

# プルサーマル



## 電気事業連合会

〒100-8118 東京都千代田区大手町1-3-2  
TEL. 03-5221-1440 <https://www.fepec.or.jp/>

「プルサーマル」ってなに？

なぜプルサーマルを進めるの？

プルサーマルはいままでと燃料がどう違うの？

プルサーマルのリスクと安全対策は？ いままでと違うの？

プルサーマルについて、もっと知りたい！



この印刷物は環境配慮型印刷システムを採用しています。

# Q

## 「プルサーマル」ってなに？

### 使用済燃料をリサイクルして原子力発電所で再び使うことです。

原子力発電所で使い終わったウラン燃料(使用済燃料)には、再利用できる**プルトニウム**とウランが95~97%も残っています。そこで、使用済燃料を使えるものと使えないものに分別(再処理)して取り出したプルトニウムを利用し、新しい燃料(**MOX燃料**)をつくります。

このリサイクルしてつくったMOX燃料を、現在の原子力発電所で再び使うことを「**プルサーマル**」と呼びます。

私たち原子力事業者は、2030年度までに少なくとも12基の原子炉でプルサーマルの実施を目指し、最終的には16~18基の原子炉でプルサーマルの導入を図ります。



プルサーマルを導入した高浜発電所3,4号機  
写真提供:関西電力株式会社

#### プルサーマル

プルトニウムとサーマルリアクター(現在の原子力発電所)の二つの言葉を合わせた造語。

#### MOX燃料

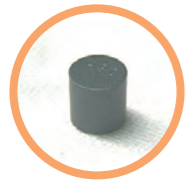
プルトニウムとウランを混合してつくった混合酸化物燃料「Mixed Oxide Fuel」の略語。

#### プルトニウム

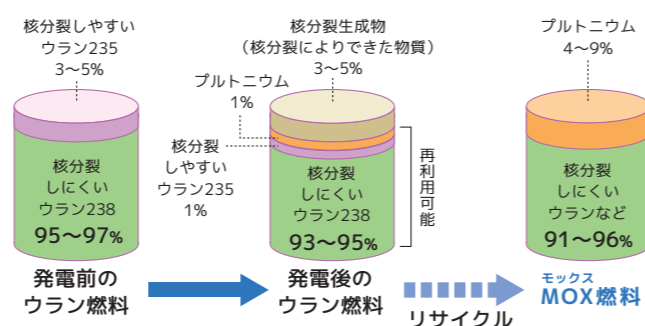
天然には存在しない人工の放射性元素。原子力発電所では運転中に、ウラン燃料の一部が中性子を吸収して生まれる。ウラン同様に核分裂するため、原子力発電所の燃料として使える。

### MOX燃料の形と成分

MOX燃料は現在使っているウラン燃料と比べて、含まれるプルトニウムとウランの濃度は異なりますが、ペレットや燃料集合体の大きさ・形は同じです。



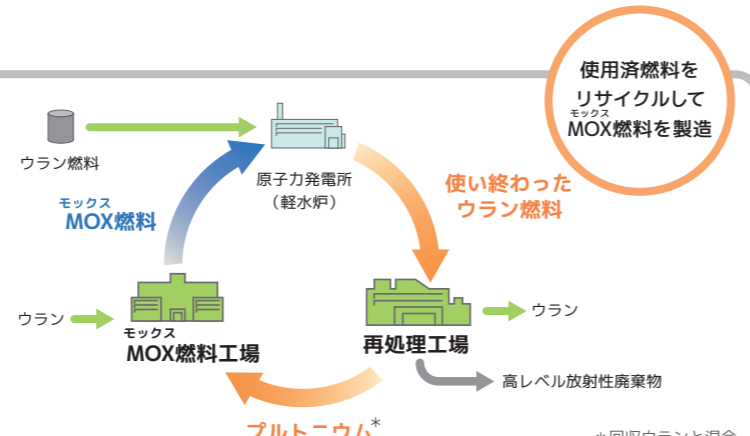
MOX燃料ペレット(例)  
(直径約1cm×高さ約1cm)  
沸騰水型の原子炉(BWR)で使われるタイプ



