参考 3 放射性物質の管理と放射線

3-1 放射性物質の閉じ込め

原子炉の中では、ウランの核分裂によって放射性物質が生じますし、また、冷却材中のわずかな不純物に中性子が当たって放射性物質が生じます。このため、原子力発電所では、これらの放射性物質に対し、次のような対策が行われています。まず、ウランの核分裂によって生じた放射性物質を閉じ込めるための防壁が設けられており、大きくわけると五重の構造になっています。

次に、冷却材中に生じた放射性物質は、原子炉容器と蒸気発生器（加圧水型の場合）または、タービン（沸騰水型の場合）との間を循環しており、外へ出ることはできません。

この冷却材中の放射性物質は、常時、浄化装置によってとり除かれ、放射性廃棄物として処理されます。

〔放射性物質を閉じ込める5重の壁〕

（1）ペレット

放射性物質を閉じ込めている第 1 の防壁は、ペレットです。ペレットはウランの酸化物という化学的に安定なものを高温で陶磁器のように焼き固めたものなので、大部分の放射性物質をペレットの中にとどめます。

（2）被覆管

ペレットが入っている燃料棒の被覆管は、ペレットの外部に出てきた少量の放射性物質を閉じ込めます。

（3）原子炉圧力容器

高い圧力に耐えられるがんじょうな構造で気密性を保っているため、被覆管から、放射性物質が冷却材に漏洩した場合でも放射性物質が外部に出るのを防ぎます。

（4）原子炉格納容器

鋼鉄ないしコンクリートでつくられており、原子炉容器から放射性物質が出てきても、内部に閉じ込めておくとともに放射能を減らすものです。

（5）原子炉建屋

原子炉格納容器を覆うように、もしくは原子炉格納容器と一体になるように厚いコンクリートでつくられており、さらに強固に放射性物質が外に出ることを防ぎます。

3-2 放射性廃棄物の処理

原子力発電所で発生する放射性廃棄物には、気体状のもの、水に溶けて液体状になっているもの、及びフィルター等に付着して固体状になっているものがあります。

加圧水型(PWR)と沸騰水型(BWR)では一部のちがいはありますが、気体状のものは、放射能減衰タンク等により、放射能を十分減衰させ、フィルターにかけて粒子状物質を除いた後、放射性廃棄物の濃度を測定して、安全を確かめたうえで、大気中へ放出されます。

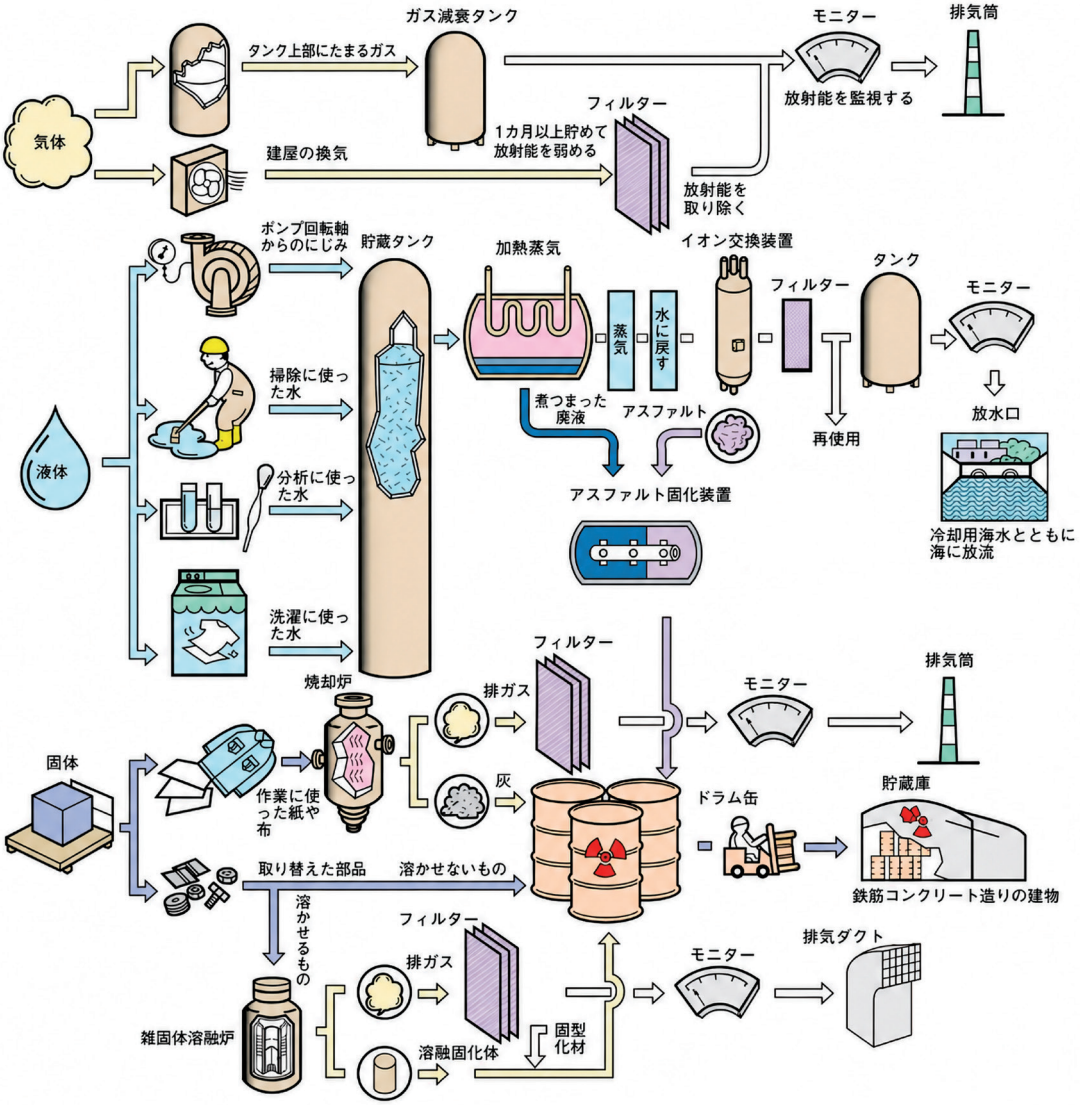
液体状のものは、フィルターやイオン交換樹脂でろ過したり、蒸発濃縮装置で処理した後に、濃縮液はドラム缶にコンクリートやアスファルト詰めされ、放射性固体廃棄物貯蔵庫に安全に保管されます。

