

# 県民のみなさまへ

レントゲン週間  
令和2年11月2日～11月8日

兵庫県放射線技師会では毎年レントゲン週間を制定し放射線に関する一連の啓発に努めています

公益社団法人兵庫県放射線技師会では、1985年11月8日のレントゲン博士によるX線発見を記念して、毎年レントゲン週間を制定しています。今年は、11月2日から11月8日をレントゲン週間としました。

X線を含む放射線は、医療において多大な貢献をしています。しかし、東日本大震災に伴う原子力発電所の事故による「放射線」に対する「怖い」というイメージが根強く残っていると思います。

県民のみなさまには、放射線の専門家である「診療放射線技師」が、医療の現場でしっかり放射線を管理し、さらにこのように「放射線の正しい知識」を広める活動をしていることを知っていただければ幸いです。

# 放射線発見の歴史

## エックス線の発見

# ヴィルヘルム・C・レントゲン

Wilhelm Conrad Röntgen (1845~1923)

ドイツの物理学者。1895年にエックス線を発見し、この功績により、第1回ノーベル物理学賞を受賞した。



## エックス線をどうやって 見つけたの？

ドイツのヴュルツブルグ大学で陰極線という電子の流れの研究・実験をしていたレントゲンは、クルックス管という装置から陰極線のようなものが出ているのではと考え、管全体を黒いボール紙で覆い、検出するための蛍光紙を用意して観察しました。

1895年11月8日、机の上の蛍光紙の上に暗い線が現れたのに気がきました。この蛍光は通常、光を当てることによって起こるものですが、クルックス管は黒いボール紙で覆われており、光は遮られています。蛍光紙が光った原因は外からの光ではなくクルックス管からのものだと考え、管から2メートルまで離しても蛍光が起こることを確認しました。これにより、目には見えない「光のようなもの」が装置から出ていることを発見したのです。

「光のようなもの」は電磁波であり、この電磁波は陰極線のように磁気を受けても曲がらないことから

レントゲンは放射線の存在を確信し、数学の未知の数を表す「X」の文字を使い仮の名前としてエックス線(X線)と名付けました。

レントゲンは科学の発展は万人に与えられるべきであると考え、エックス線に関し特許などによって個人的に経済的利益を得ようとは一切しませんでした。

その後の研究により透過性の高いエックス線の発見はエックス線写真として医学に応用され、その功績に対し1901年最初のノーベル物理学賞が贈られました。このノーベル賞の賞金についても、ヴュルツブルグ大学に全額を寄付したそうです。



## 放射線とは？

高エネルギーの粒子線や電磁波の総称です。ここでいう粒子とは、電子、陽子、中性子などの物質を構成する粒子のことを指します。これらの粒子は通常の状態では放射線としての力はありませんが、すごい速さに加速することでエネルギーを得て、放射線(粒子線)になります。α線・β線などがこれに当たります。電磁波は、光や電波のことで、その中でも特に激しく振動しているエネルギーの大きなものを、放射線と呼びます。γ線やX線がこれに当たります。

α(アルファ)線は  
ヘリウムの原子核が  
飛んできたもの



β(ベータ)線は  
電子が飛んできたもの



エネルギー(低) ————— エネルギー(高)



# 放射線発見の歴史

ポロニウム・ラジウムの発見と精製

## マリー・キュリー

Marie Curie (1867~1934)

ポーランド出身の物理学者・化学者。キュリー夫人として有名。  
初めてのノーベル賞複数回受賞者。



### 放射能の名付け親！ キュリー夫人の功績とは？



キュリー夫人ことマリー・キュリーは1895年、レントゲンがエックス線を発見した年にピエール・キュリーと結婚しました。そこから多くの研究が始まっていきます。1896年にアンリ・ベクレルが報告したウラン化合物が放つ光線に着目し、その正体や原理をより深く研究し始めます。そしてこの放射現象がウランの含有量に左右される事を発見します。これはキュリー夫妻が明らかにした事柄の中で最も重要なものであります。この後すでに知られていた他の元素からもウランと同様の放射現象があることを発見します。そしてこの現象を起こす元素を「放射性元素」、放射現象を「放射能」と名付けたのです。

1903年、この夫婦の業績が認められ、ノーベル物理学賞を受賞しました。マリー・キュリーは女性初のノーベル賞受賞者となったのです。その後もさまざまな研究を行い報告をしていますが、最愛の夫ピエール、そして良き支援者であった義父ウジェーヌ・キュリーが亡くなるという悲しい出来事が続きます。しかし、1911年にラジウムとポロニウムの発見と、ラジウムの性質およびその化合物の研究において、化学に特筆すべき類いまれな功績を挙げたことが評価されて、ノーベル化学賞を受賞します。彼女は初めての二度のノーベル賞受賞者となったのです。

