

## 1. 発電にともなうさまざまな廃棄物

---

私たちの生活にともなってさまざまな廃棄物が発生します。

産業はもちろんですが、家庭からのごみが発生します。私たちの暮らしを支える発電の場合も例外ではありません。発電にともない廃棄物が発生します。火力発電では二酸化炭素が、原子力発電では放射性廃棄物が発生します。

日本では放射性廃棄物は、低レベル放射性廃棄物と高レベル放射性廃棄物に区分されています。

これらの放射性廃棄物は、その特徴に合わせて処分しますが、浅い地中に処分するものから深い地下に地層処分するものまで、処分方法もさまざまです。地層処分を行う放射性廃棄物は、高レベル放射性廃棄物と、一部の低レベル放射性廃棄物です。

高レベル放射性廃棄物は、発電で使い終えた燃料を再処理してリサイクルする際に残る放射能の高い廃液をガラスで固めて安定化させたものです。

地層処分する低レベル放射性廃棄物（地層処分相当低レベル放射性廃棄物）は、リサイクルの過程やその施設の解体などにより発生するもので、さまざまな種類があるため、その特徴にあわせて処分します。

### 1.1. 原子力発電にともない放射性廃棄物が出ます

---

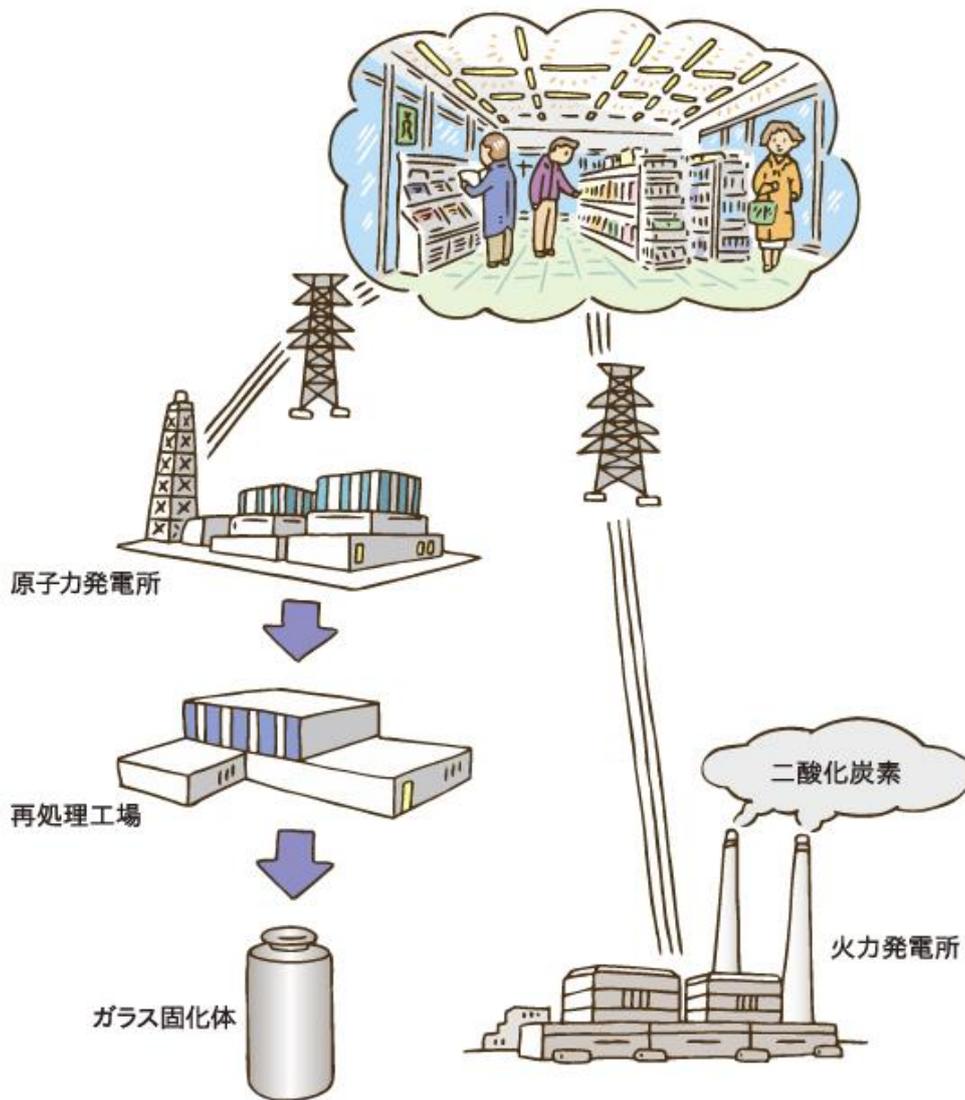
スイッチひとつでつく電灯、冷蔵庫、炊飯器、洗濯機、エアコン、これらによって私たちは毎日を快適に過ごすことができます。また、24時間営業しているコンビニエンスストア、エレベータ、電車なども私たちの生活を便利にしています。普段はあまり気にすることはありませんが、これらは主として電気に頼っています。発電所では電気を作る際に、火力発電の場合には二酸化炭素が、原子力発電の場合は放射性廃棄物が出ます。