固体状のもののうち、フィルター・スラッジや使用済みイオン交換樹脂のような放射能レベルの比較的高いものは、貯蔵タンクで長期間貯蔵し十分放射能を減らしてからドラム缶につめますが、紙や布などのような放射能レベルの低いものは、圧縮、焼却等により量を少なくしてから、ドラム缶詰めにして固体廃棄物貯蔵庫に安全に保管されます。



固体廃棄物貯蔵庫内貯蔵状況

■玄海原子力発電所での廃棄物の処理方法



3-3 放射性物質と放射線

原子力発電所では、燃料であるウランが核分裂する時に生じる熱を利用して発電を行っていますが、この核分裂にともない放射性物質が生じます。

この放射性物質とはどのようなものでしょうか。たとえば、温泉にはラジウムを含む温泉がありますが、このラジウムや病院でガン治療のために用いられるコバルト−60などは放射性物質の一つです。

私たちのまわりには、ラジウムのように自然界にある放射性物質やコバルト−60などのように人工的に作られた放射性物質が数多くあります。

一方、原子力発電所で発生する放射性物質の代表的なものは、希ガスと呼ばれる気体状のキセノン、クリプトンなどや、放射性ヨウ素、コバルト−60などがあります。

このような放射性物質は、アルファ(α)線やベータ(β)線、ガンマ(γ)線などの放射線を出しています。

また、私たちが健康診断でレントゲン撮影を受けるときに使われるエックス(X)線も放射線の一種です。

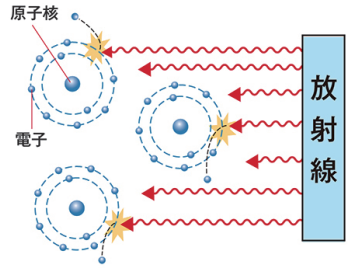
これらの放射線に共通した性質としては、

①物をつきぬける透過力

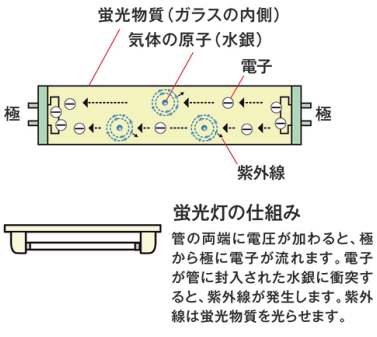
②フィルムなどを感光させる写真作用

③物質をプラス(正)とマイナス(負)に電離する電離作用などがあります。

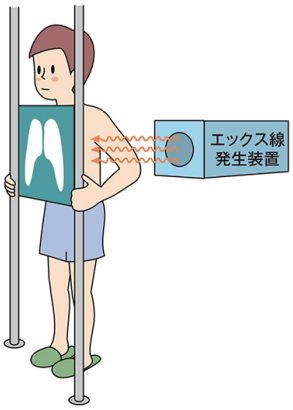
電離作用



蛍光作用

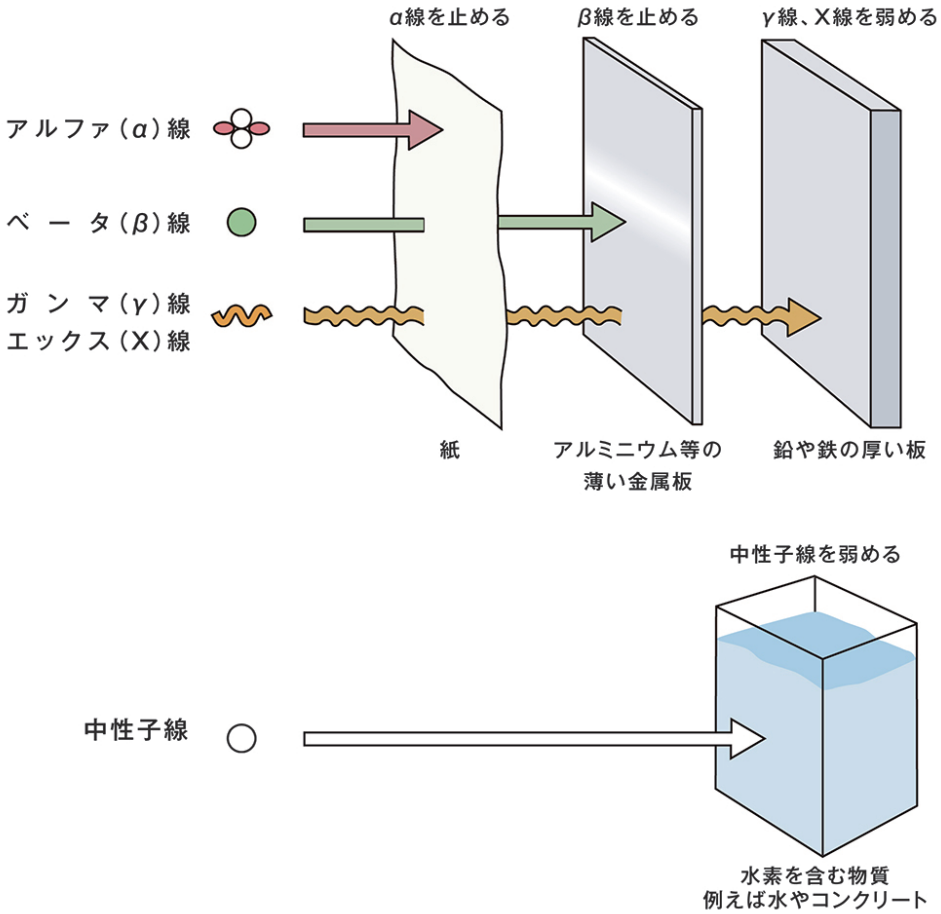


透過



(出典：「原子力・エネルギー」図面集)

