

原子力と環境のかかわり



放 射 線

放射線の種類と性質

放射線は「速く飛んでいる小さな粒」と「光のような波」の2種類に分けられます。飛んでいる粒の違い、波の発生する仕組みの違いによって、放射線の名前がつけられています。

いずれの放射線も目で見ることにはできません。測定器を使ってその存在を知ることができます。

【速く飛んでいる小さな粒】

アルファ線

 (ヘリウム原子核)

ベータ線
電子線

 (電子)

中性子線

 (中性子)

陽子線

 (陽子)

【光のような波】

ガンマ線



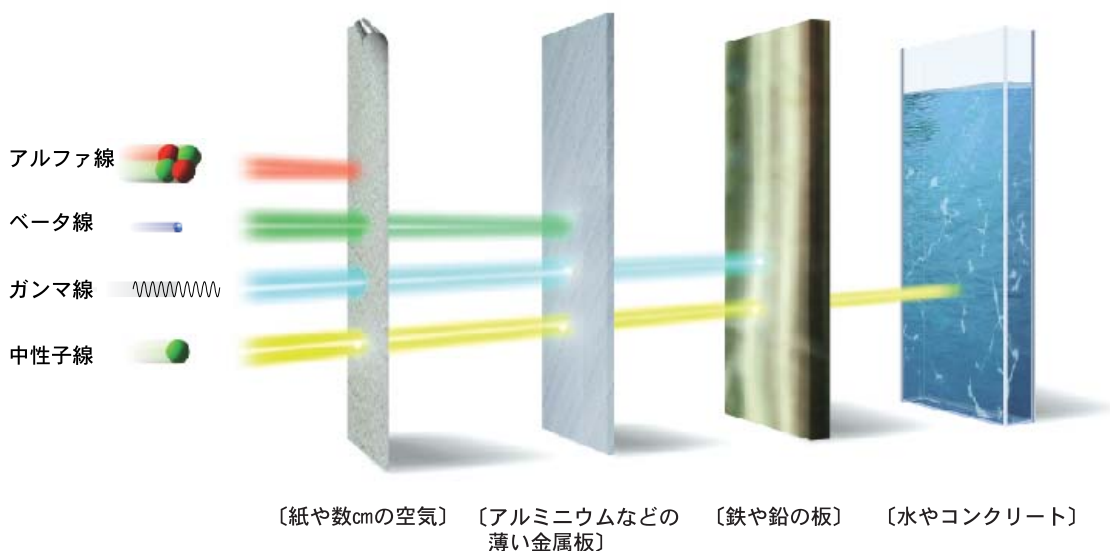
エックス線



放射線は、種類によって物質を透過する能力（透過力）が異なります。

アルファ線は、透過力が小さいため簡単に止まります。ただし、生物体へ作用する力は大いという特徴があります。

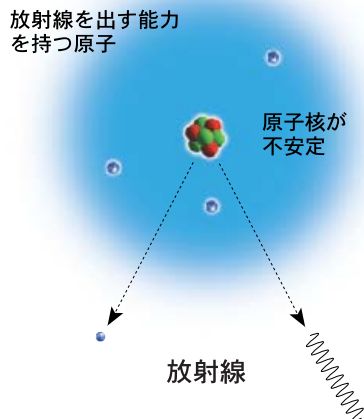
中性子線、ガンマ線やエックス線は、物質を透過する強い力がありますが、鉄、鉛、水、コンクリートなどで止めることができます。そのための厚さは、放射線の強さによって変わります。



放射線の発生源

放射線は、放射性物質から発生する他に、核分裂、粒の加速からも発生します。

放射性物質(放射能)

