



# 「原子カワンプoint」

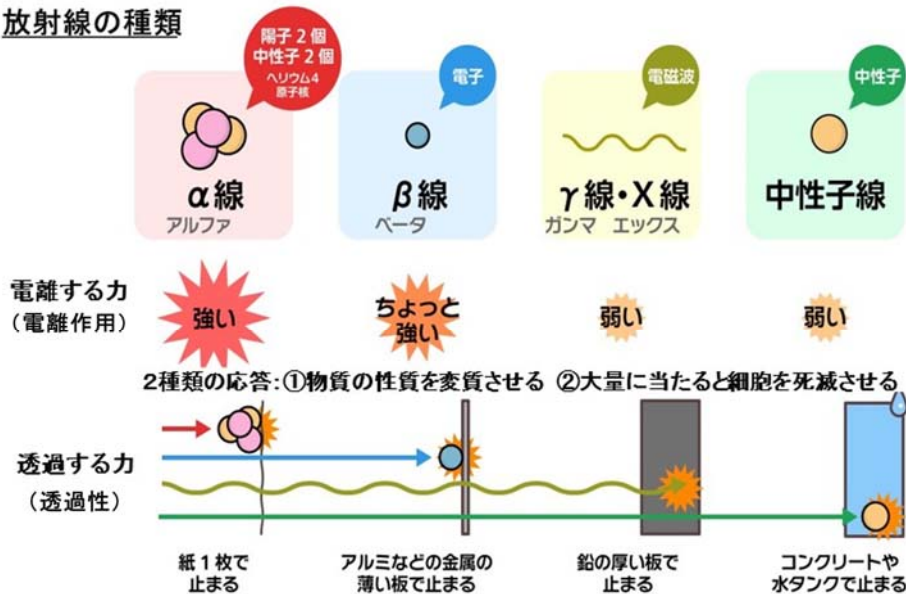
あなたに伝えたい放射線の話 (10)

放射線の性質と利用例—その1：放射線の透過性—



- 放射線は、物質を透過する性質を持っています。
- この透過性を利用した放射線利用として、X線撮影、医療診断CT、医療診断PET、非破壊検査(空港にある手荷物検査装置)などを挙げるすることができます。

## 放射線の種類



(参考:放射線いろいろ—Higgs Tan)



**放射線博士**：前回までの話では、医療、農業、工業のように様々な分野における放射線の利用事例を紹介しました。今回は、視点を変えて、放射線が持つ特性（①物質の中を通り抜ける能力「透過性」、②物質を電離する能力「電離作用」）を軸にし、放射線の利用事例を整理することにしました。

本コラムではまず「①透過性」に的を絞って解説します。



**リケジョさん**：私は、分野別に放射線の利用例をまとめれば十分と思うのですが、どうして、放射線の性質で利用例を見直す必要があるのですか？



**放射線博士**：実は、令和3年度より、中学校では新学習指導要領が全面実施され、理科の授業において、「放射線の性質と利用にも触れること」が求められているのです。このため、放射線の性質に沿って利用例をまとめてみれば、参考になるのではないかと思います。



リケジョさん：博士の考えはよくわかりました。それでは、「①透過性」について教えてください。



**放射線博士**：上記の図をもう一度みてください。

放射線には、原子よりも小さな粒子線と波長の短い電磁波の2種類があります。粒子線には、アルファ（ $\alpha$ ）線、ベータ（ $\beta$ ）線、中性子線などがあり、電磁波には、「エックス（X）線やガンマ（ $\gamma$ ）線」<sup>i</sup>があります。いずれも物質を通り抜ける能力があります。これを「透過性」といいます。

$\alpha$ 線はほかの放射線、例えば $\beta$ 線に比べると透過力は弱く、薄い紙一枚で止まります。 $\beta$ 線は紙では通り抜け、アルミニウムなどの薄い金属板で止まります。電磁波である $\gamma$ 線やX線は、アルミニウムなどの密度の小さな金属板では通り抜け、密度の大きな鉛や厚い鉄の板で止まります。

一方、電気を帯びていない中性子線は、他の放射線とは異なり、アルミニウムや鉛のような金属は簡単に透過してしまうという特殊な能力を持っていますが、水やコンクリートにぶつくと止まってしまいます。