現在、彼女の実験室はパリのキュリー博物館として、そのままの姿で保存されています。またキュリー夫妻の業績をたたえられ、2人のお墓はパリのバンテオンに移され、フランス史の偉人に列されています。



### 放射線が医療に貢献！

マリー・キュリーが物静かな研究者から行動的な技術者となった時代があります。第一次世界大戦時には、エックス線の医療利用が可能でした。彼女は負傷者の体内にある銃弾や破片を手術前に確認できれば、生存率は上がると確信し、フランスの複数の病院にエックス線撮影装置を設置します。さらに彼女は自動車に撮影設備と発電機を載せて病院を回り始めます。この車は「プチ・キュリー」（ちびキュリー）と呼ばれました。その後エックス線装置より効率的なラドン（放射性物質）を使用するようになりましたが、その時の被ばくが後年の健康状態に悪影響を及ぼしたと考えられています。



# 放射線発見の歴史

## 放射性物質の発見

# アントワーヌ・アンリ・ベクレル

Antoine Henri Becquerel (1852~1908)

フランスの物理学者。放射性物質の発見者であり、この功績により1903年ノーベル物理学賞を受賞した。放射能の単位ベクレル(Bq)は彼の名前にちなんでいる。



## 放射性物質の第一発見者、ベクレルって？

アントワーヌ・アンリ・ベクレルは1852年フランスのバリで生まれました。父親が蛍光や光化学の研究者であり、ベクレル自身も研究者の道に進みます。

バリ工科大学物理学教授であったベクレルは、レントゲンがエックス線を発見した翌年の1896年、太陽光を当てると蛍光を出す蛍光物質からもエックス線が出るのではないかと考え、写真乾板を使った感光実験を繰り返していました。太陽の光が頼りであったため曇りの日は実験ができず、そのため写真乾板を黒い紙で包み、紙の上にウラン化合物と十字架型の文鎮を重しとして乗せて、机の引出しにしまっておきました。この乾板を後で現像したところ、黒い紙に包んでいたにもかかわらず十字架のはっきり写っていました。ウラン化合物から「蛍光」と違う不思議な光が出ていることを発見したのです。この線はエックス線のように特別な装置は何も使っていないことや、ウラン化合物から出ているため、エックス線とは違うものとベクレルは考え、ベクレル線と名付け1896年春に発表しました。

今からすれば、このウラン化合物は放射能を持つ放射性物質であり、ベクレル線とはウラン化合物から出ている放射線だった訳です。その後も放射性物質の研究を続けたベクレルは、キュリー夫妻とともに1903年ノーベル賞を受賞しています。

以前は放射能の強さにラジウム1グラムの放射能を1キュリー(Ci)とする、キュリー夫人にちなんだ単位を用いていましたが、1975年に単位系が見直され、現在はこの放射性物質の第一発見者ベクレルの名にちなんで、ベクレル(Bq)という単位が用いられています。1秒間に1個の原子が崩壊する放射能の強さを1ベクレルと呼び、国際単位として表すことになりました。

## 放射性物質とは？

放射能を持つ物質のことを言います。放射性物質は時間とともに減少し、最終的には放射線を放出しない安定した物質になります。

放射性物質の量が半分になるまでの時間のことを半減期といいます。



# 放射線と放射能

## 放射線と放射能の違いってなに？



### 放射線とは高エネルギーの電磁波や粒子線の総称

#### 高エネルギーの電磁波って？

電磁波は簡単に言うと、電波や光のこと。下の図は電磁波をエネルギーの順に並べたものです。右に行くほどエネルギーが高くなっていきます。電磁波は、波の性質を持っていますが、エネルギーが高くなるほど、激しく振動し、物質を通り抜けることができるようになります。右端にX(エックス)線、γ(ガンマ)線と書いてありますが、これが高エネルギーの電磁波、つまり、放射線なのです。

エネルギー(低)  エネルギー(高)

電波 赤外線 可視光 紫外線 X線 γ線



#### 高エネルギーの粒子って？

ここでいう粒子とは、物質を構成する、電子、陽子、中性子のことを指します。どんな物質でも、この3つの粒子の組み合わせでできています。普段はじっとしているものでも、すごい速さで飛んでくると危ないですね。電子、陽子、中性子も同じです。加速することでエネルギーが大きくなり、放射線と呼ばれるようになります。



