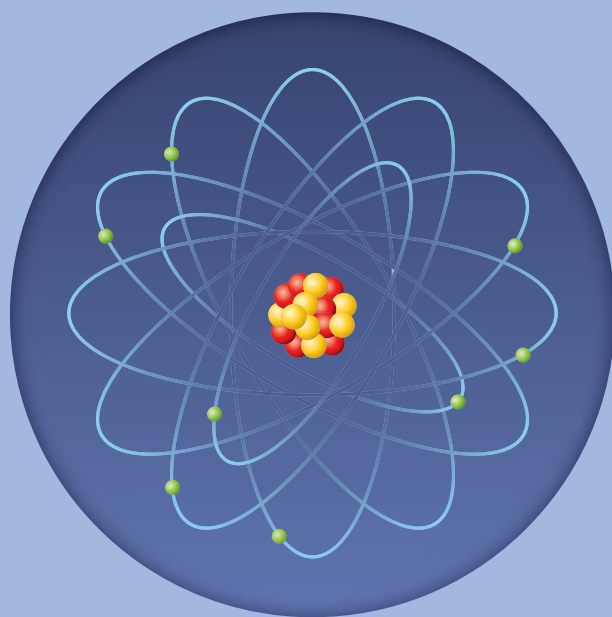


2

原子力と放射線の基礎知識



福島第一原子力発電所の事故以来、ニュースや新聞に「ベクレル」「シーベルト」「半減期」「放射性物質」など、それまで聞いたこともなかった言葉や単位がたくさん登場しました。ではそもそも、ベクレルやシーベルトとはどんなもので、放射線はいったいどのくらい人体に影響を与えるのでしょうか？

放射線と放射能

Point 放射線とは目には見えないエネルギーの光線のようなもので、放射能とは放射線を出す能力や性質をいい、放射性物質とは放射能のある物質そのものを表します。

放射線と放射性物質の違い：たき火にととると



酸素や水素といった元素の原子核は、基本的には安定していて壊れることはありません。しかし、ウランやラジウム、トリウムなどの原子核は、自然に壊れて他の原子核に変わり、このときに放射線を放出します。

放射線と放射能はよく混同されますが、意味が違います。

たき火にととると、熱線が放射線で、熱源・火の粉が放射性物質、そして熱線を出す能力のことを放射能といいます。

放射線の種類と透過力(物を通り抜ける力)等

種類	本質	透過力	備考
アルファ線(α線)	陽子2個、中性子2個からなる粒子(ヘリウムの原子核)	極めて小さい。紙1枚で止まる。皮ふの角質層で止まる。空気中に飛び出してから4cm程度の距離で止まる。	外部被ばくは考えなくてよい。α核種 ^{※1} の体内摂取は危険度が高い(β、γ線の20倍)。
ベータ線(β線)	電子	小さい。厚さ数mm程度のアルミニウムや1cm程度のプラスチックで止まる。空気中に飛び出してから5m程度の距離で止まる。	外部被ばくは皮ふだけが問題。β核種 ^{※2} が沈着した体内組織に影響を与える。
ガンマ線(γ線) エックス線(X線)	電磁波(光子)	大きい。鉛や鉄など密度の大きな物質で止まる。	透過力が大きく、外部被ばくの主要原因。
中性子線(n線)	中性子	鉄や鉛などを突き抜けるほど大きい。厚いコンクリートや水などの水素の多い物質で止まる。	電荷を持たないため透過力が大きく、外部被ばくの原因となる。

※1 α線を放出して崩壊する核種 ※2 β線を放出して崩壊する核種

放射線量、放射能の単位

0.001シーベルト(Sv) = 1ミリシーベルト(mSv) = 1,000マイクロシーベルト(μSv)

	単位	記号	解説
放射線量に関する単位	グレイ	Gy	放射線が物質に当たったとき、その物質や人体にどれだけのエネルギーが吸収されたかを表す単位。
	シーベルト	Sv	人体が放射線を受けたとき、その影響の度合を表す単位。
放射能(放射性物質が放射線を出す能力)に関する単位	ベクレル	Bq	1秒間に何個の原子核が壊れるかを表す単位。

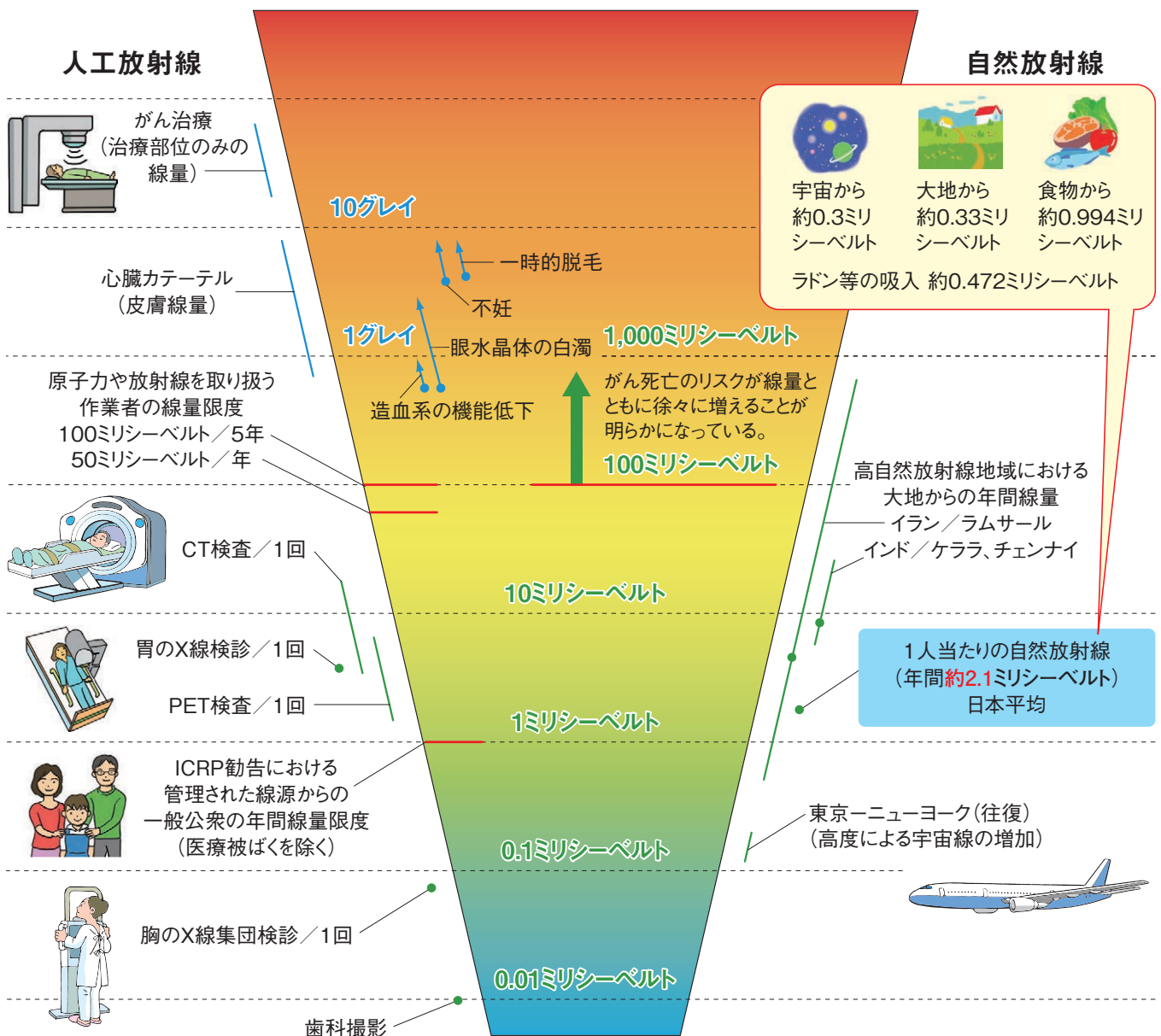
放射線には、自然放射線と人工放射線があり、私たち日本人は、自然放射線を1人当たり平均で年間約2.1ミリシーベルト受けています。人工放射線はレント

