

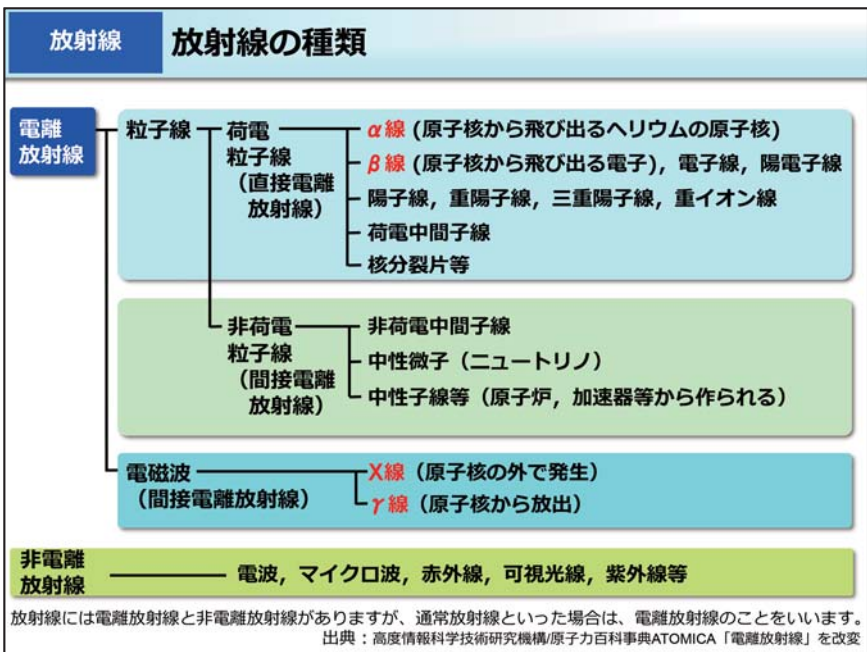
$\alpha$  (アルファ) 線、 $\beta$  (ベータ) 線、 $\gamma$  (ガンマ) 線、X (エックス) 線という名前は、これらの放射線が発見された当時、その実体が分からないために付けられた名称です。今では、 $\alpha$  線とは、陽子2個と中性子2個からなるヘリウム原子核が高速で飛び出したものであることが分かっています。また $\beta$  線は原子核から飛び出した電子です。ヘリウム原子核は、電子の約7,300倍の重さです。 $\alpha$  線や $\beta$  線を出した直後の原子核は、通常、まだエネルギーが高く、不安定な状態なので、 $\gamma$  線を出して、より安定した状態になろうとします。しかし中には $\gamma$  線を出さないものもあります。

$\alpha$  線、 $\beta$  線、 $\gamma$  線が原子核から放出されるのに対し、X線は原子核の外側で発生する電磁波です。X線と異なり、 $\gamma$  線は原子核から発生しますが、どちらも実態は同じ電磁波です。中性子は、原子核を構成する粒子の一つです。原子核が核分裂する等の際に運動エネルギーを持って原子核の外へ飛び出す中性子のことを中性子線といいます。

(関連ページ：上巻 P14「放射線の種類」、上巻 P15「電離放射線の種類」)

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



放射線と一般的にいう場合、電離放射線のことをいいます。電離放射線は物質を構成する原子を電離（正電荷のイオンと負電荷の電子に分離）する能力を有し、粒子線と電磁波があります。

粒子線の仲間には、 $\alpha$ （アルファ）線、 $\beta$ （ベータ）線、中性子線等が含まれます（上巻 P13「放射線はどこで生まれる？」）。粒子線のうち、電荷を持つ（イオン化した）ものを荷電粒子線、電荷を持たないものを非荷電粒子線と呼びます。 $\gamma$ （ガンマ）線、X（エックス）線は電磁波の一種です。