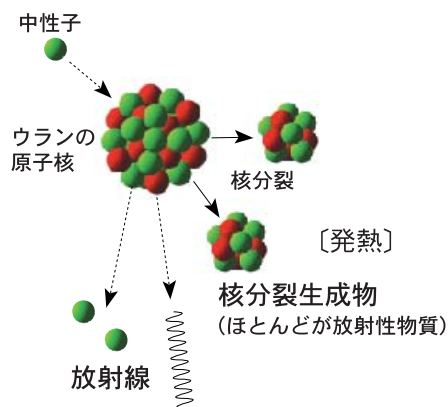


放射性物質は、放射線を出す能力を持つ原子を含んでいる物質です。

放射性物質は原子核が不安定な状態なので、安定な原子核になるため放射線を出して変化します。この現象を「崩壊」または「壊変」と呼んでいます。

放射能とは、放射性物質が放射線を出す能力のことをいいます。場合によっては、放射性物質そのものを放射能という場合があります。

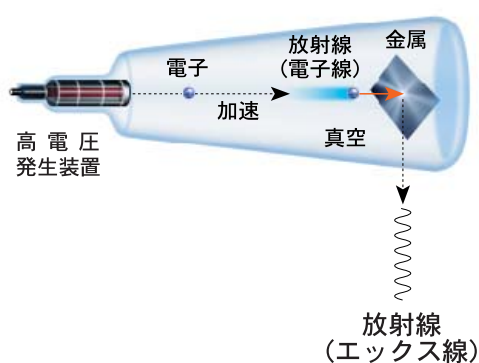
核分裂



ウランやプルトニウムに中性子が当たると、核分裂をして、放射線、核分裂生成物と熱が発生します。

原子炉の中で核分裂を起こさせて、熱を利用する施設が原子力発電所です。

粒の加速



人工的に加速させた電子などの粒は、放射線になります。それを金属に衝突させると、エックス線が発生します。

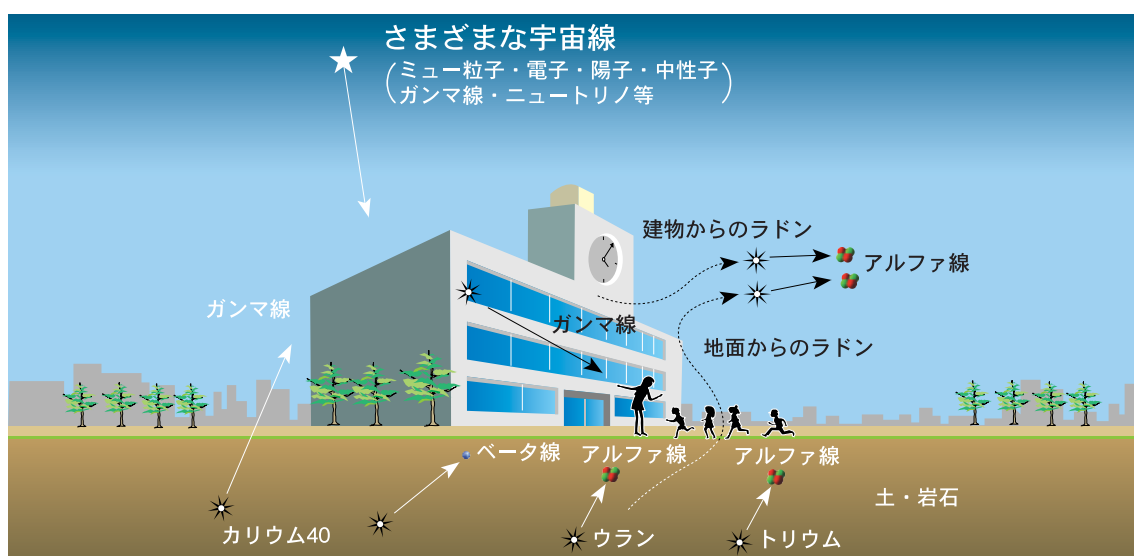
自然の放射線

自然放射線の発生源

大地からの放射線

岩石や土壌には自然の放射性物質（ウラン、トリウム、カリウム40 など）が含まれており、そこから放射線が発生しています。これらの放射性物質は元々宇宙で創られ、地球が誕生した時に、他の物質とともに地球を形成したものです。

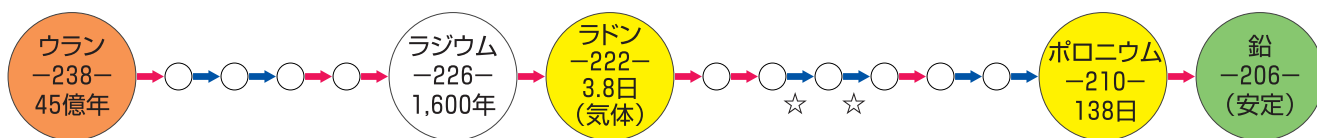
建物でも、岩石やコンクリートを使っているものには放射性物質が含まれるので、放射線が発生しています。



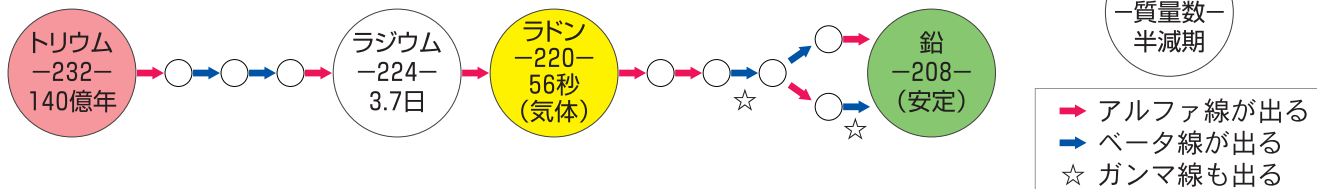
ウランやトリウムの原子核は放射線を出して別の放射性物質に変化し、それがまた放射線を出して変化して行きます。このような変化が最後に鉛になって安定するまで続きます。原子核が変化し、元の元素の原子核数が半分に減る期間を半減期といいます。

