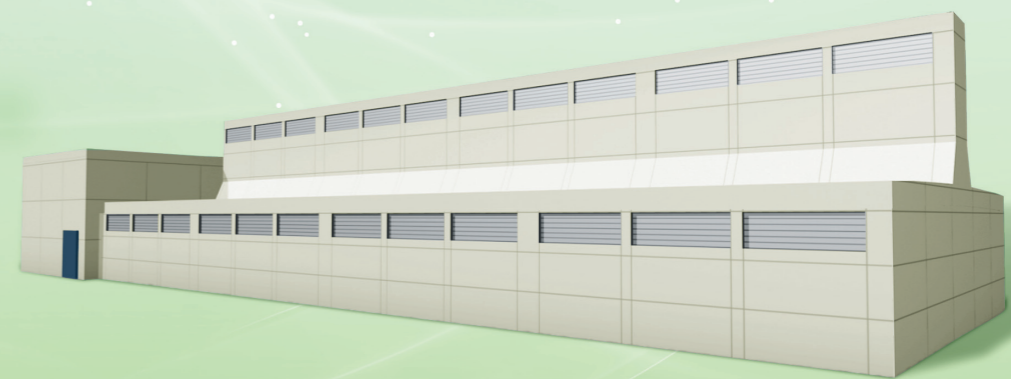


リサイクル燃料貯蔵センター

未来につなぐエネルギー資源



関西電力株式会社

URL:<http://www.kepco.co.jp>

※本冊子のイラストはイメージです。実物と異なる場合があります。

2018.11

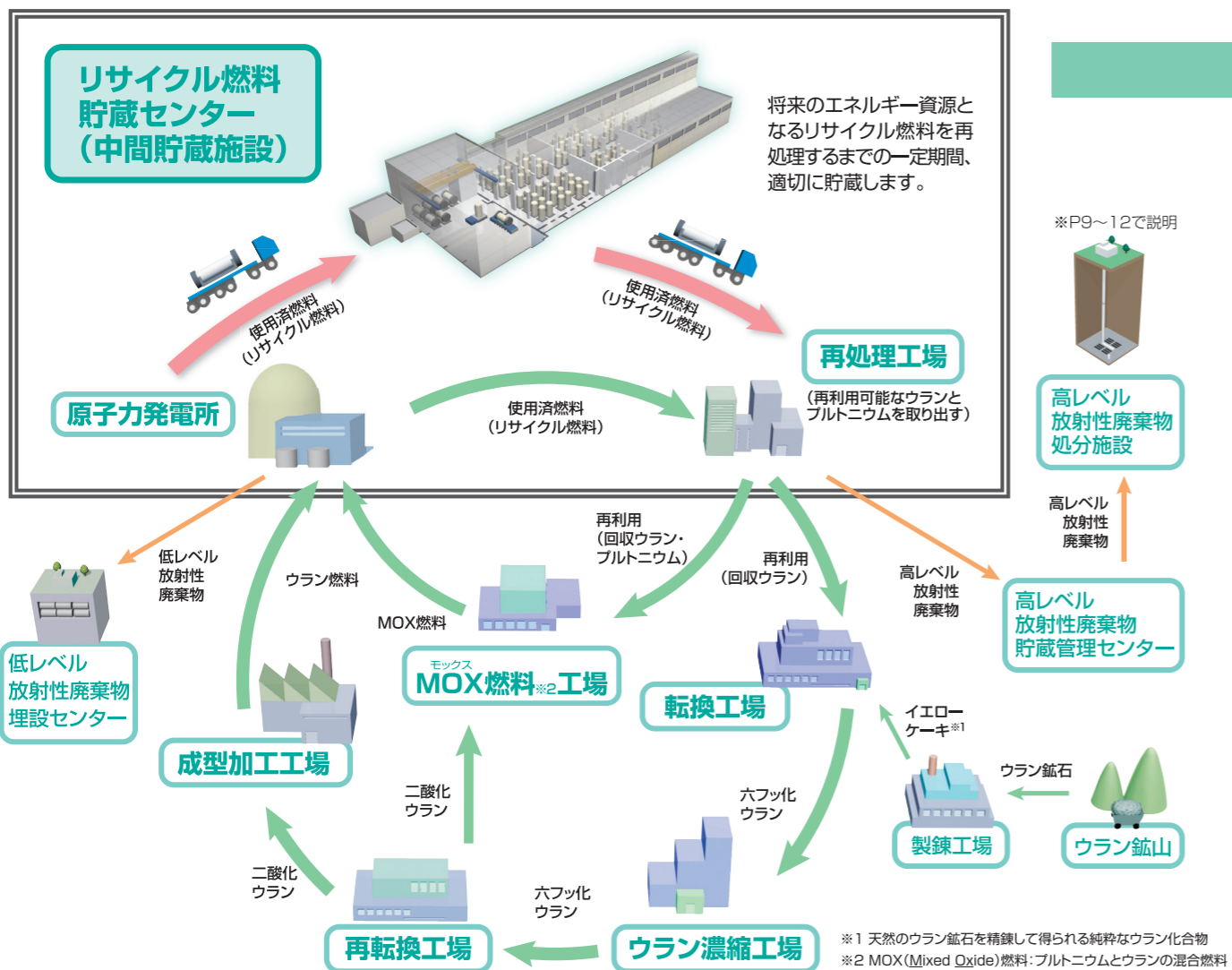
原子燃料サイクルの概要と中間貯蔵施設の必要性

原子燃料サイクルの概要

原子力発電所で使い終わった燃料(使用済燃料=リサイクル燃料)の中には、まだ燃料として利用できるウランやプルトニウムというリサイクル可能な資源が多く残っています。再処理工場でこれらを取り出し、加工などをして再び燃料として利用(リサイクル)する一連の流れを「原子燃料サイクル」と言います。

原子燃料サイクルにより、リサイクル可能なウラン資源の有効利用や、高レベル放射性廃棄物の体積や有害度の低減も可能となることから、我が国では原子燃料サイクルを推進していく方針がとられています。

■原子燃料サイクルの概念図



使用済燃料の貯蔵能力の拡大

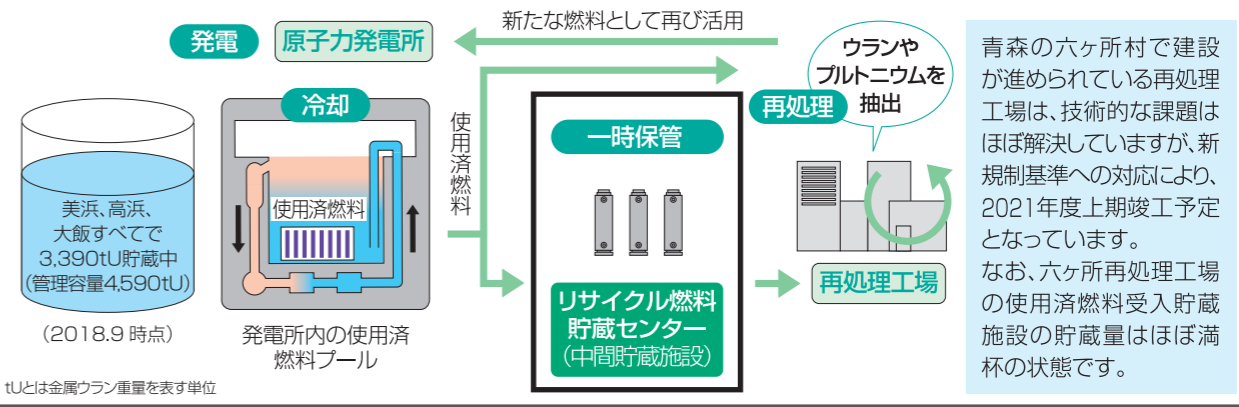
使用済燃料の貯蔵能力の拡大を進める。具体的には、発電所の敷地内外を問わず、新たな地点の可能性を幅広く検討しながら、中間貯蔵施設や乾式貯蔵施設等の建設・活用を促進する。