■放射線の種類と性質（透過力）



（出典：「原子力・エネルギー」図面集）

アルファ線… プラス（正）の電荷を持つ放射線で、物質を透過する力が弱く、空気中でも数センチメートルしか飛ばず紙一枚でとまります。

ベータ線 … マイナス（負）の電荷を持つ放射線で、物質を透過する力は、アルファ線より強く紙は透過しますが、薄い金属板でとまります。

ガンマ線 … 電荷はなく透過力の強い放射線で、紙や薄い金属板は透過し、厚いコンクリートや鉛でとまります。

なお、放射線は目に見えませんし、感じたりもしません。しかし、放射線の性質はよくわかっていますし、測定機器を用いればかなり低いレベルまで正確に測定できます。

3-4 日常生活と放射線

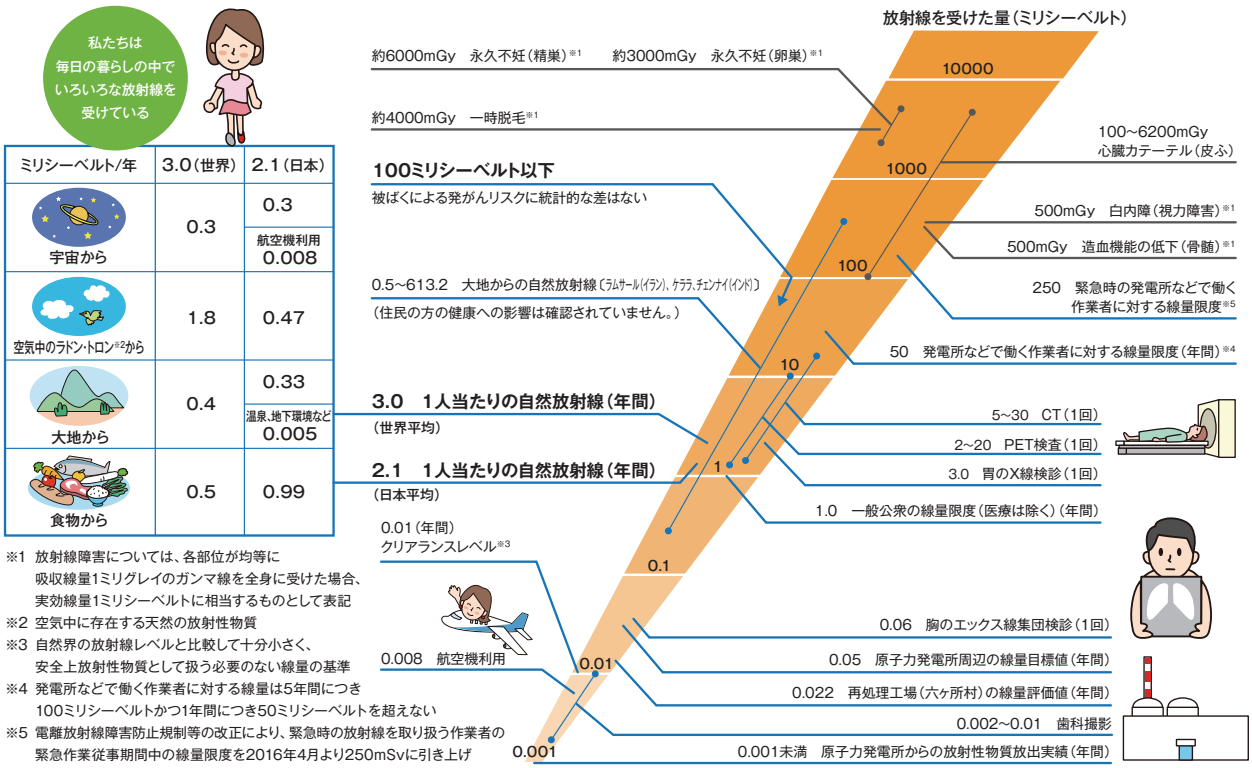
私たちは、太古以来地球上のあらゆる所で、ある程度の放射線を受けていますが、この放射線を自然放射線と呼んでいます。

私たちが自然界から受ける自然放射線には、遠い宇宙から降りそそぐもの、大地の岩石などから出てくるもの、そして食べ物を通して体の中から受けるものがあります。こうした放射線を私たちは一年間に平均して一人当たり約2.4ミリシーベルト(世界平均)受けていますが、地域によってその量には差があります(日本平均は約2.1ミリシーベルト)。

一方、医療用などで人工的につくるX線や原子力発電所の運転に伴って生まれるもの等を“人工放射線”と呼んでいます。

胸のレントゲン撮影では1回に0.06ミリシーベルト、胃のレントゲン撮影では1回に3.0ミリシーベルトの放射線を受けるなど、私たちはいろいろな放射線の中で暮らしています。

なお、一般の人が原子力発電所から受ける放射線の限度は、年間1ミリシーベルト以下と法令で定められています。ちなみに玄海原子力発電所では放射線に対して厳重な管理をしており、年間0.001ミリシーベルト未満の実績になっています。