放射性壊変系列（主な元素名を記載）

ウラン系列



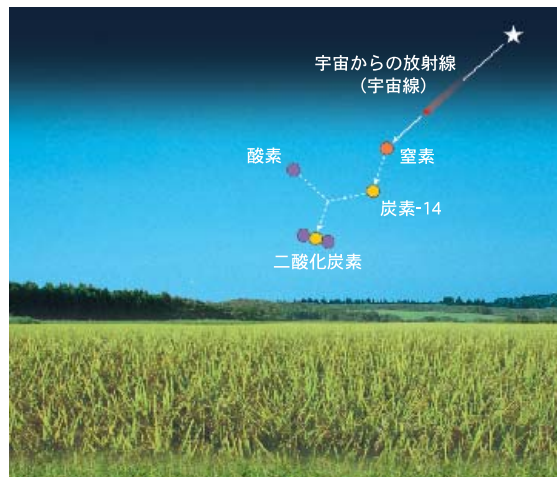
トリウム系列



宇宙からの放射線

宇宙から、宇宙線と呼んでいる高いエネルギーを持った小さな粒の放射線が飛んできています。

宇宙線は、地球の大気を通るときに、空気中の元素に衝突して放射性物質を新たに作ります。例えば、宇宙線が窒素に衝突すると放射性物質の炭素（炭素 14）ができます。炭素 14 は酸化されて二酸化炭素になり、光合成によって作物にも取り込まれます。



自然放射線からの被ばく

体外からの被ばく

大地、建物や宇宙からの放射線が人に当たることで被ばくをしています。大地と建物からの被ばくはガンマ線が主なもので、1 年間の世界平均で 0.48 ミリシーベルト程と評価されています。宇宙線からは、1 年間に 0.39 ミリシーベルト程を被ばくしています。

体内からの被ばく

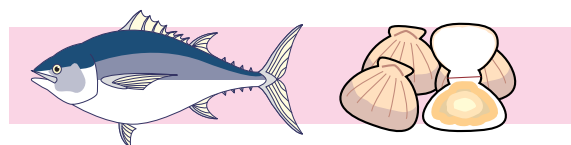
空気中を漂っているラドンやラドンが変化してできた別の放射性物質が、呼吸によって肺に入ることによって、被ばくをしています。その量は 1 年間に 1.26 ミリシーベルト程です。

食物には、放射性物質（カリウム 40、炭素 14、ポロニウム 210 など）を含んでいるものがあります。それを食べることで、私たちの体内に放射性物質が取り込まれ、1 年間に 0.29 ミリシーベルト程の被ばくをしています。



こんぶ しいたけ ほうれん草

カリウム 40 を多く含む食物



魚 貝

ポロニウム 210 を多く含む食物

●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87	500ベクレル
鉛210・ポロニウム210	20ベクレル

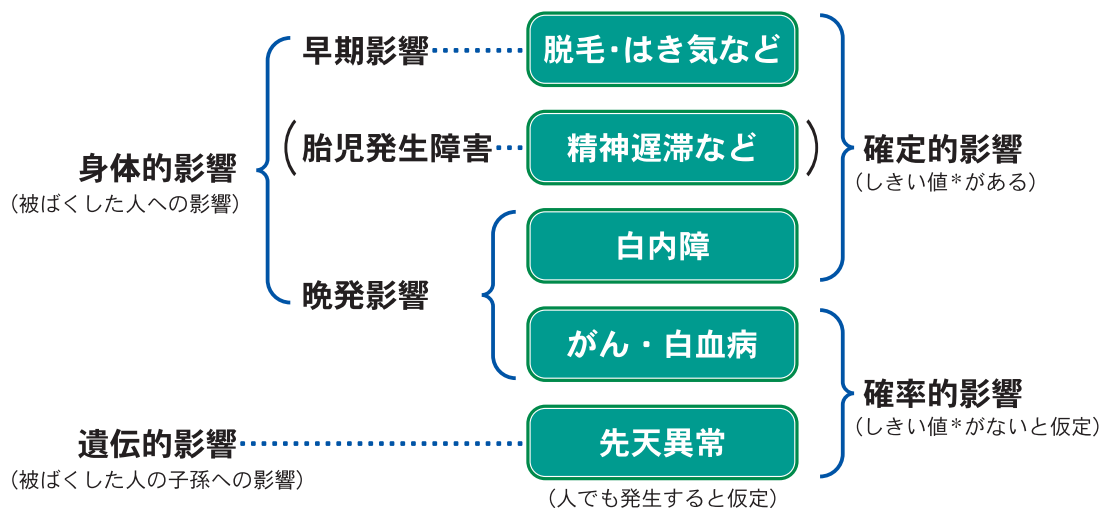
出典：原子力安全研究協会「生活環境放射線データに関する研究」
(昭和 58 年)