### MOX燃料製造の流れ

原子力発電所で使い終わったウラン燃料(使用済燃料)は再処理工場に送り、再利用できるプルトニウムとウラン、再利用できない高レベル放射性廃棄物に分別します。

次に、取り出したプルトニウムなどを使って、MOX燃料工場でMOX燃料をつくります。当面はフランスに製造を委託しますが、現在、日本原燃(株)でMOX燃料工場を建設中であり、日本国内でもMOX燃料をつくる予定です。



# Q

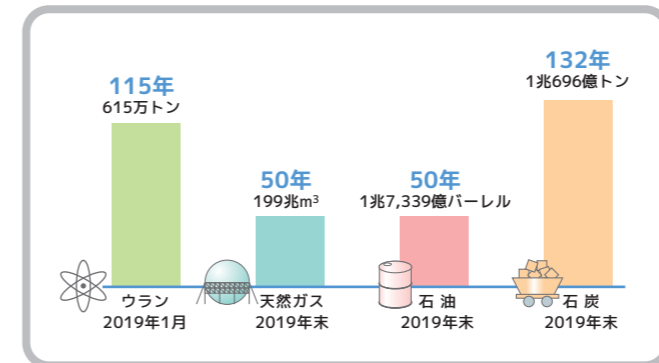
## なぜプルサーマルを進めるの？

### 資源に乏しい日本では、原子燃料サイクルの推進を基本方針としています。

エネルギー基本計画では、「資源の有効利用」「高レベル放射性廃棄物の減量化・有害度の低減」の観点から、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウムなどを有効利用する原子燃料サイクルの推進を基本方針としています。石油・天然ガス・ウランなどのエネルギー資源には限りがあります。資源に乏しい日本は、そのほとんどを海外から

の輸入に頼り、自給率はわずか13.4%(2021年度)。先進国38カ国中2番目に低い水準であり、エネルギー供給構造は極めて弱い状況です。日本にとって使い終わったウラン燃料をリサイクルしてプルサーマルを進めることは、長期的なエネルギー資源の確保のために取り組む必要があると考えています。

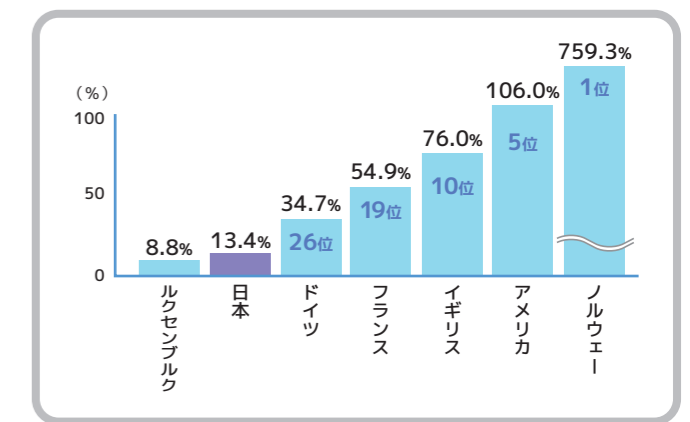
#### 世界のエネルギー資源の確認可採埋蔵量と可採年数



確認可採埋蔵量は、存在が確認され経済的にも生産され得ると推定されるもの。  
出典:「BP Statistical Review of World Energy 2020」  
「Uranium 2020:Resources, Production and Demand」より作成

#### OECD諸国の一次エネルギー自給率

(原子力を含む/2020年、日本は2021年度)



出典: IEA「Energy Balance of OECD Countries 2022」  
日本は資源エネルギー庁「令和3年度(2021年度)エネルギー需給実績(速報)」を基に作成

### 使用済燃料を再処理することで、高レベル放射性廃棄物を半分以下に減らすことができます。

使用済燃料を再処理しない場合、そのまますべてが高レベル放射性廃棄物となります。一方プルサーマルなど、資源を有効に使うために使用済燃料を再処理する場合は、再利用できるプルトニウムとウラン、再利用できない高レベル放射性廃棄物に分別します。高レベル放射性廃棄物をガラス固化体にするので、直接処分する場合に比べて体積が約4分の1になります。これにより処分施設の面積を約2分の1から3分の1に縮小することができます。また、ガラス固化体からはウランやプルトニウムが除かれているため、天然ウラン並の有害度になるまでの期間が約12分の1に低減されます。