原子力発電所では、ウランを燃料として使いますが、使い終えた燃料を「使用済燃料」と呼んでいます。しかし、この中にはまだ燃料として使えるウランやプルトニウムとともに、ウランの核分裂などにより新たに生成された再利用できない放射性物質（核分裂生成物など）が含まれています。

再処理工場では、使用済燃料から再び燃料として使えるウランやプルトニウムを化学的に分離し、回収しますが、このとき、再利用できない放射能の強い放射性物質を含んだ高レベル放射性廃液が残ります。これをガラス原料と高温で融かし合わせて固めます。このガラス固化体を日本では「高レベル放射性廃棄物」と呼んでいます。

また、このほかに再処理工場などでは、高レベル放射性廃棄物よりも放射能が低く発熱が小さいものの、半減期の長い放射性核種を一定量以上含む、「地層処分相当低レベル放射性廃棄物」などが出ます。

なお、海外では使用済燃料の再処理を行わない国もありますが、その場合は、使用済燃料そのものが高レベル放射性廃棄物となります。



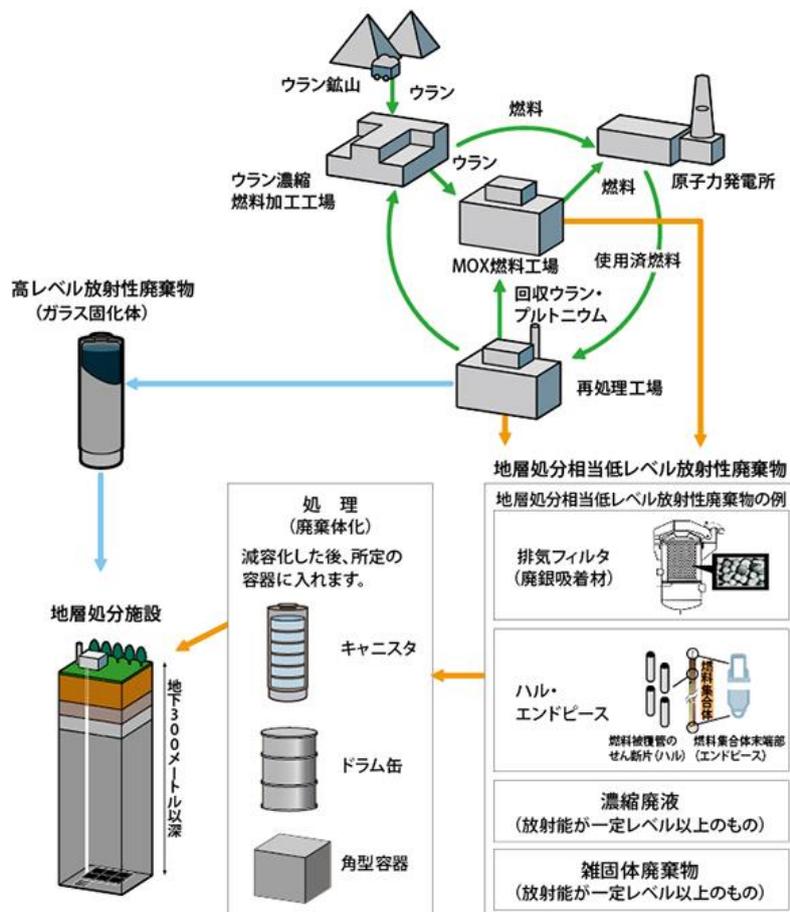
発電と廃棄物

## 1.2. 高レベル放射性廃棄物と一部の低レベル放射性廃棄物は地層処分します

「高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）」は、再処理工場において使用済燃料を溶解し、ウランとプルトニウムを再利用するために抽出した後に残る核分裂生成物などを含む廃液を、ガラス原料と高温で融かし合わせて固めたものです。放射能が高く、発熱も大きいため、処分場に定置するのに適した温度に下がるまでの間、貯蔵施設で冷却しながら貯蔵します。青森県六ヶ所村には高レベル放射性廃棄物のための貯蔵施設があり、すでにフランスとイギリスから返還された高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）を自然空冷方式で冷却しながら一時貯蔵しています。

再処理工場や、MOX燃料工場の操業中や解体時に、高レベル放射性廃棄物に比べて放射能が低く発熱が小さいさまざまな放射性廃棄物が発生します。この廃棄物の一部は半減期の長い放射性核種が一定量以上含まれることから、高レベル放射性廃棄物と同様に地層処分します。

この廃棄物を「地層処分相当低レベル放射性廃棄物」と呼びます。これらの廃棄物はドラム缶などの容器に入れられ、処分に適した形状に加工（廃棄体化）されて、廃棄体として処分場に搬入されます。



地層処分を行う放射性廃棄物の発生の流れと分類