ベクレル：放射能の強さを表す単位です。1 秒間に変化する原子核の数で表します。
シーベルト：人が受ける放射線の量を表す単位です。ミリシーベルトはその 1,000 分の 1。

放射線の人への影響

高線量放射線の影響

原爆被爆者、医療被ばく者、事故被ばく者などの調査により、高線量（多量）の放射線を人体に受けた場合には、影響が現れることが明らかになっています。遺伝的影響は、動物では確かめられていますが、人についてはこれまでの調査では認められていません。



低線量・低線量率放射線の影響

低線量とは、人体が受ける放射線の総量が約 200 ミリシーベル以下であるとされています。

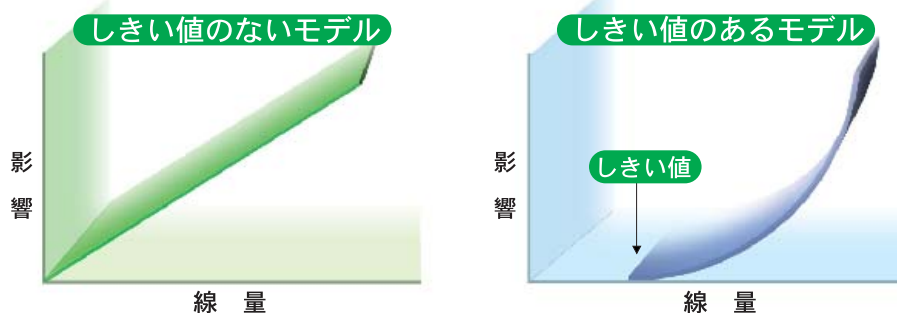
原爆被爆者には低線量の放射線を受けた方々もありますが、その方々の調査では、がんの増加の有無を示す明確なデータは得られていません。一方、自然放射線の量が世界平均より多い地域の住民の調査では、がんの増加は認められていません。

低線量放射線のがんへの影響について、しきい値がないという見解と、しきい値があるという見解があります。また、原爆では約 1 分間で被ばくしましたが、原子力施設では低線量率（時間当たりの被ばく線量が微量）の放射線を長期間にわたって被ばくします。