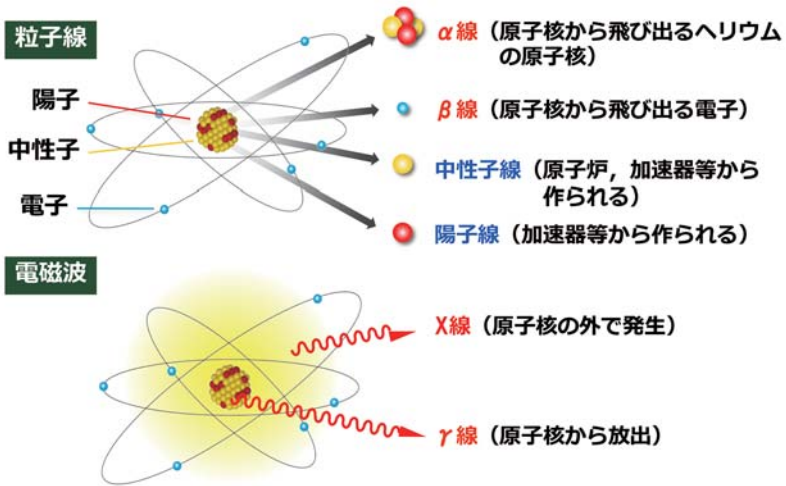
電磁波でも、電波、赤外線、可視光線のように電離作用を持たないものがあり、それらを非電離放射線と呼びます。紫外線は一部に電離作用がありますが、一般的には非電離放射線に分類されます（上巻 P15「電離放射線の種類」）。

（関連ページ：上巻 P19「放射線の種類と生物への影響力」、上巻 P20「放射線の透過力」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

## 電離放射線 電離作用を有する放射線



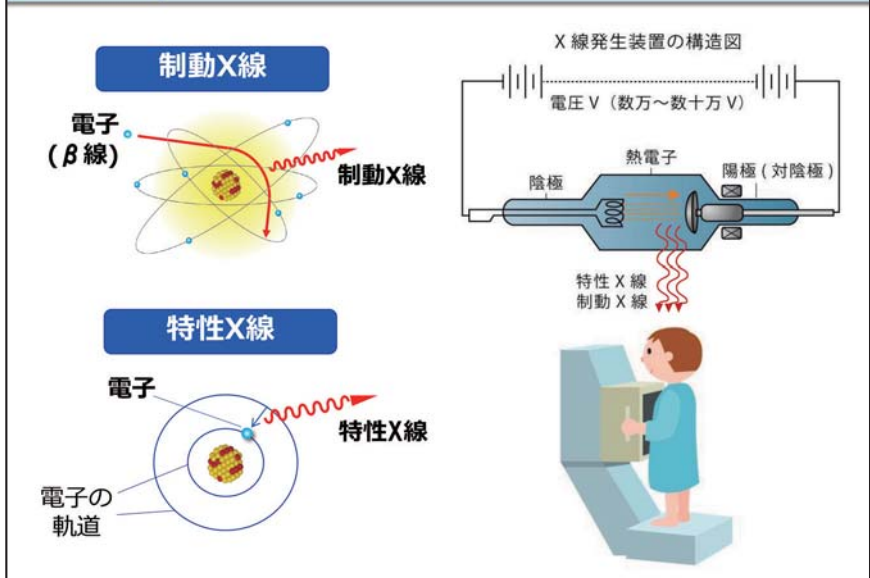
粒子線の仲間には、 $\alpha$  (アルファ) 線、 $\beta$  (ベータ) 線、中性子線等が含まれます。 $\alpha$  線とは、陽子2個と中性子2個からなるヘリウム原子核が高速で飛び出したもの、 $\beta$  線は原子核から飛び出した電子です。そのほかに中性子線や陽子線も粒子線の仲間です。

$\gamma$  (ガンマ) 線とX (エックス) 線は電磁波の仲間です。 $\alpha$  線、 $\beta$  線、 $\gamma$  線が原子核から放出されるのに対し、健康診査等で行われるX線検査で利用されるX線は原子核の外側で発生する電磁波です。X線検査の際には、X線管で発生させるX線が利用されます。X線には、制動X線と特性X線があります(上巻P16「医療で使われるエックス線と発生装置」)。