リケジョさん：なるほど、不思議ですね。例えばボールを投げた時、他の物にぶつかればボールは止まりますが、放射線は物をすり抜けることができるのですね。



**放射線博士**：その通りです。ところで、放射線は目に見えないのに誰が、どうやって見つけたのでしょうか？実は、その答えが、放射線の有効利用に新たな道を切り開くことになったのです。



リケジョさん：確かに、それも不思議ですね。誰がどうやって見つけたのか、教えてください。



**放射線博士**：今から約120年前の1895年、ドイツのレントゲン博士（当時ヴェルツブルグ大学教授）は、真空状態にしたガラス管に数千ボルトの電圧をかけて放電させるという実験を行っている時、不思議な光の存在に気づきました。次頁の図を見てください。放電管は、厚い黒色の紙で覆われているにもかかわらず近くに置いてあった蛍光物質が、発光していたのです。博士は、「目には見えない物を突き抜ける不思議な光が出ているのでは？」と考えて、これをX線と名づけました。

博士は、しばらくしてから奥さんに、X線が流れていると思われる道の途中に手をかざしてもらいました。その後で、手の下に置かれていた写真乾板を現像してみると、骨と指輪だけの写真が撮れました。まさに世界で最初のレントゲン写真が撮られた瞬間です。

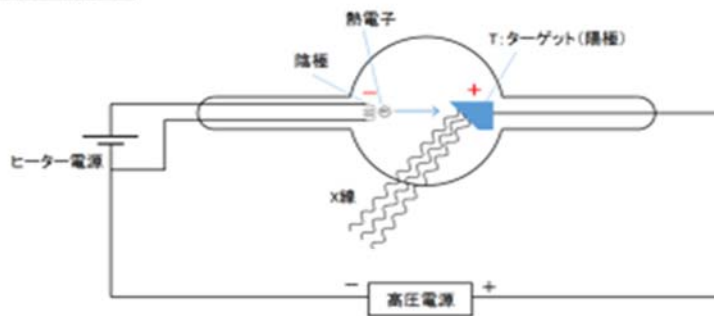
---

<sup>i</sup> エックス（X）線とガンマ（ $\gamma$ ）線はいずれも波長の短い電磁波（光と同じ性質）である。両者は兄弟のようなもので、特徴がとても似ており、発生の仕組みによって区別されている。すなわち、X線は、原子核の外側で発生するので「原子核外起源の電磁波」、 $\gamma$ 線は、原子核の中から放出される電磁波なので「原子核内起源の電磁波」と呼ばれている。

## X線の発生原理



レントゲンが初めて撮影した  
妻の手のエックス線写真  
出典：北島 隆『放射線障害の認定』  
金原出版 1971年



X線は真空中の電極間に高電圧を加えて、その間を電子が飛んで電極にぶつかった時に発生します。

(引用：初めてのX線発生装置「Lab BRAINS-アズワン」)

このニュースは世界を驚かせました。人々の間では手のレントゲン写真を撮ること（以下「X線撮影」という）がはやったそうです。レントゲンは1901年、第1回のノーベル物理学賞を受賞しました。

X線には、大きな問題点もあります。大量に浴びると白血病やがんといった病気になる恐れがあります。X線が発見されたころは人体への影響がわかっておらず、学者や助手が病気になることが多くありました。ノーベル賞を2度も受賞したフランスの科学者マリー・キュリーも、放射線を浴び続けたことで白血病になって亡くなりました。

そのため、放射線利用にあたっては、①線源からの距離をとり、②放射線の遮蔽対策を施し、③照射時間は短くする、という外部被ばく防護の3原則をしっかり守って、放射線の悪い影響を防ぐ環境の整備が進められました。

現在は放射線の利用に際し、施設や設備の適切な管理や、放射線作業に従事する人々の被ばく線量を確実に測定することにより、安全を保つよう法律が定められています。わが国では、放射性物質や放射線発生装置などによる放射線の利用は、放射線障害防止法および原子炉等規制法のほか、労働安全衛生法、医療法などいろいろな法律によってきびしく規制されています。



リケジョさん：放射線の安全管理に気をつけてうまく利用すれば、他の方法では得られない有効利用の道が開けるといことですね。ところで、透過性を利用した事例はX線撮影以外にもあるのですか？