低線量・低線量率放射線の影響を明らかにするため、原子力施設作業員の調査やマウスを用いた動物実験などが行われています。

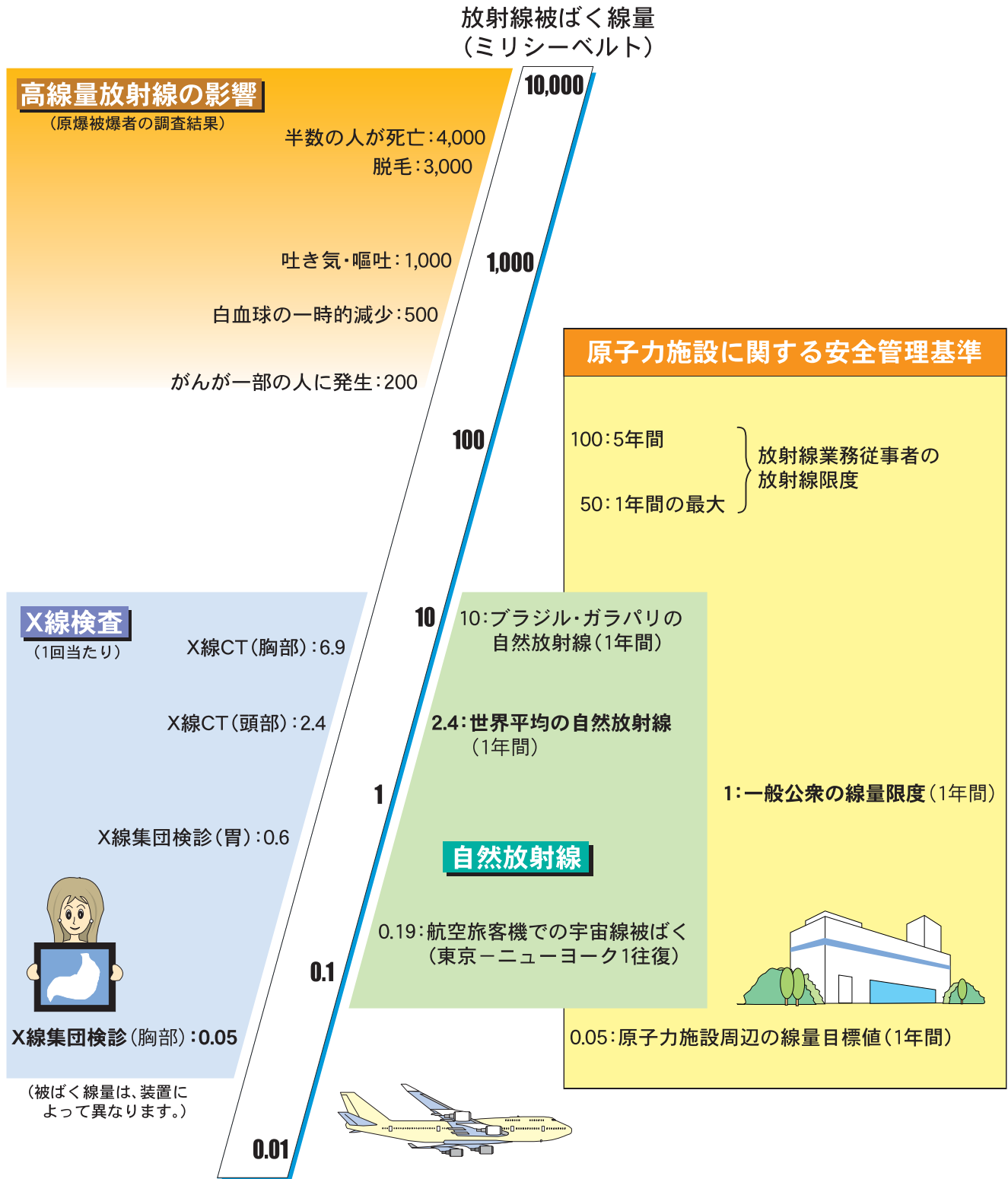
二つの線量影響曲線モデル

放射線の量とその影響との関係を表すモデルには、しきい値のないモデル(左図)と、しきい値のあるモデル(右図)の、2種類があります。



*しきい値：それ以上の線量では影響があり、それ以下では影響がない線量のことをいう。

放射線被ばく線量の事例

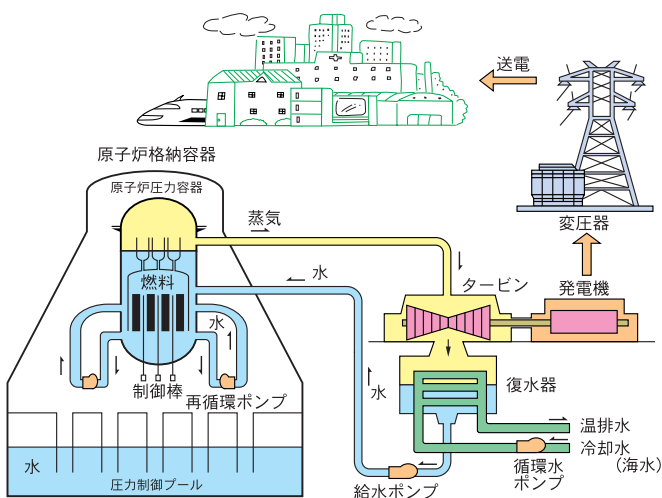


原子力施設

原子力発電所

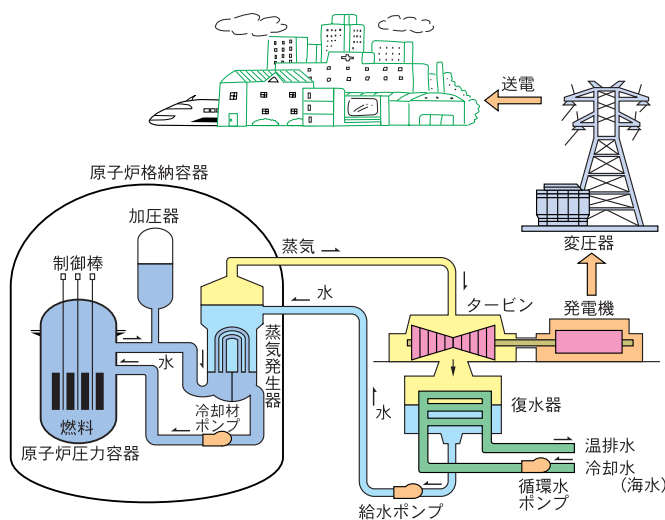
原子力発電所は、燃料のウランやプルトニウム核の核分裂から発生する熱で水を蒸気に変え、その蒸気でタービンを回して発電します。日本では、冷却材に水を使った2種類の原子力発電所（軽水炉）が稼動しています。