#### 原子燃料サイクルのメリット

**メリット1**  
再処理することで、ウラン・プルトニウムを資源として再利用できる。

**メリット2**  
直接処分と比べ処分施設の面積が約1/2~1/3になる。

**メリット3**  
天然ウラン並みの有害度\*になるまでの期間が約12分の1に低減する。  
【直接処分】約10万年  
【再処理】約8千年  
\*人が体内に放射性物質を直接取り込んだと仮定した潜在的な有害度

直接処分と比べ高レベル放射性廃棄物の体積が約4分の1になる。

キャニスターに入った使用済燃料: 3.98m³

オーバーパックに入ったガラス固化体: 0.91m³

再処理した場合: 1.73m

直接処分した場合: 4.76m

参照元:放射性廃棄物小委員会(2013年度第1回)参考資料

# Q プルサーマルは いままでと燃料がどう違うの？

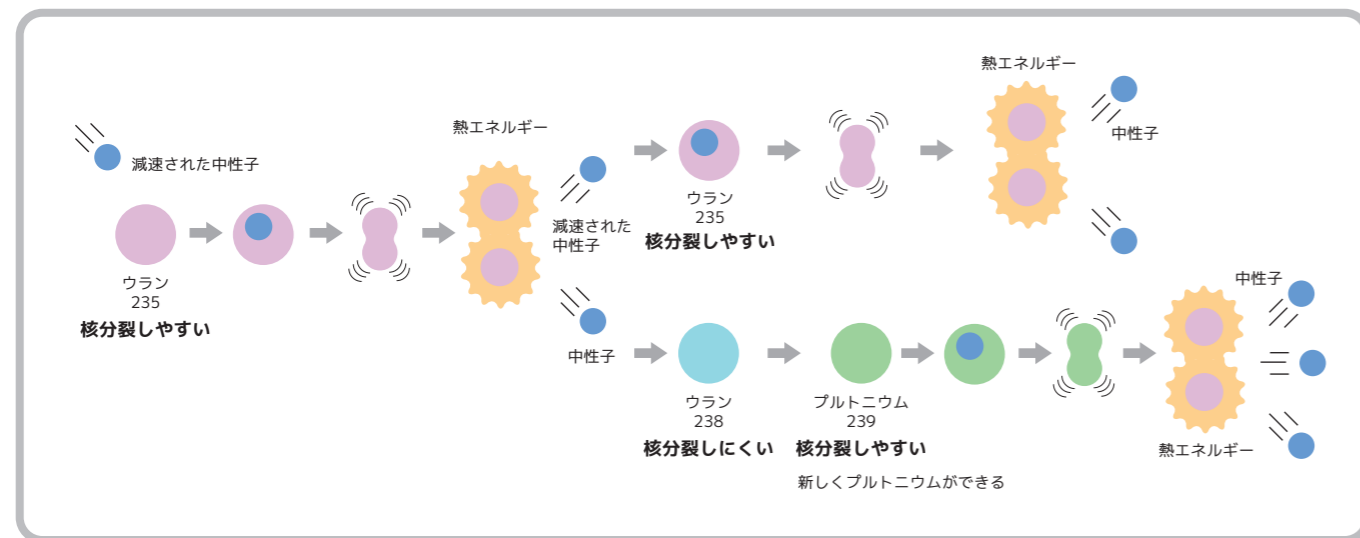
燃料全体のうちの3分の1程度までをMOX燃料に替えて使います。

ウラン燃料のみを使用した原子力発電所では、プルトニウムが発電の途中で生まれ、発電量の約3~4割はプルトニウムによるものです。プルサーマルでは、燃料全体のうちの3分の1程度<sup>モックス</sup>を、プルトニウムを含むMOX燃料に替え