参考

参考 4 核燃料のリサイクル

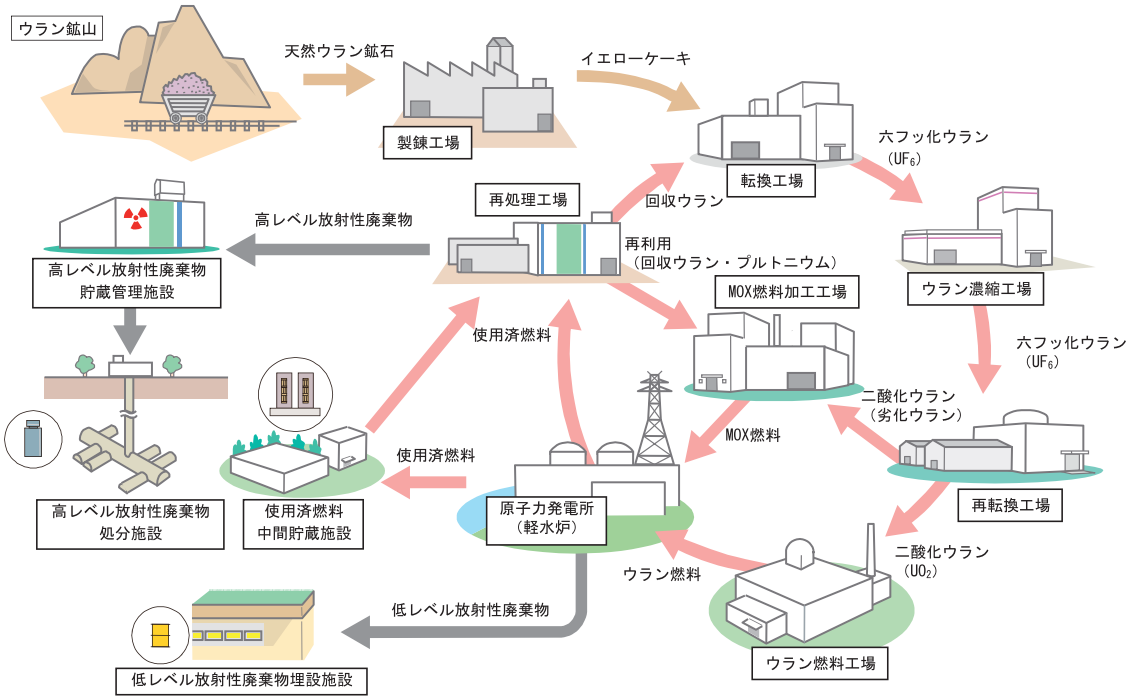
4-1 核燃料サイクル

原子力発電所では、ウランが燃料として使用されますが、このウランの一部が原子炉内で燃焼する際にプルトニウムに変わります。燃料は、3年程度使用された後、使用済燃料として、順次、原子力発電所から再処理工場へ搬送、処理され、プルトニウムや燃え残ったウランが回収されます。

こうして、ウランやプルトニウムといった核燃料を再利用する一連の流れを「核燃料サイクル」といい、原子力発電の燃料をリサイクルして使うことは、エネルギーの長期的な安定供給の確保等の観点からわが国の原子力政策の基本とされています。