沸騰水型原子力発電所 (BWR)



出典：資源エネルギー庁「原子力2005」

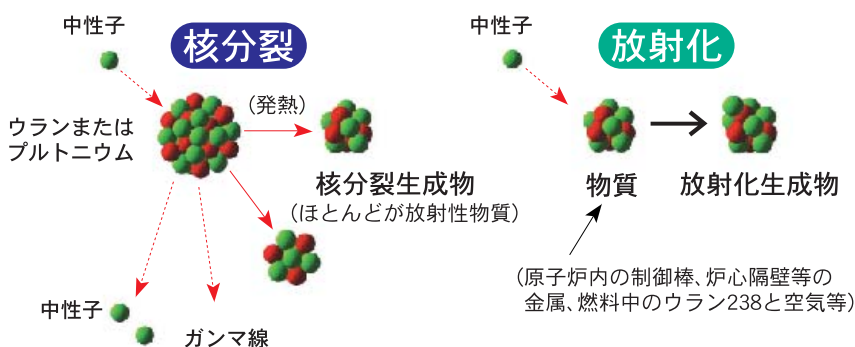
加圧水型原子力発電所 (PWR)



出典：資源エネルギー庁「原子力2005」

原子炉を運転している間は、核分裂によって放射線（中性子、ガンマ線）が発生するとともに、燃料中に核分裂生成物ができます。また、中性子が当たった物質が変化して放射性物質（放射化生成物）になる反応（放射化）も起きています。これらの放射性物質（核分裂生成物と放射化生成物）からは、原子炉停止後も、放射線が発生し続けます。

原子炉内での放射性物質の生成



主な放射性物質の種類

核分裂生成物

トリチウム、クリプトン 85、
ストロンチウム 90、
テクネチウム 99、ヨウ素 129、
ヨウ素 131、セシウム 137

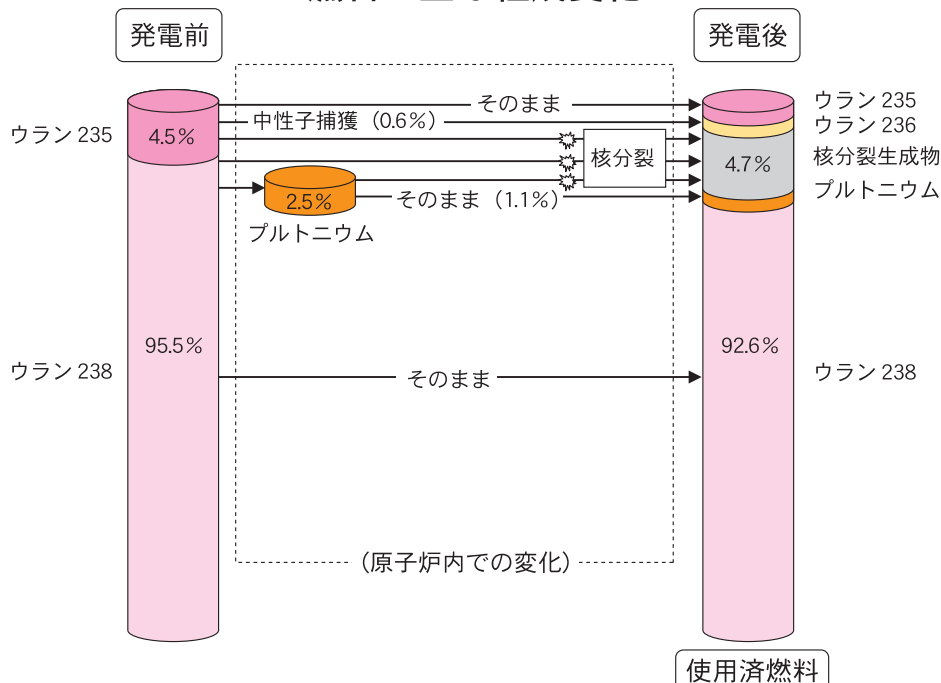
放射化生成物

超ウラン元素：ネプツニウム、プルトニウム、
アメリシウム、キュリウム

その他：炭素 14、コバルト 60 等

燃料中では核分裂生成物が蓄積するほかに、核分裂しにくいウラン 238 に中性子が捕獲されてより重いプルトニウムなどの超ウラン元素が生成しています。燃料は、原子炉で 3～4 年間使用した後に取り出され、使用済燃料になります。