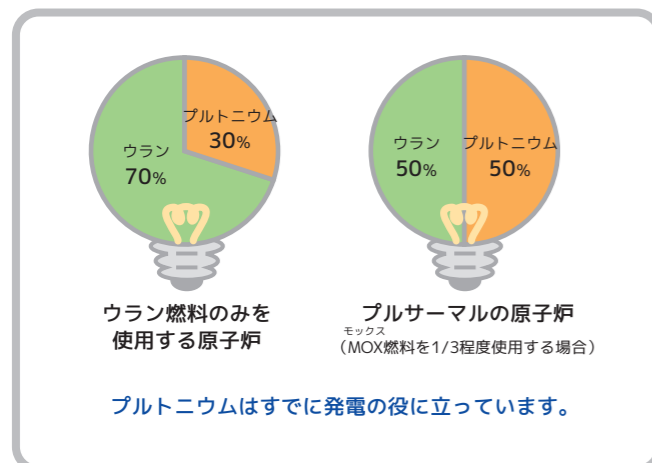
て使うことで、プルトニウムの発電量の割合は約5~6割になります。また、プルサーマルを行うために原子力発電所は特別な設備変更などを行うことなく、現在の設備をそのまま利用できます。

\*国の旧原子力安全委員会において、MOX燃料の割合が3分の1程度までであれば、ウラン燃料のみを使用した場合と同様に扱えることが確認されています。

## ■原子力発電におけるウラン燃料の変化



## ■ウランとプルトニウムの発電割合(例)



プルサーマルを導入する場合、通常の原子力発電所は3分の1程度までをMOX燃料に替えますが、建設中の電源開発(株)大間原子力発電所は、制御棒の能力を向上させるなどして、すべての燃料をMOX燃料とする発電を目指しています。

# Q プルサーマルのリスクと 安全対策は？いままでと違うの？

MOX燃料を取り扱う時には、従業員はもとより周辺環境に放射線の影響がおよばないように、安全対策を行います。

MOX燃料は、ウラン燃料に比べて放射線を出す能力(放射能)が強いので、原子力発電所でMOX燃料を取り扱う時には、従業員はもとより周辺環境に放射線の影響がおよばないように安全対策を行います。

- MOX燃料を輸送する時は、遮へい対策をした専用容器を使う。
- 原子力発電所内では、従業員がMOX燃料を取り扱う場合に、遮へい対策をした専用装置で遠隔操作を行うことや、放射線を通しにくい水中にMOX燃料を入れて保管するなどの対策を行う。

③使用済MOX燃料は、使用済ウラン燃料と同様に水中で保管する。

## ■新燃料から出る放射線の量(例)

燃料の種類	表面線量率
MOX燃料	約2.2(mSv/h)
ウラン燃料	約0.03(mSv/h)

mSv/h(ミリシーベルト毎時)：  
放射線により、身体が受けた影響を表す単位

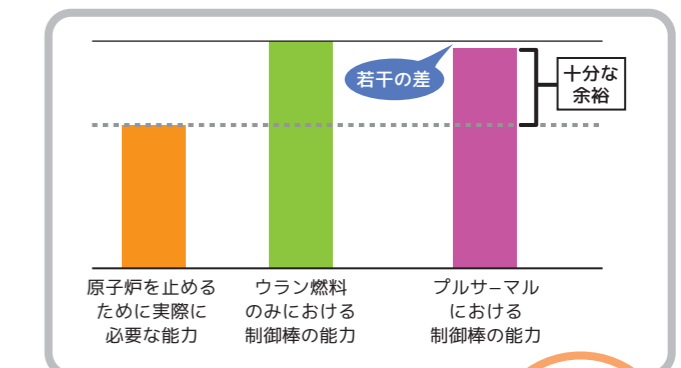
MOX燃料の方が放射線の量が多い

## 制御棒の能力には十分な余裕があります。

制御棒は、原子炉内で核分裂を停止・制御するための主要な装置で、車のブレーキとアクセルのような役割を持っています。プルサーマルを行うと、MOX燃料の特性により、制御棒が原子炉を停止・制御する能力が若干落ちます。