放射線博士：もちろんです。下記の表を見てください。

## 放射線の性質と利用例

### 放射線の性質：透過性

物質を透過するため、生体そのものへの影響を小さく抑えながら、その細部や内部の状態を調べることができます。

### 放射線の利用事例

⇒X線撮影、X線CT（コンピュータ断層撮影）、PET（陽電子放出断層撮影）、空港にある手荷物の非破壊検査、工場で金属板の厚さを測ることなど。

（詳しくは後述の解説を参照ください。）



リケジョさん：放射線の性質を軸にしてみるのも面白いですね。博士、ありがとうございました！

（原産協会：人材育成部）

## 「解説：透過性を利用した放射線の具体的な利用例」

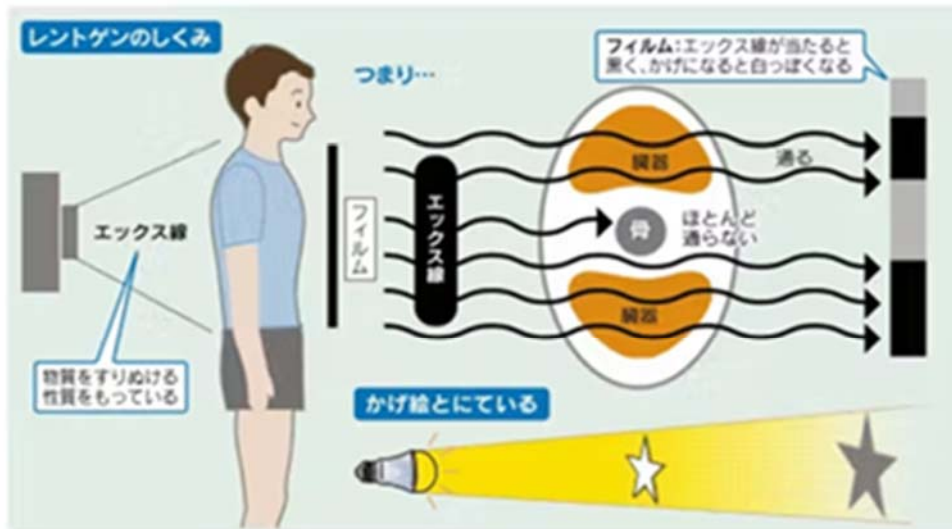
### 1. X線撮影の原理とその応用

#### （1）X線撮影の原理

X線は光の一種です。人の体は、とても小さな粒子である「原子」というものから構成されています。原子と原子の間には非常に小さなすき間があって、波長の短いX線はそこを通り抜けることができます。しかし、骨のように密度が高い物質は原子がぎゅうぎゅうにつまっっていて、通り抜けようとするX線をじゃまします。

X線で撮影した写真（以下「X線写真」という）は影絵のようなものです。光を物に当てると、後ろの壁に影ができます。X線写真では、専用のフィルム（写真乾板）が用意されており、X線が当たると黒く、当たらない部分は白くなります<sup>ii</sup>。それでX線写真は、歯や骨は白っぽく、筋肉などは黒く写ります（次頁図参照）。

<sup>ii</sup>レントゲン博士の時代は「写真乾板」という放射線に反応する特殊な液体が塗られたガラス版を使用していた。そのため、骨や金属の指輪などはX線の進行を阻害して透過させないようにするため写真の上では黒く見えており、現在見慣れているレントゲン画像と比べると白黒が逆転した「反転画像」になっていることに注意する必要がある。



(参考:レントゲンでなぜ体の中が見えるの? Style.Nikkei.com)

## (2) X線撮影の応用: 「コンピュータ断層撮影 (CT)」と「陽電子放出断層撮影 (PET)」

レントゲンによるX線の発見によって医療における診断技術が大きく進歩しました。特にがんの診断では、X線撮影を応用したコンピュータ断層撮影 (CT) と、ガンマ線の透過性を利用した陽電子放出断層撮影 (PET) を組み合わせた「PET-CT」システムを使った検査が基本となりつつあります。