燃料の主な組成変化

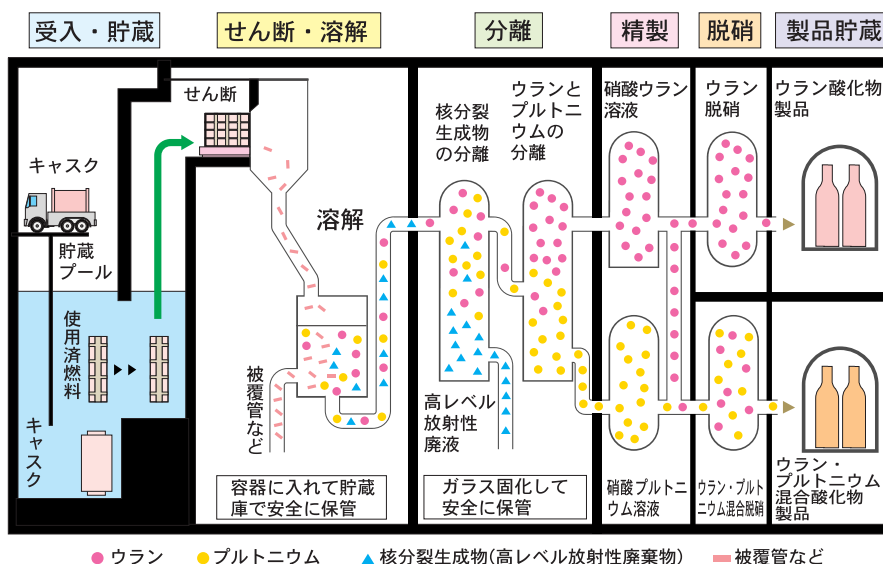


再処理工場

使用済燃料は再処理工場で、再利用できるウランとプルトニウム、および放射性廃棄物に分離されます。放射性廃棄物には、核分裂生成物、プルトニウム以外の超ウラン元素（マイナーアクチニド）およびそれ以外の放射化生成物が含まれています。

プルトニウムは、ウランと混合して燃料（MOX 燃料）に加工され、原子力発電所（軽水炉）や高速増殖炉で再利用されます。軽水炉での MOX 燃料利用をプルサーマルといいます。