(関連ページ：上巻P13「放射線はどこで生まれる?」、上巻P14「放射線の種類」)

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



X（エックス）線検査の際には、X線管で発生させるX線が利用されます。X線管の内部では、陰極と陽極（タンガステン、モリブデン、銅等）の間に高電圧がかけられており、熱電子が真空中を陰極から陽極に高速で移動します。熱電子が陽極の原子核に引き寄せられて進行方向を変えるときに発生するX線を制動X線といいます。また、陽極の原子の内側の電子軌道の電子を弾き飛ばすと、この空いた電子軌道へ外側の電子軌道から電子が移動（遷移）します。これに伴い発生するX線を特性X線といいます。X線管で発生するX線のほとんどは制動X線です。

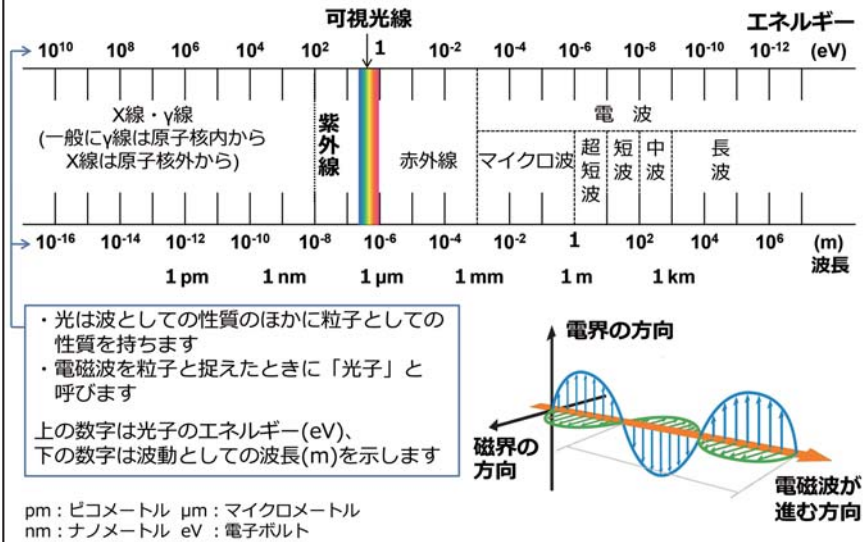
なお、X線管のスイッチを切れば、X線の発生は止まります。

医療分野で利用されるX線発生装置は、診断用と治療用に分けられます。撮影する目的や部位に応じてX線のエネルギーと量は調節されます。胸部X線撮影（診断）の場合、1回に受ける放射線量は、おおよそ0.06ミリシーベルトです。

（関連ページ：上巻 P63「自然・人工放射線からの被ばく線量」、上巻 P76「診断で受ける放射線量」）

本資料への収録日：2016年3月31日

改訂日：2022年3月31日



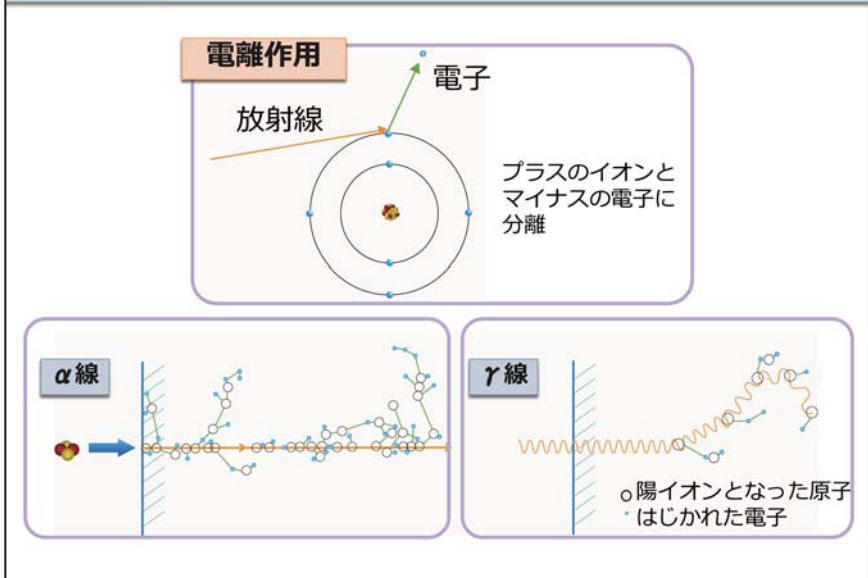
電磁波とは、電界（電場）と磁界（磁場）が相互に作用しながら空間を伝播する波のことです。波長が短くなる（周波数が高くなる）ほど、電磁波のエネルギーは高くなります。また放射線のエネルギーは電子ボルト（eV）で表されます。1 eV は  $1.6 \times 10^{-19}$  ジュール（J）です。