ウランの採鉱から再利用までの核燃料サイクルの概要は、下図のとおりです。

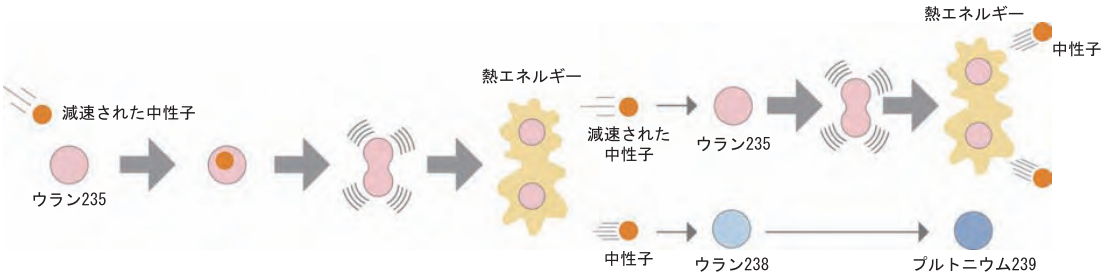
■核燃料サイクル



※MOX（Mixed Oxide）燃料：プルトニウムとウランの混合燃料

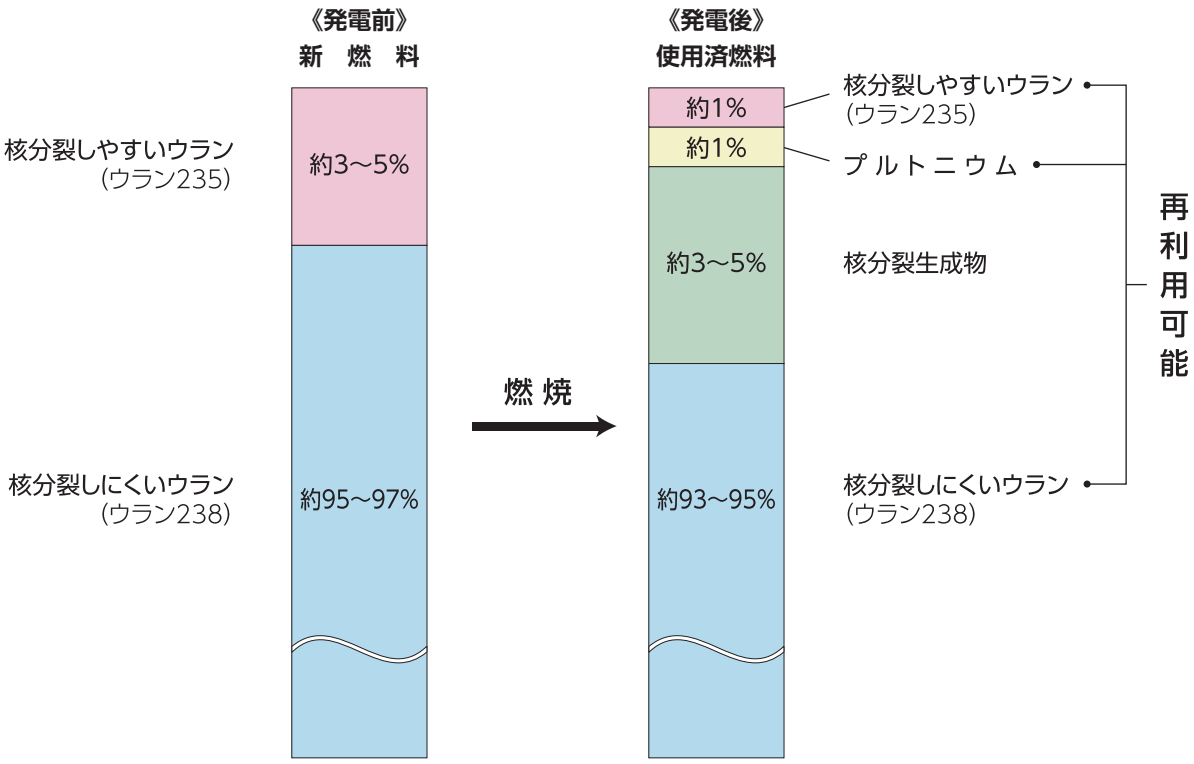
（出典：「原子力・エネルギー」図面集）

■軽水炉の核分裂とプルトニウムの生成



（出典：「原子力・エネルギー」図面集）

■軽水炉内でのウラン燃料の燃焼による変化

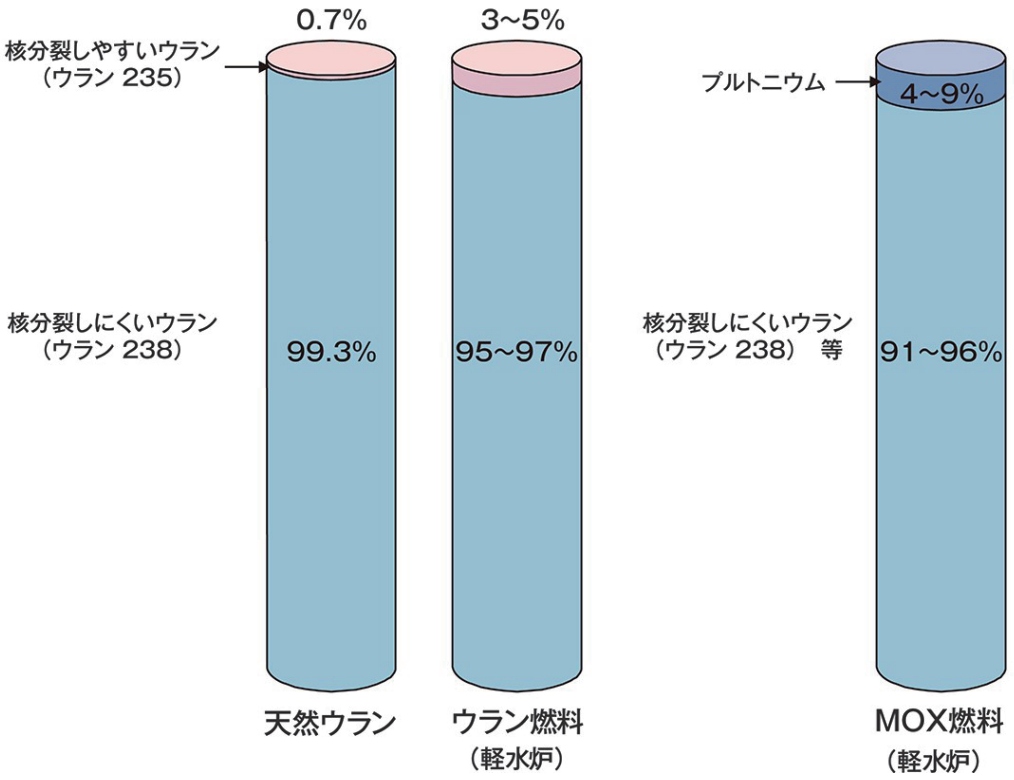


4-2 プルサーマル

再処理によって回収されたプルトニウムは、ウランと混ぜ合わせた燃料（MOX（モックス）燃料）とすることにより、現在の原子力発電所で使うことができます。このように、使い終わったウラン燃料からプルトニウムを取り出して、再び現在の原子力発電所で使うことを「プルサーマル」と呼んでいます。

我が国では将来、核燃料サイクルを確立し、これを本格的な軌道に乗せていくため、核燃料のリサイクルに必要な技術の確立と体制・制度の整備を進めていくことにしています。また、原則として利用目的のないプルトニウムは持たないという国際的な約束を守るため、再処理で回収されたプルトニウムは、プルサーマルで計画的に利用することにしています。