ゲン撮影などに利用されています。

大量の放射線を一度に受けると身体に深刻な影響をもたらす恐れがあります。

日常生活で受ける放射線の量

放射線被ばくの早見図



出典：(国研)量研放医研HP「放射線被ばくの早見図」UNSCEAR2008年報告書、ICRP2007年勧告、日本放射線技師会医療被ばくガイドライン、新版・生活環境放射線(国民線量の算定)などにより、放医研が作成(2013年5月)(2018年5月改訂版引用改変) (自然放射線)出典:原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)2008年報告書、(公財)原子力安全研究協会「生活環境放射線(国民線量の算定)第3版」(2020年)

放射線障害



原子力事故などで大量の放射線を一度に受けると、身体に深刻な影響をもたらす恐れがあります。

私たちは自然界にある放射線や放射性物質によって一人当たり平均で年間約2.1ミリシーベルトを受けています(日本平均)。このような被ばくなら身体に影響はありませんが、原子力事故などにより一度にたくさんの放射線を受けた場合は、深刻な影響をもたらすことになります。

放射線が身体に及ぼす影響には、身体的影響と遺伝的影響の2種類があります。身体的影響には、被ばく後数日から数ヵ月以内に現れる急性障害と、数年から数十年後に現れる晩発障害があります。

遺伝的影響は、被ばくした人の子孫に影響が出るものをいいます。人体に対する遺伝的影響と放射線の因果関係については、研究されていますが、明らかになっていません。

column

がんの発生について

がんは、喫煙、食事・食習慣、ウイルス、大気汚染など、さまざまな要因で起こることが分かっています。同様に、放射線もその要因の一つと考えられていますので、普段の生活の中でも放射線を受ける量をできるだけ少なくすることは必要ですが、ひとつの要因に気を取られすぎるあまり、他の要因によるリスクが大幅に増えることのないよう、バランスをとることも大切です。

被ばく線量と健康への影響の関係について

健康への影響は、障害の現れる時期により、急性障害と晩発障害に分類されます。それぞれの特徴は次のとおりです。

急性障害

被ばくから数日～数ヵ月の間に症状が現れます。

- 1 被ばく線量がある線量以上でないと現れることはありません。

1,000ミリシーベルト以上

一時的な脱毛、皮膚の障害

- 2 致死線量(何も医療行為をしなれば)

全身に約4,000ミリシーベルト

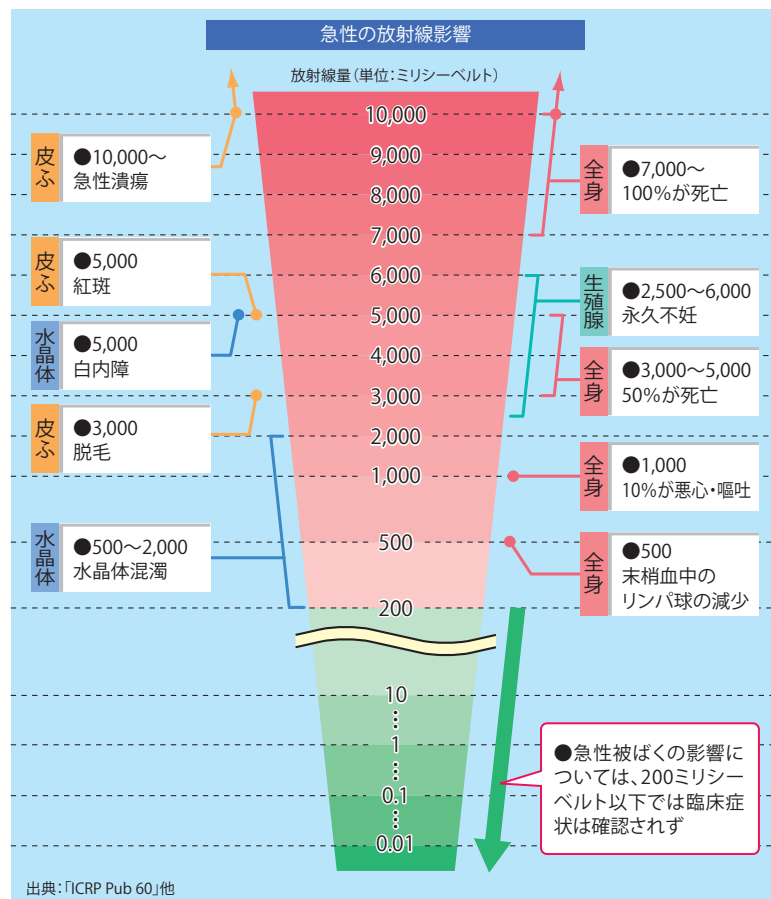
半数の人が数ヵ月以内に死亡

晩発障害

被ばくから長期間たってから発症します。(例: 発がん、白内障)

- 1 1,000ミリシーベルト以上(文献によっては500ミリシーベルト以上)の被ばくを受けた集団では明らかに発がん頻度が増えます。
- 2 100ミリシーベルトを超える被ばくにより、がん死亡のリスクが線量とともに徐々に増えることが明らかになっています。
- 3 低い線量を長期間被ばくする場合は、同じ総線量を短時間に被ばくする場合よりも影響が小さくなること分かっています。