再処理の工程



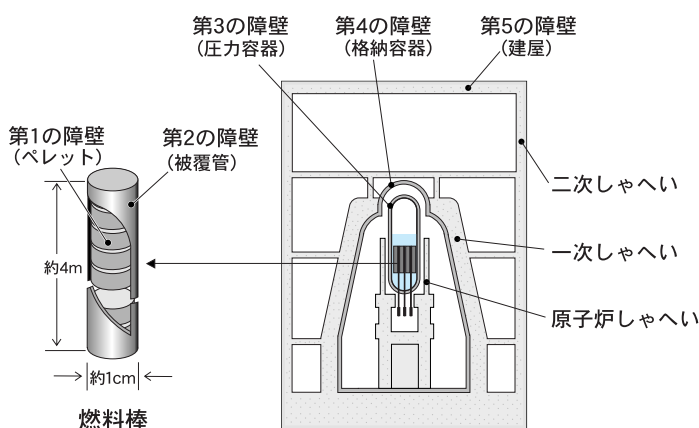
放射線安全管理

原子力施設では、一般公衆や放射線業務従事者の受ける放射線の量を安全管理基準以下に抑えるため、以下のような安全管理を行っています。

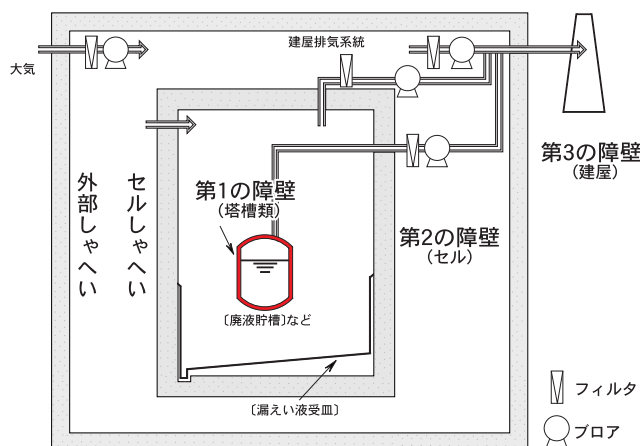
放射線のしゃへいと放射性物質の閉じ込め

放射線が外部に出ないようにしゃへいするため、周囲を厚いコンクリート壁などで覆っています。また放射性物質が外部に出ないように、何重もの障壁で閉じ込めています。

原子力発電所



再処理工場

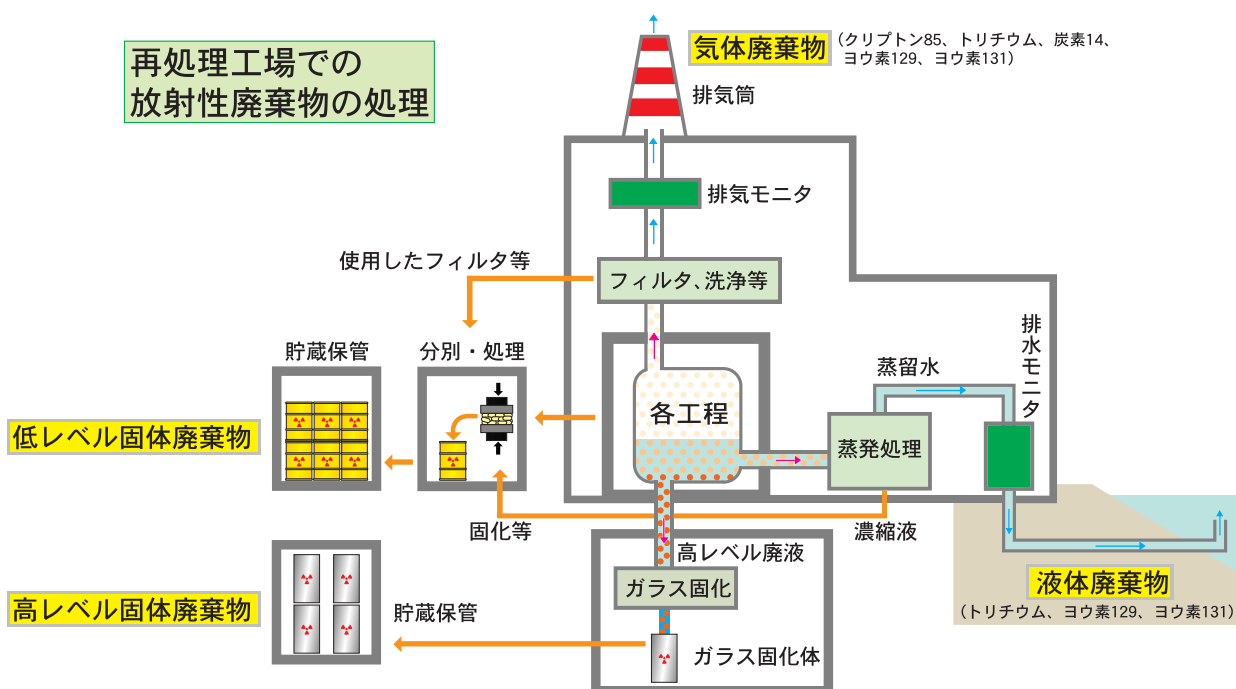


放射性廃棄物の処理・処分

原子力施設の運転に伴って、放射性物質を含んだ廃棄物が生じます。気体と液体の廃棄物は、放射性物質を取り除くなどの処理を行って、放出管理目標値を超えないように管理して排出します。固体の廃棄物は、圧縮・焼却などの処理を行って減容し、容器に入れて保管した後、地中にコンクリート等で覆って埋設されます。

核分裂生成物を含む高レベル廃液は、ガラス固化されて、保管されます。

再処理工場での放射性廃棄物の処理



環境中の放射線・放射性物質の監視

原子力施設から排出された気体と液体の放射性物質は、環境中を拡散しながら移動し、その一部が農畜産物や水産物に移行します。

環境中の放射性物質や放射線に異常がないかを監視するため、空気中や地面の放射性物質から発生する放射線の量を測るとともに、空気や土、野菜や牛乳、水や魚などに含まれる放射性物質の量を測っています。



被ばく線量評価の基礎調査

再処理工場の運転に伴い環境中に放出される放射性物質のうち、農畜産物や水産物にどの程度の量が行移・蓄積し、最終的に人がどの程度の放射線を受けるかを、精度よく予測する計算モデルを作成するため、必要な調査研究が行われています。



このパンフレットは文部科学省の委託により、
(財)環境科学技術研究所が作成したものです。

財団法人 環境科学技術研究所 広報・研究情報室
〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駁字家ノ前1番7
TEL 0175-71-1200(代表)・FAX 0175-72-3690