しかし、制御棒の能力はもともと十分な余裕を持った設計をしています。また、MOX燃料とウラン燃料の配置などを工夫することで、いままでと同じ程度に原子炉を停止・制御できます。したがって、制御棒は現在使っているものをそのまま使用しても、安全上問題となることはありません。

## ■制御棒が原子炉を止める能力(イメージ)



平成13年版原子力安全白書より作成

MOX燃料を使っても制御性は同程度

MOX燃料は融点が低いという特性がありますが、いままでと同様に、安全上問題となることはありません。

MOX燃料が溶け出す温度(融点)は約2,720℃で、ウラン燃料が溶け出す温度である約2,790℃よりも約70℃低いという特性があります。しかし、原子力発電所で運転中のMOX燃料の温度は通常時で約1,770℃で、万が一異常

な運転をした場合でも、約2,320℃と想定されています。つまり、運転中のMOX燃料の温度は融点よりも低いので、安全上問題となることはありません。

# プルサーマルについて、もっと知りたい！

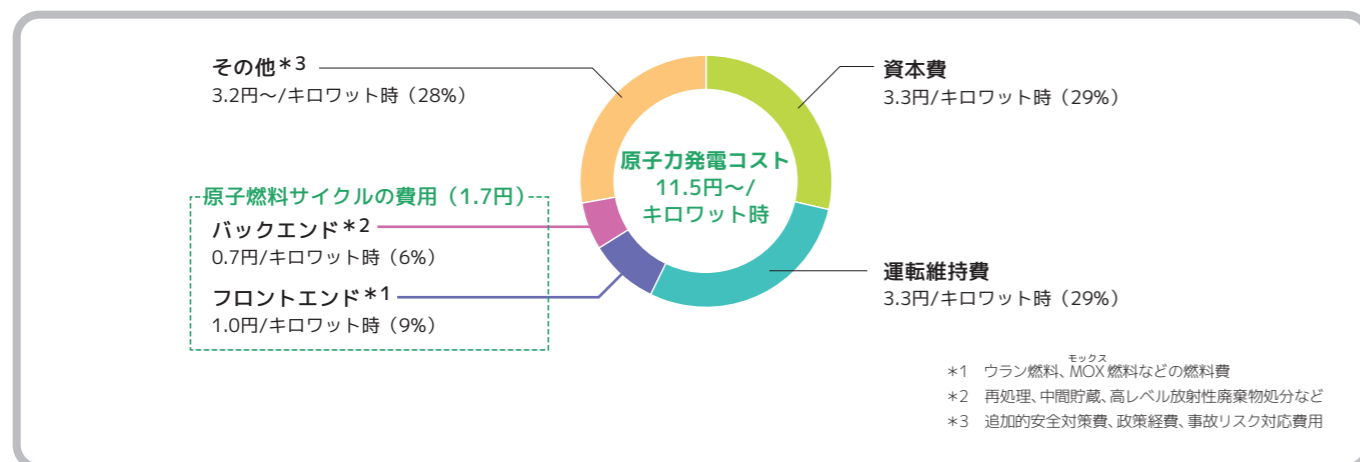
## 電気料金は高くないの？

プルサーマルを実施しても、電気料金への影響はわずかです。

国の試算では、使用済燃料を再処理し、高レベル放射性廃棄物を処分するためにかかる費用、すなわち原子燃料サイクルの費用は1.7円/キロワット時となっています。原子力の発電コスト11.5円~/キロワット時に占める割合は、約15%と小さいため、発電コストへの影響はわず

かです。また、電気料金は原子力発電のコストだけでなく、他電源の発電コスト、送電・配電コスト、営業コストなどの全体で決まるため、電気料金への影響はさらに小さくなります。

### ■原子力発電コストに占める原子燃料サイクルの費用



(注) 使用済燃料の全量を適切な期間貯蔵しつつ再処理していく場合。稼働年数40年、設備利用率70%、割引率3%。  
 各項目の比率は、四捨五入により合計が100にはならない。  
 出典: 2021年8月発電コスト検証ワーキンググループ「発電コスト検証に関する取りまとめ(案)」