α(アルファ)線はヘリウムの原子核が飛んできたもの



β(ベータ)線は電子が飛んできたもの



### 放射能とは放射線を出す能力のこと



放射能をもつ物質のことを放射性物質と言い、ホタルに例えるとよく分かります。ホタルは光を出す能力を持っていますよね。ホタルが放射性物質だとすると、ホタルが出す光が放射線ということになります。ホタルが虫かごに入っているとき、ホタルは逃げることはできませんが、光はかごから漏れ出します。このように、放射性物質を閉じ込めていても、放射線は漏れ出してくることがあります。ホタルが逃げ出すと、放射性物質(放射能)が漏れたこととなります。



放射線と放射能という言葉は、報道で間違っ使用されることがあります。正しい意味を、きちんと理解しましょう。

# 放射線と放射能



放射線の種類ってどのくらいある？



いろいろな種類があるよ！

電磁波



エックス線

特性エックス線

原子の軌道電子のエネルギー状態の変化により放出される電磁波

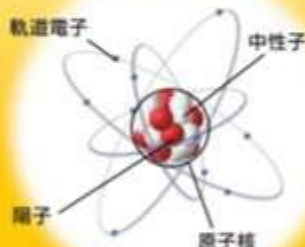
制動エックス線

電子などが、原子核の近くで大きな力を受けたときに放出される電磁波

ガンマ線

原子核の中のエネルギー状態が変化したときに放出される電磁波

電気を持つ粒子



ベータ線

原子核から放出される電子でマイナスの電気を持つ

陽電子線

原子核から放出される電子でプラスの電気を持つ

陽子線

加速器で加速した陽子

アルファ線

原子核から放出されるヘリウムの原子核

重粒子線

加速器で加速したいろいろな原子の原子核

その他

中間子線などその他いろいろ

電気を持たない粒子

中性子線

中間子線などその他いろいろ

## 医療で利用される放射線はどれ？

医療では、主に「エックス線」を利用しています。皆さんがよく経験するのは、「息を吸って、止めてください」でおなじみの、胸部エックス線撮影だと思いますが、他にもいろいろな検査や治療方法があり、いくつかの放射線が利用されています。

(ちなみに、MRIは磁場と電波、エコーは超音波を利用しています)

エックス線: エックス線撮影(胸部、腹部、骨など) 透視検査(胃、大腸、血管など)、CT、放射線治療

ガンマ線: 核医学(放射線を出す薬を使います)

ベータ線(電子線を含む): 核医学、放射線治療

陽電子線: PET

重粒子線(重い原子核を加速): 放射線治療



# 放射線と放射能



## 放射線にはどんな性質がある？



### 大きく分けて4つの性質がある！

#### 透過作用

物質を透過する性質



#### 電離作用

物質を透過する時、その物質を作っている原子や分子にエネルギーを与えて、原子や分子から電子を分離させる性質



#### 感光作用

写真のフィルムを感光（黒く）させる性質



#### 蛍光作用

蛍光物質に当たるとその物質から蛍光を発生させる性質



# 汚染と被ばく



## 汚染と被ばく? どう違うの?

**汚染とは、放射性物質が付着し汚れることです。**

### 放射能汚染

人の体だけではなく、環境や器物に付着しても汚染と呼ばれます。

放射性物質をホタルに例えます。ホタルたちは虫かごに閉じ込められているとすると、ホタルは虫かごから逃げることはできませんが、虫かごのすき間からホタルが放つ光（放射線）は漏れ出します。放射線の透過作用によるものです。

もし、虫かごが壊れてしまうと、ホタルは外に逃げ出してしまいます。これが放射性物質による環境汚染です。着ている衣服にホタルが付くと、衣服が汚染し、直接皮膚に付くと、皮膚が汚染します。当たり前のことのように、このことを理解していることが重要で、もし、放射性物質による汚染から身を守る必要があるなら、皮膚の露出を極力避け、衣服が汚染したらすぐに脱げるように準備（防護服の着用）しておけばよいのです。



