臓器による放射線の影響の受けやすさの違いを考慮に入れて、それぞれに重みをつけて計算し、それらを足し合わせ、全身のダメージの程度を表します。

等価線量 = 吸収線量 × 放射線の加重係数

実効線量 = (臓器・組織1の等価線量 × 臓器・組織1の加重係数) + … + …

放射線加重係数		組織加重係数	
放射線の種類	放射線加重係数	組織・臓器	組織加重係数
X線・ガンマ線	1	赤色骨髄・肺・胃・大腸 乳房・その他残りの組織	0.12
ベータ線	1		
陽子線	2	生殖腺	0.08
アルファ線・核分裂片	20	膀胱・食道・肝・甲状腺	0.04
中性子線	2.5～20	骨表面・脳・唾液腺・皮膚	0.01

ICRP Publication 103 2007

以上で「レントゲンあれこれ・・・」は、終了です。

以前に掲載していた内容で、少し古く、新人用に難しいことは避けて、ネットですぐ調べられる概説的内容になってしまいました。

今回で、以前のなかなか人に聞けない豆知識の過去版のリメイクは、終了です。

最後まで、つたない説明にお付き合いいただきありがとうございました。