### 1.3. 放射性物質を長期間閉じ込めておくためにガラスで固めます

使用済燃料を再処理すると再利用できない高レベル放射性廃液が残ります。

これは、放射性物質を含んでいる液体ですから、こぼれて散らばってしまったり、容器に穴が空いて漏れたりしては危険です。そのため、固めることが必要です。さらに固体であっても、すぐに溶けたり、ぼろぼろに崩れたりしては困ります。長い期間にわたって安定な状態を維持できることが必要です。高レベル放射性廃液は、高温で融かしたガラス原料とともにキャニスタと呼ばれるステンレス製容器の中で冷やして固めます。これをガラス固化体と言います。

では、なぜガラスで固めるのでしょうか？

ガラスが放射性廃棄物を取り込む能力に優れているからです。

ガラスにいろいろな物質を融かし込むとその物質特有の色を持つ色ガラスを作ることができます。古代エジプト時代に作られた色ガラスは、割れても、何千年たっても色が抜けていません。高レベル放射性廃液とは、実は、さまざまな放射性物質（放射性核種）が液体に溶けたもので、それらを色ガラスの原理でガラスに融かし込んで固めたものがガラス固化体です。したがって、色ガラスから色が抜けにくいように、ガラス固化体は放射性物質が外に漏れ出ないように長期間閉じ込めておきます。

なぜガラスで固めるかというと、ガラスはその網目構造の中に放射性物質をきっちりと取り込み長期間安定な状態を保つからです。



ガラス固化体の閉じ込め能力

## 1.4. ガラス固化体の放射能と発熱量は次第に減衰します

---

ガラス固化体は、高レベル放射性廃液をガラス原料とともに高温で融かし合わせたものを、キャニスタと呼ばれるステンレス製容器の中で冷やし、固めたものです。

ガラス固化体には、ウランの核分裂によりできたさまざまな放射性物質が含まれています。その半減期は長いものから短いものまでさまざまです。ガラス固化体製造直後には半減期の比較的短い放射性物質（セシウム 137、ストロンチウム 90。半減期は約 30 年と約 29 年）によって、人間が近づくことができないほど高い放射能を持っています。そのため、容器や壁などによる遮へいや遠隔操作が必要になりますが、現在、青森県六ヶ所村で安全に保管されている実績から、十分安全に取り扱うことができます。

放射能は時間とともに減衰する性質があります。ガラス固化体の放射能は、半減期の比較的短い放射性物質の影響で比較的早く減衰し、ガラス固化体の放射能は 1000 年後にはガラス固化体製造直後の約 3000 分の 1、1 万年後には約 1 万分の 1、10 万年後には約 3 万分の 1 になります。