**被ばくとは、人間が放射線にさらされること。**

### 外部被ばく

体の外からの放射線にさらされることを「外部被ばく」といいます。



外部被ばくを少なくするには  
どうしたらよいのでしょうか。

- ① 放射性物質からできるだけ離れる（距離）
- ② 放射線をできるだけ遮る（遮へい）
- ③ 放射線にさらされる時間を少なくする（時間）

これを、放射線防護の3原則といいます。

### 内部被ばく

体内に放射性物質を取り込むことにより、身体の中で発生する放射線にさらされることを「内部被ばく」といいます。



内部被ばくを少なくするには  
どうしたらよいのでしょうか。

- ① 鼻や口からの吸入を防ぐ（マスク）
- ② 素肌を外気になるべく当てない（防護服、手袋）
- ③ 汚染した飲料水・食べ物を口にしない

内部被ばくでは、放射線防護の3原則が適用できなくなるので、放射性物質を体内に取り込まないような注意が必要です。





# 人体への影響

放射線に被ばくするとどうなるの？

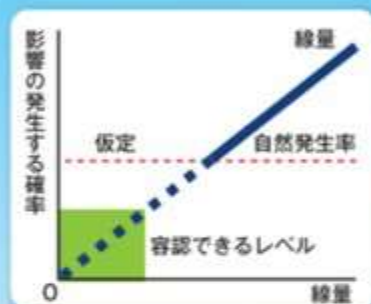


影響の発生する確率が上がります。

## 確率的影響



しきい線量はなく、被ばく線量に応じて影響の発生率が確率的に上昇します。分類としては、がん・白血病・遺伝的影響が該当します。

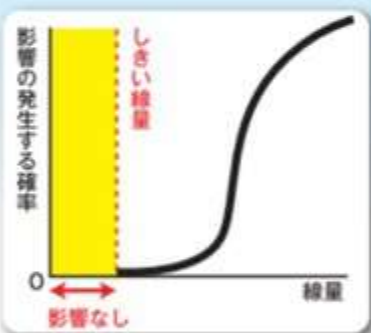


一定量 (しきい線量) 以下では起こりません。

## 確定的影響



しきい線量があり、これを超えると影響が発生します。線量が増えると症状が重症化します。確率的影響以外の症状・疾患が該当します。



放射線影響は下図のような分類も可能です。



## 早期影響

大量の放射線を体に受けた際、数日から数ヶ月以内に現れる体への影響をいいます。

## 晩発影響

放射線に被ばくした後、数ヶ月から数年以上経過して現れる身体への影響をいいます。

# 人体への影響



どのくらいの量でどんな影響？

被ばく線量や被ばくの形態で影響は異なる！

## 線量と形態による影響の違い



## シーベルト

大量の放射線は人体に有害なので、放射線や放射性物質を取り扱う環境にある人は、自分がどのくらい放射線を受けたのかを、管理する必要があります。そのための放射線影響の尺度をシーベルト (Sv) という単位で表します。このシーベルトという単位は、放射線防護の研究で有名なスウェーデンの物理学者、ロルフ・マキシミリアン・シーベルトにちなんでつけられました。



確定的影響が起こるしきい線量は？

## 代表的な臓器のしきい線量

組織・臓器	影響	被ばく線量 (mGy)	組織・臓器	影響	被ばく線量 (mGy)
生殖腺(男)	一時不妊	150	骨髄	造血機能低下	500
生殖腺(男)	永久不妊	3,500~6,000	胎児	流産 (受精~15日)	100
生殖腺(女)	一時不妊	650~1,500	胎児	形態異常 (受精後2~8週)	100
生殖腺(女)	永久不妊	2,500~6,000	胎児	精神発達遅滞 (受精後8~15週)	120
眼の水晶体	水晶体混濁	500~2,000			
眼の水晶体	白内障	2,000~10,000			



法律などで定められている基準値は、これらの値を上回ることはないように、安全を見込んでかなり低く定められています。

# 自然放射線

普通に生活していても  
自然界から被ばくしている

自然放射線には  
どのようなものがあるの？



人工放射線による  
年間実効線量 (日本平均値)  
年間約2.3ミリシーベルト

엑스線などの  
医療被ばく  
年間約2.3ミリシーベルト



原子力施設  
年間0.001ミリシーベルト以下  
原子力施設・原子炉周辺での放射線  
曝露は年間0.1ミリシーベルトです  
が、実際はそれより若干低くなっています。

放射性降下物  
(フォールアウト)  
年間0.01ミリシーベルト

過去の大型原子力発電所による放射  
性降下物の影響が最も大きいとい  
えますが、現在、測定される放射線  
物質はごくわずかです。



自然からの放射線による  
年間実効線量 (日本平均値)  
年間約1.5ミリシーベルト

宇宙からの宇宙線  
年間約0.3ミリシーベルト



食物摂取  
年間約0.4ミリシーベルト  
(トリウム、ウラン、カリウム等)



大地から  
年間約0.4ミリシーベルト  
(トリウム、ウラン)



呼吸から  
年間約0.4ミリシーベルト  
(ラドン)

●わが国では自然に生活していても年間  
1.5mSvの被ばくを受けています。  
(世界の平均は2.4mSv)

●自然放射線の半分以上は吸入による  
内部被ばくによるものです。  
(内部被ばくについては別パネル「汚染と被ばく」をご参照ください)

●自然放射線以外にわが  
国では、医療により年間  
平均2.3mSvの被ばく  
をしています。



食べ物からも被ばくしているよ!