急性の放射線影響



自然に存在する放射線

Point 日常生活の中でも、常に宇宙と大気、大地から放射線を受けています。

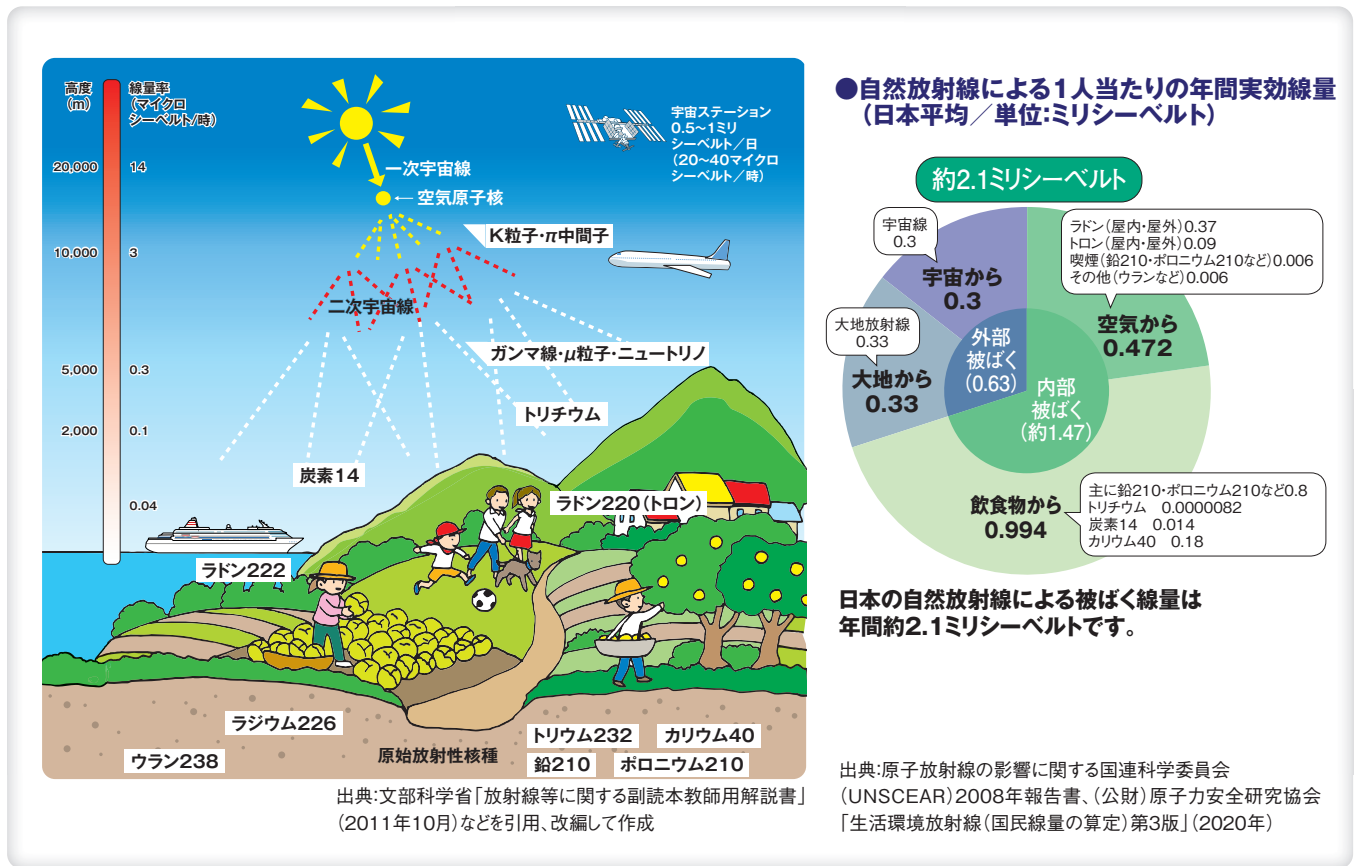
地球には、宇宙から宇宙線が降り注いでいますが、この宇宙線は放射線の一種です。高度の高い場所に行くほど、より多くの宇宙線を受けることになります。

また、大気中には、大地からしみ出しているラドンが浮遊しており、世界中どこにでも存在しています。このラドンから受ける放射線量は年間約0.46ミリシーベルトとなります。

さらに、大地の岩石や土などに放射性物質が含ま

れているため、大地からも放射線を受けています。例えば、関東地方と関西地方を比べると、関西地方の方が年間で2~3割ほど自然放射線の量が高くなっています。これは、関西地方では、大地に放射性物質を比較的多く含む花こう岩が多く存在しているからです。

こうした自然界から受ける被ばく線量は、年間約2.1ミリシーベルト(日本平均)です。



放射線を目で見るには？

黒くぬった霧箱の中を、冷やしたエタノールの蒸気でいっぱいにおきます。エタノールの蒸気はちょっとした刺激で液体になる状態に保っておきます。そして、そのなかを放射線が通ると、放射線が通ったあとが飛行機雲のようになりますので、放射線がどう動いたかを目で見ることができます。この霧箱は東海村の原子力科学館にあります。

放射線が通った跡が実際に見える

体の中にある自然放射性物質

Point

食べ物や飲み物、大気に含まれる自然放射性物質が体内に取り込まれることでも、私たちは放射線を受けます。

大地や大気、海中や雨水などに含まれる自然放射性物質を吸収した食べ物・飲み物を口にしたり、また呼吸することでも私たちの体は放射線を受けます。これらの自然放射性物質は動植物には欠かせない元素にも含まれています。例えばカリウムは、神経の情報伝達など、生き物が生きていくためには絶対に必要なもの。私たちの体内には、体重のおよそ0.18%（成人）のカリウムがあるとされており、量はだいたい一定になるよう調整されています。

自然界にあるカリウムのほとんどは安定的な元素ですが、1万分の1くらい不安定なカリウム40が混ざっています（半減期は12億5千万年）。体内のカリウムの量がほぼ一定で、自然界のカリウムの約1万分の1が放射性のカリウム40であるということは、私たちの体の中に常にほぼ一定量のカリウム40があるということです。つまり、カリウム40が体内で出す放射線を常に私たちは受けていることとなります。

体内の主な放射性物質から受ける内部被ばく（経口摂取）線量

主に鉛210、ポロニウム210

……0.80ミリシーベルト/年

トリチウム

（1日の食物及び飲料水からの水の摂取量を2.5Lとした場合）

……0.0000082ミリシーベルト/年

炭素14

（1日の摂取量を0.3kgとした場合）

……0.014ミリシーベルト/年

カリウム40

……0.18ミリシーベルト/年

（カリウム40の場合）

●体内のカリウム40の存在量

天然のカリウム1gには、カリウム40が31.9ベクレル存在します。

体内のカリウムの割合は、成人で0.18%、子供で0.2%ですので、体重60kgの成人の体内には約3,445ベクレルのカリウム40が存在することとなります。

●カリウムの年間摂取による内部被ばく線量

カリウム40の平均的な摂取量と体内での平衡状態を考慮して計算すると、日本人の平均的な年間実効線量は約0.18ミリシーベルトとなります。

出典：（公財）原子力安全研究協会

「生活環境放射線（国民線量の算定）第3版」（2020年）

内部被ばく線量の計算の仕方

食べ物からの内部被ばくは、摂取した放射性物質の放射能の量（ベクレル）がわかれば、次の式に当てはめることで被ばく線量（シーベルト）が計算できます。

内部被ばく線量（マイクロシーベルト） = 摂取した放射性物質の放射能の量 × 実効線量係数^{※a}

放射性セシウムによる全身被ばくの預託実効線量係数（マイクロシーベルト／ベクレル）

摂取時の年齢	セシウム137	セシウム134
乳児（3ヵ月）	0.021	0.026
幼児（1歳まで）	0.012	0.016
子供（2～7歳）	0.0096	0.013
成人	0.013	0.019

【福島第一原子力発電所事故の計算例】

放射性セシウムの基準値（100ベクレル/kg）の食物を大人が1kg摂取した場合にける内部被ばく線量

$25.5(\text{ベクレル})^{※b} \times 0.019^{※c} + 74.5(\text{ベクレル})^{※b} \times 0.013^{※c}$
= 1.5 マイクロシーベルト

放射性ヨウ素による甲状腺被ばくの預託組織等価線量係数（マイクロシーベルト／ベクレル）

摂取時の年齢	ヨウ素131
乳児（3ヵ月）	3.7
幼児（1歳まで）	3.6
子供（2～7歳）	2.1
成人	0.43

※a 実効線量係数……預託実効線量係数（マイクロシーベルト／ベクレル）を用いる。1ベクレルを摂取したときの預託実効線量のこと、預託の期間、すなわち、線量の積算期間を、成人では50年、子供では摂取した年齢から70歳までとした値である。