これ以降は、半減期の長い放射性物質（テクネチウム 99／約 21 万年、ジルコニウム 93／約 153 万年、ネプツニウム 237／約 214 万年など）の放射能が大部分となり、ゆっくりと減衰します。

ガラス固化体は放射性崩壊にともなって発熱していますが、放射能の減衰とともに、発熱も低下していきます。

製造直後の発熱は約 2300 ワット（2.3 キロワット）と、電気ポット 2～3 個分の発熱に相当しますが、30 年後には約 560 ワット、50 年後には約 350 ワットまで低下します。

なお、ガラス固化体には核分裂する物質がほとんど含まれないことから、臨界状態になることはなく、爆発することはありません。

## 1.5. 地層処分相当低レベル放射性廃棄物はその特徴にあわせて処分します

---

地層処分相当低レベル放射性廃棄物は、放射能や発熱が、高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）と比較して低いことからガラス固化体のように 1 体ずつ離して処分する必要はなく、集めて処分することができ、地下施設の広さは高レベル放射性廃棄物に比べて、約 30 分の 1 で済みます。

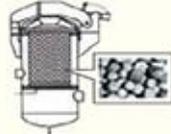
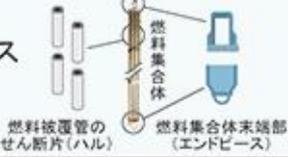
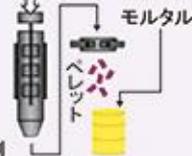
また、地層処分相当低レベル放射性廃棄物には、さまざまな種類の放射性物質が含まれているため、それぞれの廃棄物の特徴にあわせて、処分する必要があります。

グループ1は、ヨウ素129を吸着するために使用された排気フィルタです。この廃棄物の発生量は少ないのですが、ヨウ素129は人工バリアや天然バリアに吸着されにくいという特徴があるため、人工バリアには、高レベル放射性廃棄物と同様に水を通しにくい緩衝材を使用します。

グループ2は、燃料集合体の部品であったハル（燃料被覆管のせん断片）やエンドピース（燃料集合体の末端部）であり、高レベル放射性廃棄物ほどではありませんが発熱があります。そのため、発熱による人工バリアへの影響を避けるため、坑道断面内の定置数を少なくしたり他の坑道との間隔を広げたりします。また、吸着しにくい炭素14を含むため、グループ1と同様に緩衝材を使用します。

グループ3は、使用済燃料を溶解するために使われた硝酸の廃液を濃縮固化したもので、人工バリアの性能に影響を与える硝酸塩を多く含むという特徴があります。そのため、他の廃棄体の人工バリアに影響を与えないよう、地下水の流れる方向の下流側に、このグループの処分坑道を設置するようにします。

グループ4は、施設の操業や検査のときに使われ、放射性物質が付着した工具類などの雑固体であり、グループ1から3には含まれないさまざまな放射性物質が含まれています。グループ2と同様に、発熱が高い廃棄物を一部含み、発熱の影響を避けるための対策をとります。

	内容	特徴	処分坑道断面 (円形坑道の場合)
1	<b>排気フィルタ等</b> (廃銀吸着材) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>●半減期が長く岩盤等に吸着されにくいヨウ素129を多く含む</li> <li>●発生量が少ない</li> </ul>	廃棄体パッケージ 埋め戻し材 構造躯体
2	<b>ハル・エンドピース</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>●半減期が長く岩盤等に吸着されにくい炭素14を多く含む</li> <li>●発熱量が比較的大きい</li> </ul>	緩衝材 支保
3	<b>濃縮廃液等</b> (放射能が一定レベル以上のもの) 硝酸系廃液の処理例 	<ul style="list-style-type: none"> <li>●人工バリアに影響を与える硝酸塩を多く含む</li> </ul>	廃棄体パッケージ
4	<b>雑固体廃棄物</b> (放射能が一定レベル以上のもの) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>●グループ1～3のような特徴を持たない</li> </ul>	充填材 支保

地層処分相当低レベル放射性廃棄物のグループ分けの例