食品を通じ体の中に取り込まれる  
放射性物質があります。  
代表的な放射性物質は、カリウム40、  
炭素14があります。放射性物質はさま  
ざまな食品に含まれますが、体の中  
にたまっていく心配はありません。

体内の放射性物質の量



体重60kgの平均的な  
日本人の場合  
カリウム40  
4,000ベクレル  
炭素14  
2,500ベクレル  
ルビジウム  
500ベクレル  
鉛210・ポロニウム210  
20ベクレル

食物中のカリウム40の放射線量(日本) (ベクレル/kg)



# 医療被ばく

## 放射線検査は、医療に不可欠！



### 医療被ばくの考え方は？

放射線検査を行う場合には、検査の利益とリスクを考えて利益が十分上回る場合に行われ、線量は必要最小限に管理されています。

1. 臨床的な利益が、被ばくや検査によるリスクを十分上回る場合にだけ行います。

検査を検討する場合、利益とリスクを総合的に考え、検査の利益が十分に大きい場合にだけ検査を行います。



2. 検査が必要な場合、放射線を使用しない代替診療と比較検討します。骨の調子が...



3. 临床上必要最小限の線量で検査を行います。

放射線検査の線量は、主に診療放射線技師が管理しています。患者さんの体型や検査の目的に合わせて、临床上必要な最小限の線量で検査を行います。



放射線検査は、適応の判断や線量の管理が適切に行われているから、安心して受けることができるのね！



# 放射線管理

## 医療現場の放射線管理 安心・安全な医療を目指して!

### 医療施設ではどのように 管理しているの?



平成18年6月21日「良質な医療を提供する体制の確立を図るための医療法等の一部を改正する法律」が公布され平成18年4月1日より施行されました。その中で、病院などの管理者は、医療機器に関わる安全管理のための体制の確保をしなければなりません。安心して病院での検査を受けてください。

- 1) 医療機器の安全使用のための**責任者の配置**
- 2) 従業者に対する医療機器の安全使用のための**研修の実施**
- 3) 医療機器の**保守点検に関する計画**の策定および適切な実施
- 4) 医療機器の安全使用のために必要となる**情報の収集**その他の医療機器の安全使用を目的とした改善のための**方策の実施**



利用線種以外の線量規制  
X線管装置から1mの距離において  
1.0ミリシーベルト以下

●病院で使用するX線装置は、装置そのものの管理(線量規制)が義務付けられています。

●また以下の放射線管理・測定が義務付けられています。

- 1) 作業環境モニタリング: X線診療室の測定
- 2) 個人モニタリング: 放射線診療従事者などの被ばく線量を測定する
- 3) 環境モニタリング: X線診療室の外側、病院の敷地境界の線量を測定する。

#### X線診療室の漏えい線量の測定例



# 放射線管理

医療現場の放射線管理

## 安心・安全な医療を目指して!



### 医療分野での放射線利用とその管理は?

放射性物質から出る放射線や、放射線発生装置で人工的に作られる放射線は、現代医療になくてはならないものです。そして医療施設での放射線管理は法律で義務付けられています。



<b>エックス線撮影</b> 	<b>ポジトロン断層診断</b> 	<b>放射線治療</b> 	<b>加速器でがん治療</b> 
<b>インビトロ検査</b> 	<b>医学利用</b>		<b>ガンナイフ</b> 
<b>インビボ検査</b> 	<b>放射線照射</b> 	<b>ヨードカプセル</b> 	<b>原子炉の中性子を利用する脳腫瘍の治療</b> 

### 放射線診療施設の線量限度

放射線装置の設置してある室は、法令で定められた線量を超える恐れのある場所を管理区域として、人がみだりに立ち入らないようにしています。

また病院敷地内の医師宿舎・看護師宿舎や病院の敷地外の線量が、1年間に1ミリシーベルト以下になるように遮へいされています。さらに定期的に漏えい線量を測定して、放射線施設の健全性を確認しています。

<b>病院の敷地境界の線量限度</b> 250マイクロシーベルト/3月	
病院内の居住区域(宿舎)の線量限度 250マイクロシーベルト/3月	管理区域境界の線量限度 1.3ミリシーベルト/3月
医師宿舎 看護師宿舎	X線診療室境界の線量限度 1ミリシーベルト/週
病室の線量限度 1.3ミリシーベルト/3月	
一般病室	