## プルトニウムは核兵器に転用されないの？

原子力発電所からできるプルトニウムを核兵器に転用することは技術的に困難です。

使用済燃料から回収されたプルトニウムには、核分裂しやすいプルトニウムの割合が約6割程度しか含まれていないことから、核分裂しやすいプルトニウムを9割以上必要とする核兵器に転用することは技術的に困難です。なお、原子力の平和利用などを目的に設立された国際原子力機関(IAEA)では、各国の原子力施設にある放射性物質が核兵器に転用されていないかを監視する活動(国際

保障措置)を行っています。日本は、すべての原子力施設で国際保障措置を受け入れ、日本原燃(株)の六ヶ所再処理工場では、IAEAおよび国の査察官が常駐しています。日本で取り出されたプルトニウムはIAEAおよび国の査察官による厳格な監視下であり、核兵器に転用されることはありません。

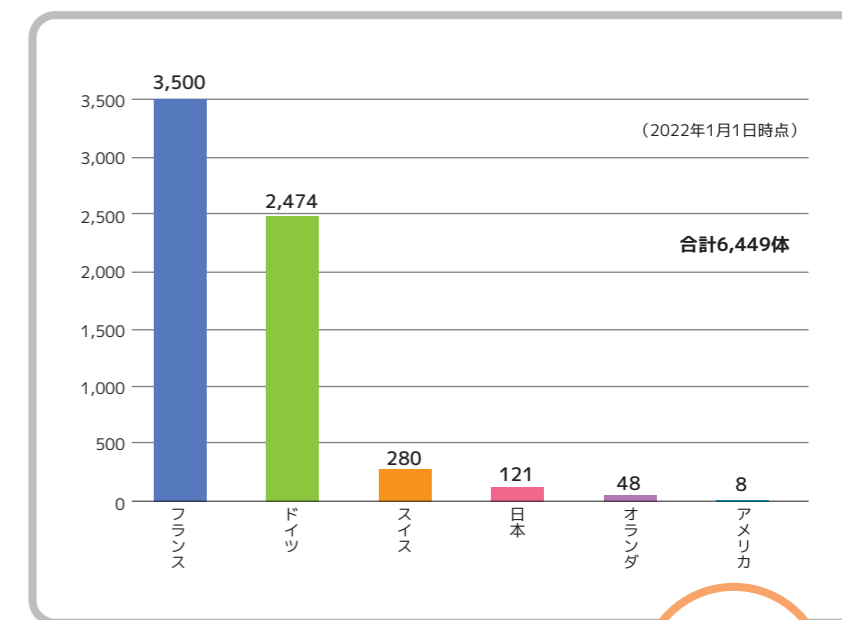
## 海外では行われているの？

プルサーマルは海外でも実績があります。

プルサーマルは1960年代から、フランス・ドイツ・スイスなどの原子力発電所で行われてきました。2019年11月現在、フランス・ドイツ・スイス・オランダが継続して実施しています。日本では1986年から1991年の間に、日本原子力発電(株)敦賀発電所1号機と関西電力(株)美浜発電所1号機の2カ所で、合計6体のMOX燃料を使用した実績があります。また、2009年12月以降、九州電力(株)玄海原子力発電所3号機で36体、四国電力(株)伊方発電所3号機で21体、関西電力(株)高浜発電所3号機で28体、高浜発電所4号機で20体、東京電力HD(株)福島第一原子力発電所3号機\*で32体のMOX燃料を使用した実績があります。

\*2012年4月19日廃止

### ■各国の軽水炉におけるMOX燃料の累積使用実績(装荷体数)



出典: 日本原子力産業協会「世界の原子力発電の動向 2022年度版」

プルサーマルは海外でも豊富な実績がある

## 使い終わったMOX燃料は？

技術的にはリサイクル可能です。

国は「資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減等の観点から、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム等を有効利用する」ことを基本方針としています。

使用済MOX燃料の再処理は、これまでに国内では日本原子力研究開発機構の東海再処理施設で、海外ではフランスのラ・アーグ再処理工場などで再処理された実績があり、技術的にはリサイクル可能です。