※b 福島第一原子力発電所事故発生時のセシウム134とセシウム137の放出割合を1:1と仮定し、12年経過後の減衰を考慮すると、総量100ベクレルあたり、セシウム134の放射能が25.5ベクレル、セシウム137の放射能が74.5ベクレルとなる。

※c 成人の預託実効線量係数（乳児の場合は、セシウム134が0.026、セシウム137が0.021となり、内部被ばく線量は2.2マイクロシーベルトとなる。）

外部被ばく



放射性物質が体の外部にあり、体外から被ばくすることを「外部被ばく」といいます。

外部被ばくは、大地からの放射線や宇宙線などの自然放射線、エックス(X)線撮影などの人工放射線を体の外から受けることです。また、体の表面(皮ふ)や着ている服に付着した放射性物質からの放射線を

受けた場合も外部被ばくとなります。

放射線は体にとどまることはないので、通常^{*}、放射線を受けたことが原因で、人やものが放射線を出すようになることはありません。

※ 例外として、中性子線等がある。中性子線が体にとどまることはないが、放射化するこ
とによって人やものが放射線を出すようになる。

外部被ばくの主な特徴

- 1 放射線に当たっているときだけ被ばくします。
- 2 放射線のうちガンマ線は人体内部組織まで透過するため、外部被ばくを評価する主な対象となります。
福島第一原子力発電所から放出された放射性セシウムが、地表に沈着した地域は、セシウムから放出されるガンマ線のため放射線量が他の地域と比べて比較的高くなります。
- 3 放射線のうちアルファ線は透過力が弱い(空气中4cm程度で止まる)ため、外部被ばくにおいてはほとんど影響ないと考えられています。
- 4 放射線のうちベータ線の影響は皮ふのみなので、外部被ばくにおいては皮ふへの被ばく量を必要により評価します。
- 5 ガンマ線による被ばく線量は、放射線測定器で容易に測定可能です。

放射線



個人の被ばく線量の測定



ポケット線量計

個人が一定期間に受けた外部被ばく線量を測る測定器です。
※市販のポケット線量計の使用方法については、それぞれの説明書を参考にしてください。

外部被ばく線量を測るための測定器

空間放射線量率の測定



NaIシンチレーションサーベイメータ

NaIはヨウ化ナトリウムのことです。放射線が当たると光る物質(シンチレーター)です。この性質を利用して、主に空間のガンマ線の量を測り、外部放射線による被ばく線量率を調べるための測定器です。

【測定方法】

(平均的な放射線量測定を目的とした場合)

- ①くぼみ、建物の近く、木の下、建物からの雨だれの跡・側溝・水たまり、草地・花壇の近く、石塀近くで測るのはさける。
- ②本体と検出部(プローブ)をビニールなどで覆い、測定対象からの汚染をさける。
- ③地表から高さ1mのところで、検出部(プローブ)を地表面と平行にし、なるべく体から離して測る。
- ④正しい応答が得られるまでの時間の目安は10秒とし、30秒待つて値を読み取る。
- ⑤1点での計測回数は1回。測定値がばらつく場合は複数回測定の平均値を出す。
- ⑥記録する場合には、ノートなどにメモする。

放射性物質による汚染の程度を測定



GMサーベイメータ

発明した2人の科学者(ガイガー、ミュラー)の名前から名づけられた、主にベータ線の量を測る測定器です。身体や物品の表面に放射性物質が付着しているかどうかを調べるのに利用します。

内部被ばく

Point 放射性物質が体の内部にあり、体内から被ばくすることを「内部被ばく」といいます。

内部被ばくは、水や食物などを摂取したり、空気を吸ったり、傷口から取り込んだりすることにより、放射性物質を体内に取り込んでしまうことによって起こります。

137など)を含んだ食物等を大量に摂取すると、体内に蓄積され、放射性核種から出る放射線によりダメージを受ける可能性があります。

長寿命の放射性核種(ストロンチウム90、セシウム

内部被ばくを防ぐには、大量の放射性物質を体内に取り込まないようにすることが大切です。

内部被ばくの主な特徴

① 体内に入った放射性物質には特定の臓器に沈着するものがあり、沈着部位が特に多く被ばくします。例えばヨウ素は甲状腺に、ストロンチウムは骨に、セシウムは主に筋肉に沈着することが知られています。

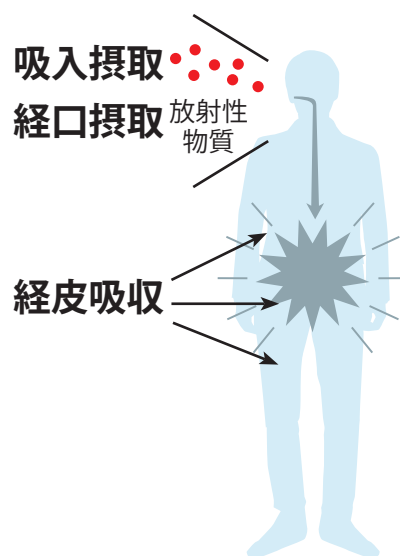
② 放射性物質が体外へ排出されるまでの間、被ばくが続きます。セシウム137の場合、物理学的半減期は30.1年ですが、体外への排出や代謝による生物学的半減期は110日(成人)です。

生物学的半減期

体内に入った放射性物質の量が、物理学的半減期を加味しないとした場合に、排泄や代謝により、初めの量の1/2にまで減少する時間。

元素	物理学的半減期	生物学的半減期 (データの一例)	元素	物理学的半減期	生物学的半減期 (データの一例)
ヨウ素(I)	ヨウ素131の場合 8.0日	乳児…11日 5歳児…23日 成人…80日	セシウム(Cs)	セシウム137の場合 30.1年	乳児…9日 5歳児…38日 成人…110日

③ 放射性物質が含まれる食物を食べたり、空気中のガス状や粒子状の放射性物質を呼吸により、どれだけ取り込んだかを調査して、被ばく線量を計算により求めます。



核種別の物理学的半減期(例)

核種	物理学的半減期	核種	物理学的半減期
ラドン222	3.8日	プルトニウム239	2.4万年
ヨウ素131	8.0日	ウラン238	45億年
コバルト60	5.3年	カリウム40	12.5億年
ストロンチウム90	28.8年	炭素14	5,700年
セシウム134	2.1年	ルビジウム87	492億年
セシウム137	30.1年	鉛210	22.2年
ラジウム226	1,600年	ポロニウム210	138.4日

出典：(公社)日本アイソトープ協会「アイソトープ手帳(12版)」(2020年)