X（エックス）線とγ（ガンマ）線は、発生メカニズムの違いがありますが、どちらもエネルギーの高い電磁波です。

このように電磁波は、文字どおり波としての振る舞いをするところから、図に示すように電磁波が進む方向に対し直角な波型に表すことがあります。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日



放射線が物質中を通過する場合、持っているエネルギーにより、物質を構成している原子が持つ軌道電子を弾き出して、陽電荷を帯びた状態の原子（又は陽イオンの分子）と自由な電子とに分離します。これを電離作用といいます。

電離作用を持つ電離放射線の中には、物質を直接電離するものと、間接的に電離するものがあります。

$\alpha$ （アルファ）線、 $\beta$ （ベータ）線等の電荷を持った粒子線は、物質を直接電離します。特に $\alpha$ 線は、電離密度が高く、 $\beta$ 線等の数百倍の密度の電離を引き起こします。

$\gamma$ （ガンマ）線、X（エックス）線は、物質との相互作用によって発生した二次電子によって、物質を間接的に電離します。

（関連ページ：上巻 P14 「放射線の種類」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日

### ・ $\alpha$ 線

- 陽子 2 個 + 中性子 2 個
- ヘリウム (He) の原子核
- 荷電粒子 (2+)



電離密度高



### ・ $\beta$ 線

- 電子 (あるいは陽電子)
- 荷電粒子 (-あるいは+)



電離密度低



### ・ $\gamma$ 線・X線

- 電磁波 (光子)



電離密度低・透過力大

### ・ 中性子線

- 中性子
- 非荷電粒子



電離密度高



同じ電離数の場合、電離密度が高い方がより生物影響が大きい

$\alpha$  (アルファ) 線は生体組織に対する透過力が弱く、皮膚の角質層 (皮膚表面の死んだ細胞の層) を透過できないため、 $\alpha$  線による外部被ばくは問題になりません。しかし、 $\alpha$  線を放出する放射性物質による内部被ばくの場合は、組織内で局所的にたくさんの電離、すなわち、高密度の電離を起こし、集中的にエネルギーを与えます。そのため、DNA に大きな損傷を与え、生物への強い影響を引き起こします。

$\beta$  (ベータ) 線は $\alpha$  線同様、通った所の物質に直接電離を引き起こしますが、電離の密度は低く、生物に及ぼす影響力は $\alpha$  線ほど強くありません。 $\beta$  線も透過力は弱いですが、 $\alpha$  線よりも透過しますので、体外からの被ばくでは、皮膚や皮下組織に影響を与える可能性があります。

$\gamma$  (ガンマ) 線・X (エックス) 線は透過力が強く、深部の臓器・組織にまで到達しますが、やはり電離密度は高くありません。生物への影響力は $\beta$  線と同程度です。