■ウラン燃料とMOX燃料の組成比較



（出典：「原子力・エネルギー」図面集）

4-3 放射性廃棄物の最終処分

放射性廃棄物は、発生場所や放射能レベルに応じていくつかの区分に分類されており、その区分に応じた処分が行われます。

廃棄物の種類			廃棄物の例	発生場所	処分の方法（例）
低レベル放射性廃棄物	発電所廃棄物	放射能レベルの極めて低い廃棄物	コンクリート、金属等	原子力発電所	トレンチ処分
		放射能レベルの比較的低い廃棄物	廃液、フィルター、廃器材、消耗品等を固形化		ピット処分
		放射能レベルの比較的高い廃棄物	制御棒、炉内構造物		中深度処分
	ウラン廃棄物		消耗品、スラッジ、廃器材	ウラン濃縮・燃料加工施設	中深度処分、ピット処分、トレンチ処分、場合によっては地層処分
	超ウラン核種を含む放射性廃棄物（TRU廃棄物）		燃料棒の部品、廃液、フィルター	再処理施設、MOX燃料加工施設	地層処分、中深度処分、ピット処分
高レベル放射性廃棄物			ガラス固化体	再処理施設	地層処分

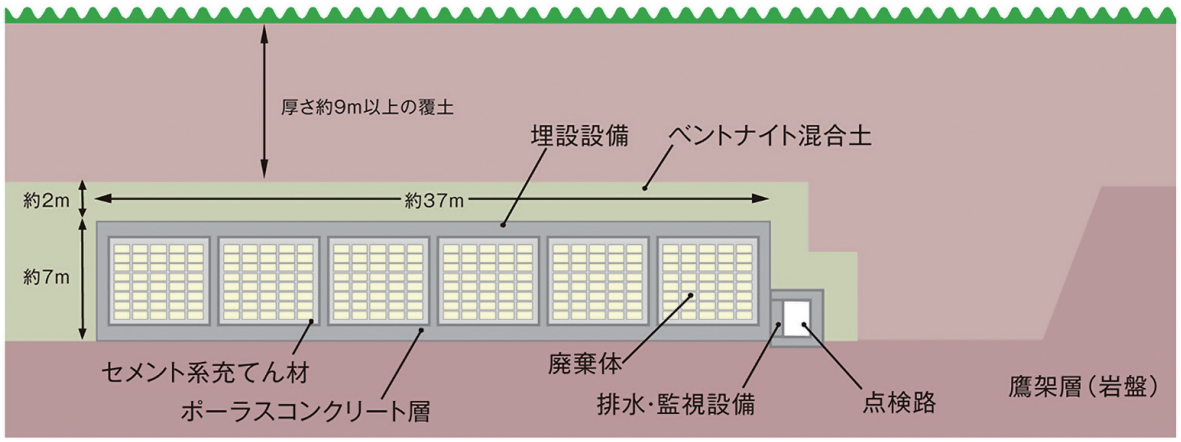
クリアランスレベル以下の廃棄物	原子力発電所解体廃棄物の大部分	上に示した全ての発生場所	再利用/一般の物品としての処分