身体への沈着部位

摂取された放射性物質は核種により沈着する部位が異なります。



放射性ヨウ素による内部被ばくを測定

甲状腺モニタ

ヨウ素は甲状腺に蓄積するため、首の甲状腺のある部分に放射線検出器を当てて、そこから出てくるガンマ線を測ります。



出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一な基礎資料(令和元年版)」

体内にある放射性物質の量を測定

ホールボディカウンター

内部被ばく線量を調べるために、人間の体内に摂取され沈着した放射性物質の量を体外から測定する装置です。



飲食物の摂取制限



安全な食品を食卓に届けるため、放射性物質の規制基準を定め、市場に流通している食品の検査を継続して行っています。

国では、福島第一原子力発電所の事故の直後に食品中の放射性物質の暫定規制値を設定し、その値を超える食品が市場に流通しないよう出荷制限など

の措置を行ってきました。2012年4月1日からは、よりいっそうの食品の安全と安心を確保するため、長期的な観点から新たな規制基準値を設定しています。

【基準値のもとになっている考え方】

年間1ミリシーベルト

各国の放射線関連の基準や法律の基礎になっているさまざまな基準を作っているICRP(国際放射線防護委員会)は、事故などのない普通の状況では「一般人の自然被ばくと医療被ばくを差し引いた被ばく量は年間1ミリシーベルト以下に抑える」と勧告しています。ただし、この年間1ミリシーベルトという値はあくまで社会的な「目安」であって、安全と危険の境目の数値ではありません。

放射性セシウムの基準値

食品群	基準値 (単位:ベクレル/kg)
一般食品	100
乳児用食品	50
牛乳	50
飲料水	10

食品の汚染割合

基準値では、食品の汚染割合を50%と設定しています。これは食品の国際基準を作るFAO(国際連合食糧農業機関)とWHO(世界保健機関)の合同会議であるコーデックス委員会が定めている放射性物質に関するガイドラインで、「すべての食品が汚染されていると仮定せず、代わりに汚染国から輸入される食品の割合(占有率)」という考え方を採用しているためです。これに基づき、日本の食料自給率などとの関係から、流通する食品の半分が汚染されているという安全サイドの想定のもとに基準値が設定されています。

放射性セシウム

福島第一原子力発電所事故直後に定められた「暫定規制値」では、放射性ヨウ素、ウラン、プルトニウム、超ウラン元素も含まれていましたが、事故から時間が経過するとともに、セシウム以外の放射性物質の量はかなり少なくなっています。このため基準値はもっとも測定しやすい放射性セシウムによって、他の放射性物質を代表させようという考えに基づいて設定されました。セシウムの量をもとにして他の放射性物質の量を推定し、すべての放射性物質からの内部被ばくに与える影響を考慮して決められています。

column

飲食物中の放射能の測定

ゲルマニウム半導体検出器

セシウム137、コバルト60などの放射性物質から出ているガンマ線を捕らえることで、その量を測定する装置です(単位:ベクレル)。県の環境放射線監視センターでは、人が摂取する可能性のあるさまざまな試料を原子力施設周辺から定期的に採取し、それらに含まれる放射性物質の量を測定しています。



世界の放射線レベルの高い地域

Point

世界には大地放射線の量が日本の数倍以上の地域がありますが、地域による違いにはいろいろな原因があります。

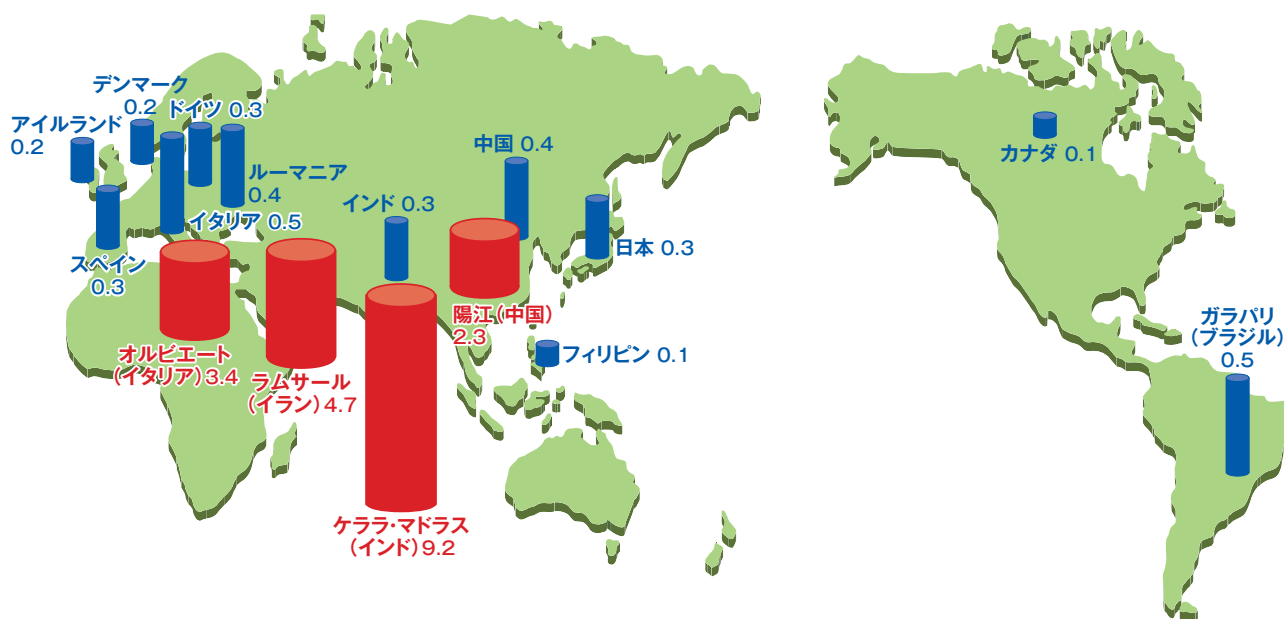
世界には大地放射線の量が日本の数倍以上の地域があります。例えば中国の広東省にある陽江県、インドのケララ州を含む西海岸およびイランのラムサールなどが有名です。

大地放射線が多くなるのには、いろいろな原因があります。中国広東省の陽江とインドのケララでは、放

射線を出すトリウムという元素を含む砂が原因であり、イランのラムサールは温泉の噴出によってたまったラジウムという放射性元素が原因です。

中国やインドの疫学調査などから、これまでのところ、がんの死亡率や発症率の著しい増加は報告されていません。

世界各地の大地から受ける年間自然放射線量(単位:ミリシーベルト/年)



出典:環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和3年度版」(2022年3月)/
国連科学委員会(UNSCEAR)2008年報告書、(公財)原子力安全研究協会
「生活環境放射線(国民線量の算定)第3版」(2020年)をもとに作成



陽江(中国)
写真提供:(公財)体質研究会



ラムサール(イラン)



ケララ(インド)