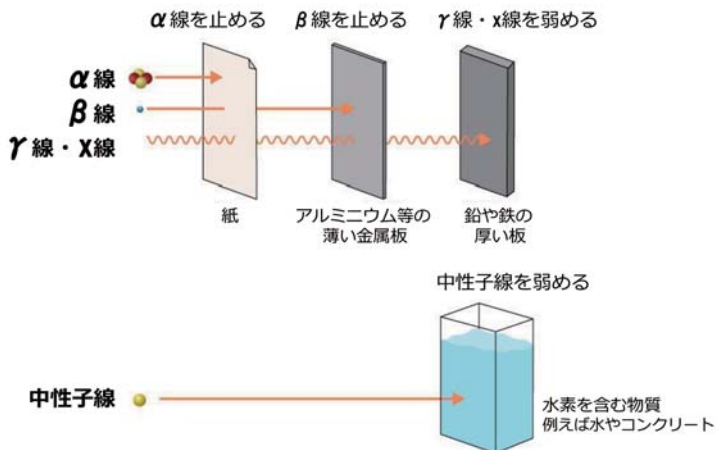
中性子は陽子と質量がほぼ同じであるため、中性子線は、陽子と衝突すると効率よく止まります。人体は水分を多く含んでいるため、中性子は水分子を構成する水素の原子核 (陽子) とぶつかりながら、エネルギーを失っていきます。

(関連ページ：上巻 P15 「電離放射線の種類」、上巻 P18 「放射線の電離作用－電離放射線の性質」)

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

放射線は、いろいろな物質で遮ることができます



電荷を持つ粒子や電磁波は、物質と相互作用し、エネルギー（速度）を失い、最終的には止まります。

$\alpha$ （アルファ）線は電離する量が極めて多いので、紙1枚で止まります。 $\beta$ （ベータ）線は、エネルギーによりますが、空気中では数m程度飛び、プラスチック1cm、アルミ板2～4mm程度で止まります。 $\gamma$ （ガンマ）線・X（エックス）線は $\alpha$ 線や $\beta$ 線よりも透過力が高く、これもエネルギーにより、空気中の原子と衝突しながら次第にエネルギーを失い、空気中を数十mから数百m飛びます。一方、密度の高い鉛や鉄の厚い板によって止めることができるため、放射線発生装置からの $\gamma$ 線やX線は、鉄等を用いて遮へいすることができます。

電荷を持たない中性子は、衝突によりエネルギーを失い、その後、物質との相互作用等で吸収されます。すなわち、中性子は、物質を構成する原子核と直接衝突することでエネルギー（速度）を失います。質量がほぼ同じである陽子（水素の原子核）と衝突する場合に最も効果的にエネルギーを失います。

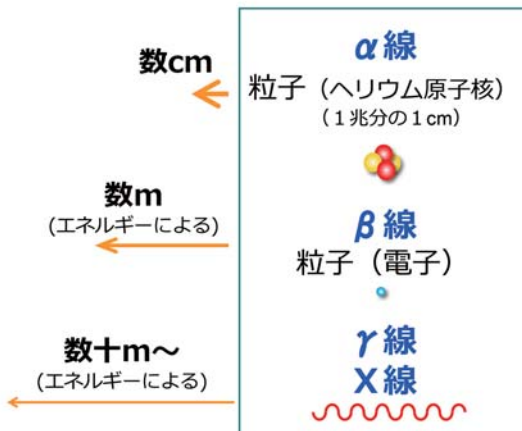
（関連ページ：上巻 P21「放射線の体内での透過力」）

本資料への収録日：2013年3月31日

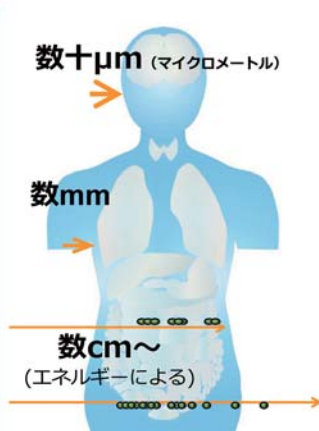
改訂日：2016年3月31日



## 空気中で飛ぶ距離



## 体に当たると



放射線はその種類によって、空気中や人体中の通りやすさが違います。そのため、外部被ばくと内部被ばくでは、問題となる放射線（ $\alpha$ （アルファ）線、 $\beta$ （ベータ）線、 $\gamma$ （ガンマ）線）や放射性物質（核種）が異なります。