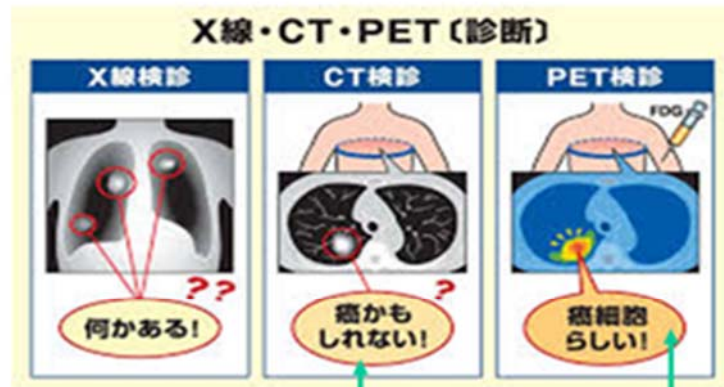
まず、コンピュータ断層撮影 (CT) 装置について説明します。

CT装置では、X線を、患者の体外から広範囲に照射します。そして、X線を照射したときの「透過率」から、コンピュータを使って身体の高切りの画像を作り、その画像を分析することでがん細胞の位置や大きさを調べることができます。

次に、陽電子放出断層撮影 (PET) 装置を使った診断の方法について説明します。

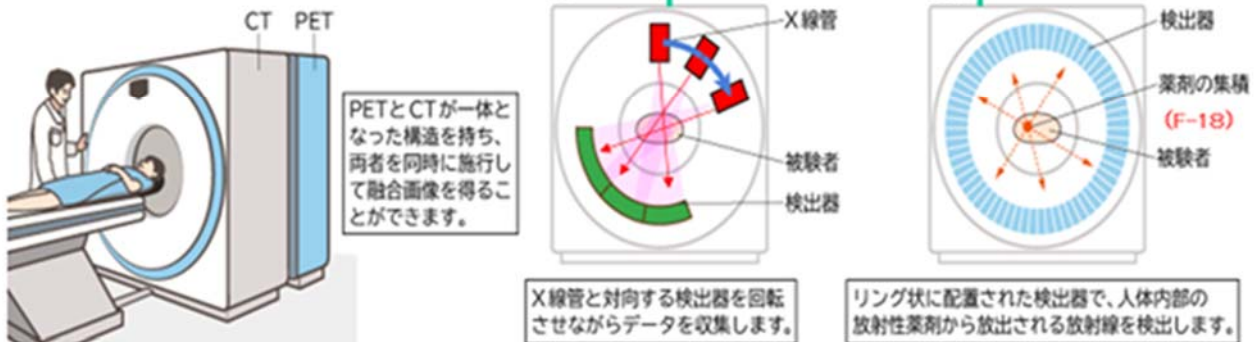
がんなどの悪性腫瘍は多くのブドウ糖を吸収します。そのため、ブドウ糖にフッ素-18という「放射性同位元素<sup>iii</sup>」をくっつけた特殊な薬剤を患者の体内に注射すると、がん細胞にたくさん集められます。がん細胞に取り込まれたフッ素-18から、体外に透過してくるガンマ線を、コンピュータで画像処理することにより、がん細胞の位置や大きさ、進行度合いを調べることができます (次頁図参照)。

<sup>iii</sup> 原子番号が同じで質量数 (原子核を構成する陽子と中性子の個数の合計) の異なる元素を同位元素という。この同位元素のうち、放射線を放出する能力を持つものを放射性同位元素と呼ぶ。



(参考: PET-CTとは「国立国際医療研究センター病院」)

PET-CT装置のしくみ



(参考: PETスキャナー「電源装置なら松定プレジジョン」)

## 2. 非破壊検査 (空港にある手荷物検査装置など)

手荷物のすべてを動くベルトに乗せて運び入れる箱型の検査機は、X線を照射して検査官がスクリーンに写しだされた内容を監視するものです。金属製の刃物、ピストルなど危険なものを発見することが目的です。

上で述べたように、X線は、物質を透過することができ、透過する間にエネルギーを失っていく性質があります。失うエネルギーの量は物質ごとに異なります。このことをうまく利用すると、写し出された画像から金属製の危険物の存在を調べることができます。

ちなみに、空港にある手荷物検査機からは、少量ですがX線が出ていますから、手荷物検査を受けながら傍らを通る人たちも、わずかにこれから出ているX線を受けます。測定結果によると、1回の検査で、せいぜい100分の1マイクロシーベルトくらいの被ばくにすぎません。

日本人が日常生活で受けている自然放射線量は、1日当たり約6マイクロシーベルトであり、両者を比較すれば心配する必要のないことがわかります (次頁図参照)。

## 手荷物のX線検査例



(引用: 政府広報オンライン)



(引用: (株)サンモニター)