放射線の多様な利用・開発

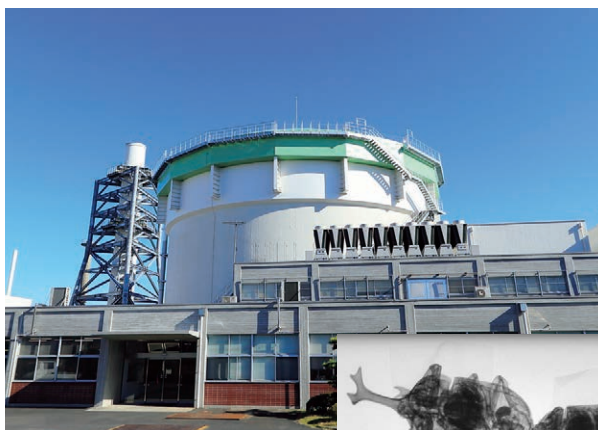


茨城県は、放射線を医療・農業・工業など幅広い分野で利用するための研究・開発拠点になっています。

茨城県には東海村の日本原子力研究開発機構をはじめ、筑波大学附属病院陽子線医学利用研究センター(つくば市)、放射線育種場(常陸大宮市)など、放

射線を利用した新しい科学技術や産業を生み出すため、原子力の基礎からその応用までの研究開発に携わる機関が多数立地しています。

原子力エネルギー分野



研究炉JRR-3の外観



カブトムシの中性子ラジオグラフィ画像

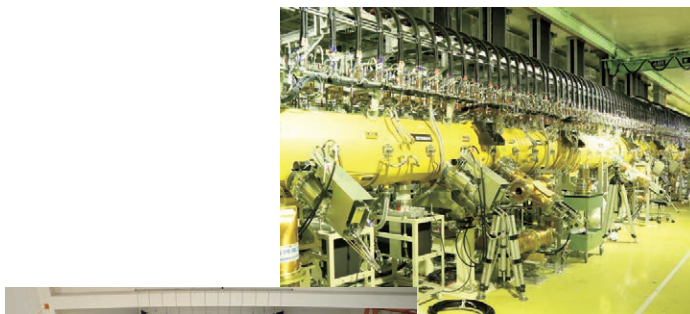
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所(東海村)



原子力エネルギーを支える基盤技術や安全に関する研究開発とともに、原子力技術の応用分野として、研究炉や加速器からの量子ビーム利用による素粒子、物質・材料といったさまざまな科学技術領域で研究開発を行っています。

研究開発を行っている多くの施設のうち、1962年にわが国初の国産研究炉として利用を開始したJRR-3では、設置された利用設備を用いて、種々の中性子ビーム実験、原子力燃料・材料の照射実験、ラジオアイソトープ製造などを行っています。また、冷中性子(エネルギーの低い中性子)が利用できることから、高分子の構造解析による生命現象の解明などにも役立てられています。

最先端科学分野



線形加速器



物質・生命科学実験施設

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 ／大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構



大強度陽子加速器施設(J-PARC)(東海村)

J-PARCは、日本原子力研究開発機構(JAEA)と高エネルギー加速器研究機構(KEK)が共同で運用している世界最高レベルの強度を誇る陽子加速器により、さまざまな分野の最先端の研究を展開する施設です。物質科学、生命科学、原子核・素粒子物理学など広範な研究分野を対象に、中性子、中間子、ミュオン、ニュートリノなどの多彩な二次粒子を用いた研究手段を国内外の大学や研究所、企業などの研究者に提供し、基礎科学から産業応用までさまざまな研究開発を推進しています。

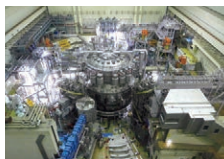
中性子を使った研究では、車載用燃料電池のセル内の水の挙動を可視化し、電池の性能向上に貢献しています。ミュオンを使った研究では、「はやぶさ2」が持ち帰った小惑星リュウグウの石の分析も行っています。

素粒子・原子核の研究では、ニュートリノと反ニュートリノの振動(変身)の違いの観測や、K中間子で超原子核を作る実験をしています。

核融合分野



JT-60実験棟の外観 ©QST



超伝導トカマク型
実験装置「JT-60SA」

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 那珂研究所(那珂市)



核融合エネルギーの実用化をめざして、核融合に関する研究開発を総合的に行っています。1996年には世界最大級の核融合実験装置JT-60によって、エネルギー増倍率(発生パワーと投入パワーの比)が1となる臨界プラズマ条件を等価的に達成しました。超伝導装置JT-60SA本体の組立ては2020年3月に完了し、現在は日欧で協力して統合試験を進めています。また、フランスに建設中の核融合実験炉「ITER」においても重要な役割を担っています。

※ITERは、平和目的の核融合エネルギーが科学技術的に成立することを実証するために、人類初の核融合実験炉を実現しようとする超大型国際プロジェクトです。国際協力における前例のない試みで、世界最先端の研究計画のために英知が結集されています。

医療分野



日本放射サービス(株)東海センターの外観



手術用かん子



真空採血管

日本放射サービス株式会社 東海センター(東海村)



未使用の医療機器や医薬品容器等の滅菌処理など、照射サービス事業を行うために設立されました。医療機器をはじめ、食品容器、衛生用品、理化学器材、実験動物用飼料等の滅菌、殺菌のための照射サービス、また各種工業材料の照射改質処理サービスを、放射線照射によって行っています。



陽子線医学利用
研究センター

国立大学法人筑波大学附属病院 陽子線医学利用研究センター(つくば市)



国内でも数少ない大学病院に併設された陽子線治療施設で、国内で最も長い歴史を有しています。

陽子線治療は、がんに対して用いる新しい放射線治療です。水素の原子核である陽子を光速の約60%に加速して患部に照射します。陽子線は体に入ると一定の深さでピタリと止まるので、狙った病巣を集中的に照射することができます。がん病巣をくり抜くように照射することができ、正常な組織への影響を少なくできることから、副作用を抑えるがん治療として注目されています。また、次世代のがん治療法であるホウ素中性子捕捉療法の装置整備も完了し、臨床研究の準備を進めています。

農業分野



©農研機構

ゴールド
二十世紀

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 作物研究部門



放射線育種場(常陸大宮市)

放射線を植物体や種子などに照射し、突然変異を自然界より高い確率で起こし、作り出された突然変異体を用いて新品種の育成や、突然変異が生じる仕組みの解明などの研究を行っています。これらの研究から生み出された作物の一例として、ナシ品種「二十世紀」に放射線を当てて作り出された病気に強い「ゴールド二十世紀」があり、鳥取県をはじめとした生産地から全国に出荷されています。

放射線や原子力などを学べる施設

Point

県内には、放射線や原子力はもちろん、幅広く科学について、楽しく学べ、体験できる施設があります。



公益社団法人茨城原子力協議会 原子力科学館(東海村)

見て、触れて、じっくり学べる科学館。ガイダンスシアター「アトミックトラベラー 原子のカー」や放射線の飛跡が見える世界最大級の「霧箱」などに加えて、2022年度に「ネイチャータウンー自然界の放射線ー」が完成しました。体験しながら原子力と放射線についての正しい知識が学べます。

☎ 029-282-3111
ホームページ <http://www.ibagen.or.jp/>



日本原子力発電株式会社 東海原子力館 別館(東海村)

バーチャルリアリティによる発電所案内ツアー体験の他、パネル展示等でエネルギーや原子力についてわかりやすく紹介しています。

☎ 029-287-0486
ホームページ <http://www.japc.co.jp/gendenkan/tokai/index.html>



国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 大洗わくわく科学館(大洗町)

海をテーマに、風や光、水の不思議な現象をわかりやすく体験できます。海の底に眠る鉱物資源を採る遊具などがあります。

☎ 029-267-8989
ホームページ <http://www.jaea.go.jp/09/wakuwaku/>



公益財団法人つくば科学万博記念財団 つくばエキスポセンター(つくば市)