$\alpha$ 線は空気中を数 cm 程度しか飛ぶことができず、紙一枚で止めることができます。外部被ばくでは、皮膚表面の死んだ細胞の層（角質層）より深く到達しないので、影響が現れることはありません。しかし、体内に入った場合には、近傍にある細胞に集中的にエネルギーを与えます。

$\beta$ 線が空気中で飛ぶ距離は数 m なので、線源が体から離れた所にある場合には、 $\beta$ 線はほとんど被ばくに寄与しません。体表面に付いた場合は皮膚と皮下組織に、体内に入った場合は、周囲数 mm の範囲にエネルギーを与えます。

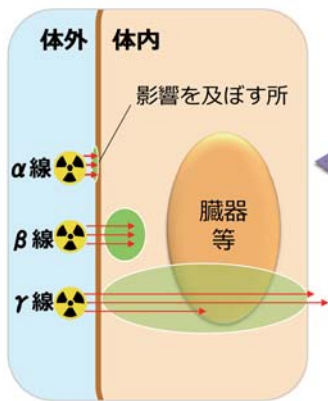
$\gamma$ 線・X（エックス）線は透過力が強く、空気中を数十 m から数百 m まで飛びます。体に当たった場合は、体の奥深くまで到達し、通り抜けてしまうこともあります。この通り道にエネルギーを与えます。X線検査では、X線が通り抜けやすい部分（肺等）は黒く映り、通り抜けにくい部分（骨等）は白く映ります。

（関連ページ：上巻 P22 「透過力と人体での影響範囲」）

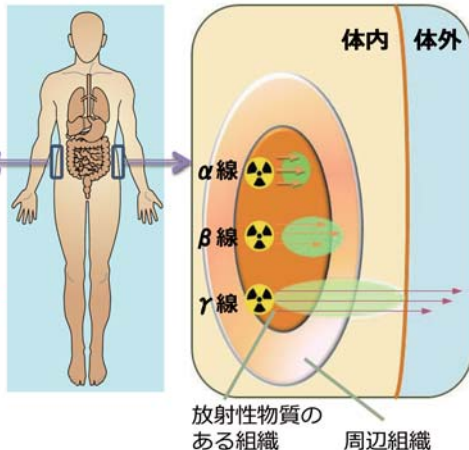
本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

放射性物質が体外にある場合



放射性物質が体内にある場合



外部被ばくでは、 $\alpha$ （アルファ）線に被ばくした場合、体表の角質層で止まってしまうこと（ $\alpha$ 線の透過距離はおよそ数十 $\mu\text{m}$ （マイクロメートル））から、影響が現れることはありません。 $\beta$ （ベータ）線は皮膚を通過すること（透過距離はおよそ数 $\text{mm}$ （ミリメートル））から、線量が相当高い場合には熱傷（やけど）のような症状を引き起こしますが、体の奥深くまで届くことはありません。 $\gamma$ （ガンマ）線は体の奥の重要な臓器まで到達します。こうしたことから、外部被ばくで問題になるのは主に $\gamma$ 線です。

一方、内部被ばくでは、 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線を放出する全ての放射性物質が体内の細胞に影響を及ぼす可能性があります。 $\alpha$ 線の場合は、飛ぶ距離から考えても、その影響は放射性物質が存在する組織内に限定されますが、生物への影響力は強く、内部被ばくに関しては特に気を付ける必要があります。 $\gamma$ 線の場合は、飛ぶ距離が長いいため、全身に影響を及ぼす可能性があります。

なお、ウラン等放射性物質の種類によっては、体内に取り込まれた場合、内部被ばくの影響だけでなく、化学的な金属毒性等の影響を受ける場合があります。

（関連ページ：上巻 P21 「放射線の体内での透過力」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日