（1）低レベル放射性廃棄物

ドラム缶に詰めて密閉し、玄海原子力発電所内に保管されている低レベル放射性廃棄物（262 ページ参照）は、「放射能レベルの比較的低い廃棄物」に分類され、最終的には青森県六ヶ所村の低レベル放射性廃棄物埋設センターに搬送され埋設処分されます。

■低レベル放射性廃棄物埋設設備の断面図

（例）2号埋設設備



（出典：「原子力・エネルギー」図面集）

（2）高レベル放射性廃棄物

使用済燃料を再処理してウランとプルトニウムを回収した後に、核分裂生成物を主成分とする高い放射能を有する廃液が残ります。この廃液を化学的な変化に強いガラスで固めたものを「高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）」と呼んでいます。

我が国では、高レベル放射性廃棄物を30~50年程度一時貯蔵して冷却した後は、最終的に地下300mより深い安定した地層中に処分することを基本方針としています。

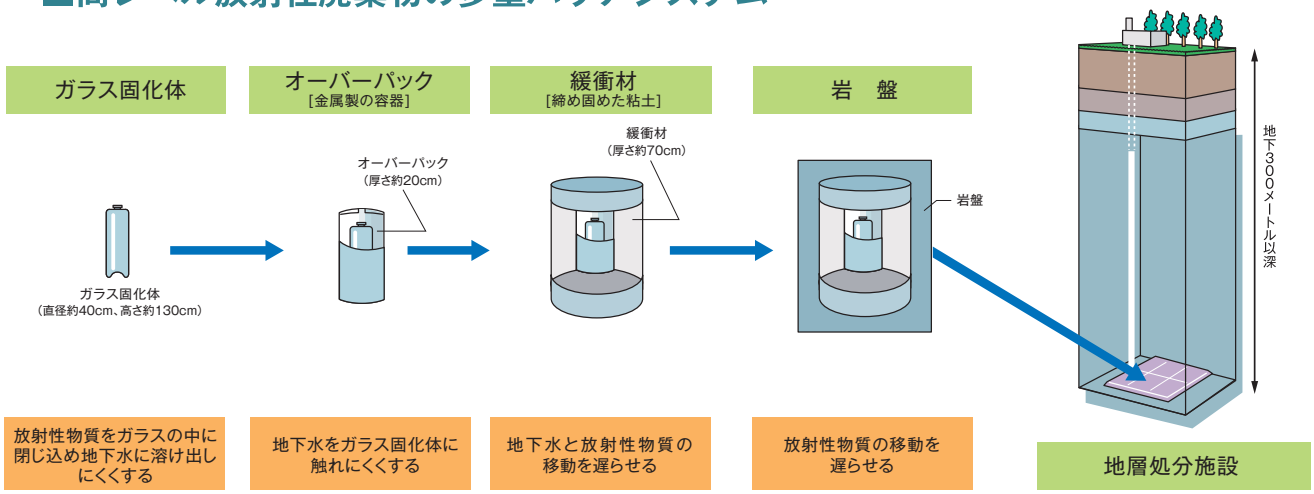
これを「地層処分」と言い、深い地層が本来持つ、酸素が少なく化学的に変質しにくい、人間の生活環境から遠く離れている、などの性質を利用し、人間の生活環境に影響を及ぼさないように長期にわたって安全・確実に隔離し、閉じ込めるための方法です。

高レベル放射性廃棄物の最終処分は、原子力発電及び核燃料サイクルを進めていくために必要な最重要課題の一つであり、早期実現が求められています。

※最終処分に係る国等の動き

年	月	内　　容
2000年	6月	『特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律』施行
2015年	5月	『特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針』改定 国が前面に立って取り組むとした
2017年	7月	最終処分に係る『科学的特性マップ』を公表
2020年	11月	北海道内2自治体でNUMOによる文献調査が開始
2023年	4月	『特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針』改定 国が一丸となって、かつ、国の責任で取り組んでいくとした
2024年	6月	玄海町でNUMOによる文献調査が開始
	11月	NUMOが北海道内2自治体での文献調査の報告書を公表
2026年	1月	経済産業大臣が全国の都道府県知事に対し、原子力利用に伴う課題の解決に向けた協力をお願いする旨のレターを発出及び公表
	5月	東京都小笠原村でNUMOによる文献調査が開始

■高レベル放射性廃棄物の多重バリアシステム



（出典：「原子力・エネルギー」図面集）