世界最大級のプラネタリウムと体験型展示で、宇宙・海洋・エネルギー・ナノテクノロジーなど科学技術を見て、触れて楽しめる科学館です。

☎ 029-858-1100
ホームページ <https://www.expocenter.or.jp>



写真提供:(公財)つくば科学万博記念財団

茨城県内にある 主な原子力研究・利用・ 学習施設 MAP

※この他の県内の主な原子力関係施設については、
P.51を参照のこと。



研究・利用施設

- ① 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所
- ② 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 大洗研究所
- ③ 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構／大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 大強度陽子加速器施設(J-PARC)
- ④ 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構(KEK)
- ⑤ 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 那珂研究所
- ⑥ 国立大学法人筑波大学附属病院 陽子線医学利用研究センター
- ⑦ 日本照射サービス株式会社 東海センター
- ⑧ 国立大学法人東北大学金属材料研究所附属 量子エネルギー材料科学国際研究センター
- ⑨ 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 作物研究部門 放射線育種場

学習施設

- ⑩ 公益社団法人茨城原子力協議会 原子力科学館
- ⑪ 日本原子力発電株式会社 東海原子力館 別館
- ⑫ 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 大洗わくわく科学館
- ⑬ 公益財団法人つくば科学万博記念財団 つくばエキスポセンター

ウランの特徴

Point 天然に存在する元素の中で最も重い元素、それがウランです。

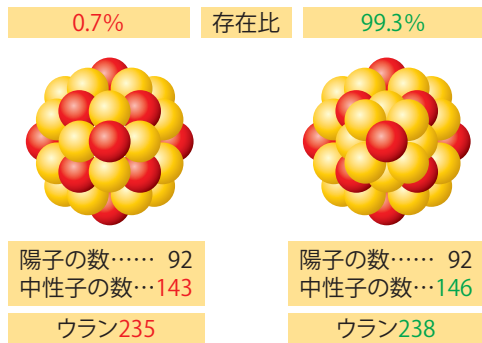
ウランは天然に存在するものでは最も重い元素で、原子番号は92です。

ウランには、核分裂を起こしやすいウラン235と、核分裂しにくいウラン238があります。しかし、天然のウ

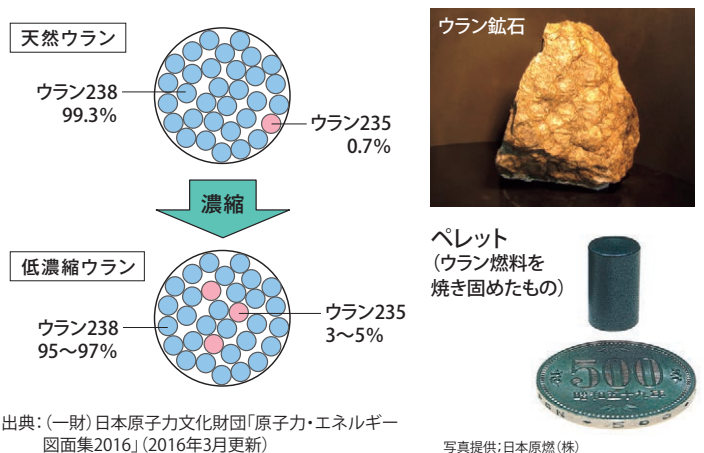
ラン鉱石の中には、ウラン235は約0.7%しか含まれていません。原子炉の中で効率よくウランを核分裂させるため、一般的な原子力発電ではウラン235を3～5%に濃縮したものを燃料として使用しています。

ウランの同位体 (アイソトープ)

ウラン235とウラン238のように、陽子の数が同じ (= 原子番号が同じ) で質量数が異なるものを同位体といいます。



天然のウラン鉱石からウラン235を取り出し、ウラン燃料へ

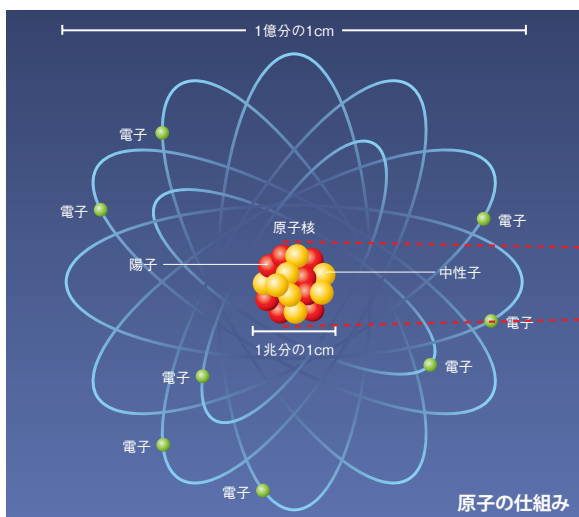


原子の仕組み

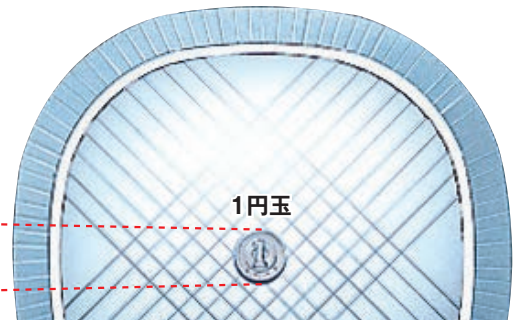
すべてのものは原子で構成されています。その中心には原子核があり、周囲を電子が回っています。

原子核は陽子と中性子が集まって構成されています。

陽子は正、電子は負の電荷を帯びていて、中性子は電荷を帯びていません。陽子の数は原子(元素)の種類によって違い、その数が原子番号にあたります。



東京ドーム



原子の大きさのたとえ

電子は、原子核の大きさの1万～10万倍もの距離を回っています。原子核の大きさを1円玉にたとえると、電子は、東京ドームほどの距離を回っていることとなります。

核分裂

Point

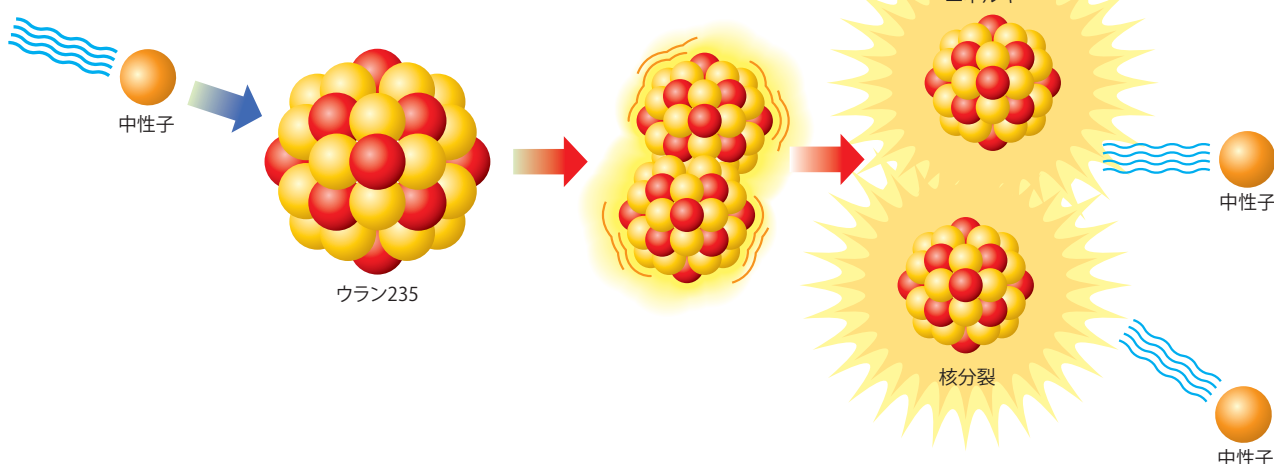
中性子がウラン等の原子核にぶつかることで、2つ以上に分裂する現象を「核分裂」といいます。

ウランの原子(ウラン235)に中性子を当てると、原子核が2つ以上に割れます。この分裂を「核分裂」といい、これにより多くのエネルギーを原子核の運動エネルギーとして放出し、同時に放射線を出します。

核分裂によって生まれた物質(核分裂生成物)の総

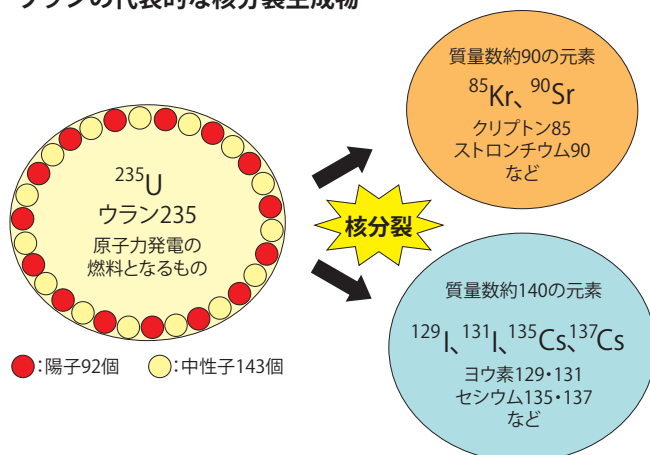
量は、核分裂する前の原子核より軽くなっています。この差が、エネルギーになります。このとき中性子が2、3個飛び出し、他のウラン原子に当たることで、次々と核分裂が引き起こされます。これが「核分裂の連鎖反応」です。

核分裂の様子



column

ウランの代表的な核分裂生成物



■ウランから生まれるストロンチウム、ヨウ素、セシウム

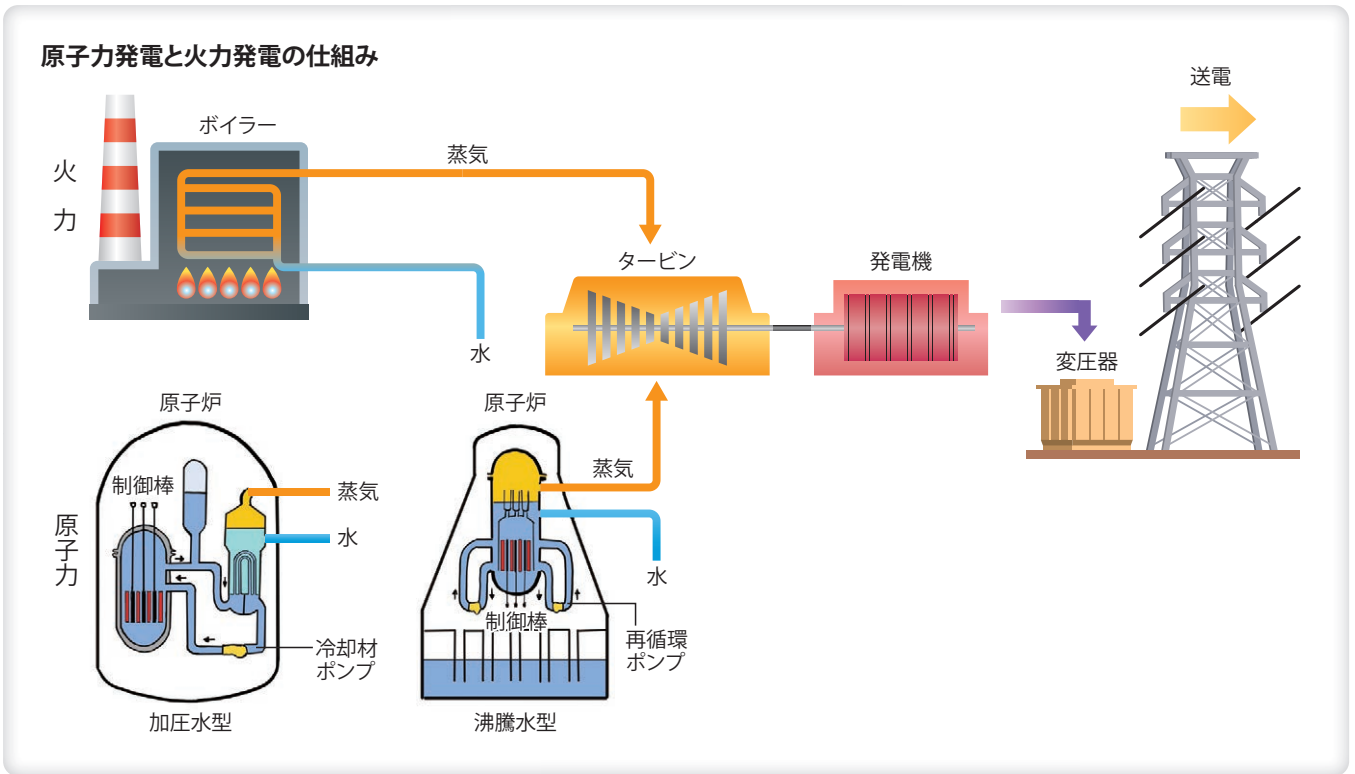
ウラン235は中性子を吸収すると不安定になり、すぐに2つ以上の原子核に分裂してしまいます。分裂した後の原子核の組み合わせは一定ではなく、さまざまな種類の原子核が出てきますが、質量数(陽子と中性子の個数の合計)が約90と約140に近い元素が作られやすく、その代表的なものがストロンチウム、ヨウ素、セシウムなどです。福島原発事故後、よく耳にした名前でしょう。

これら元素のうちストロンチウム90、ヨウ素131、セシウム137などが、ウランの核分裂で生まれる代表的な放射性物質です。たとえば不安定なセシウム137の原子核は、ベータ線を出してほとんどがまずバリウム137mとなり、さらにガンマ線を出して安定なバリウム137に変わります。なお、同じく事故後によく聞くセシウム134は、ウランの核分裂では出てきません。ウランが核分裂するとキセノン133が生まれます。キセノン133は崩壊してセシウム133となり、これが原子炉の核燃料の中にあると、核分裂の際に中性子をつかまえてセシウム134になるのです。したがってセシウム134の量は、原子炉の運転期間や使用済み核燃料がどのくらいの期間使用されていたかを反映します。

放射性物質は、アルファ線やベータ線を出して他の元素に変わり、量はしだいに減っていきます。これにより放射能が半分になる時間を「物理学的半減期」と定義しています。

原子力発電の仕組み

Point 原子力のエネルギーは、発電にも利用されています。



原子力発電の仕組みは、基本的には火力発電と同じです。火力発電は、ボイラーの中で石油や天然ガス、石炭などを燃やし、その熱でつくった蒸気でタービンを回していますが、原子力発電では、ボイラーの代わりに原子炉を使います。ウランの原子核が核分裂を起こす際に発生する熱エネルギーを利用してタービンを回し、発電しています。

原子炉には、世界の原子炉の約80%を占めている軽水炉の他に、重水炉、高温ガス炉、高速増殖炉があります。また軽水炉には、沸騰水型(BWR)と加圧水型(PWR)の2種類があります。