国が積極的に関与し、関係自治体の意向も踏まえながら、個々の事業者の努力はもとより、事業者間の一層の連携強化を図りつつ、国全体として使用済燃料の安全で安定的な貯蔵が行えるよう、官民を挙げて取り組む。

(第5次エネルギー基本計画抜粋)

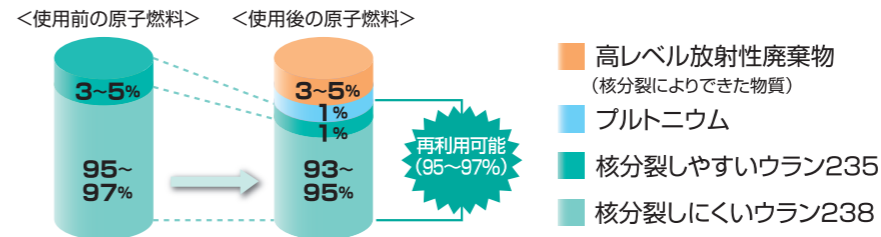
リサイクル燃料貯蔵センター(中間貯蔵施設)の必要性

使用済燃料は、発電所内の使用済燃料プールで一定期間貯蔵された後、再処理工場へ搬出されます。万一、使用済燃料プールが満杯になれば、発電所を運転できなくなるため、そうならないよう、使用済燃料を搬出する必要があります。再処理工場へ搬出するまでの間、使用済燃料を一時的に貯蔵できる中間貯蔵施設を設置することで、将来に亘って発電所を安定的に運転していくことが可能となることから、中間貯蔵施設は必要です。



原子燃料サイクルのメリット

ウラン資源を有効利用



出典: 電気事業連合会「原子力コメンサス2013」

ウラン燃料は原子力発電により、全体の3~5%だけが使用され、95~97%は再利用できるウランかプルトニウムとして残ります。そこで一度、使用した燃料を再処理して、再び原子力発電所で使用することでウラン資源を有効に利用することができます。

高レベル放射性廃棄物の有害度を低減

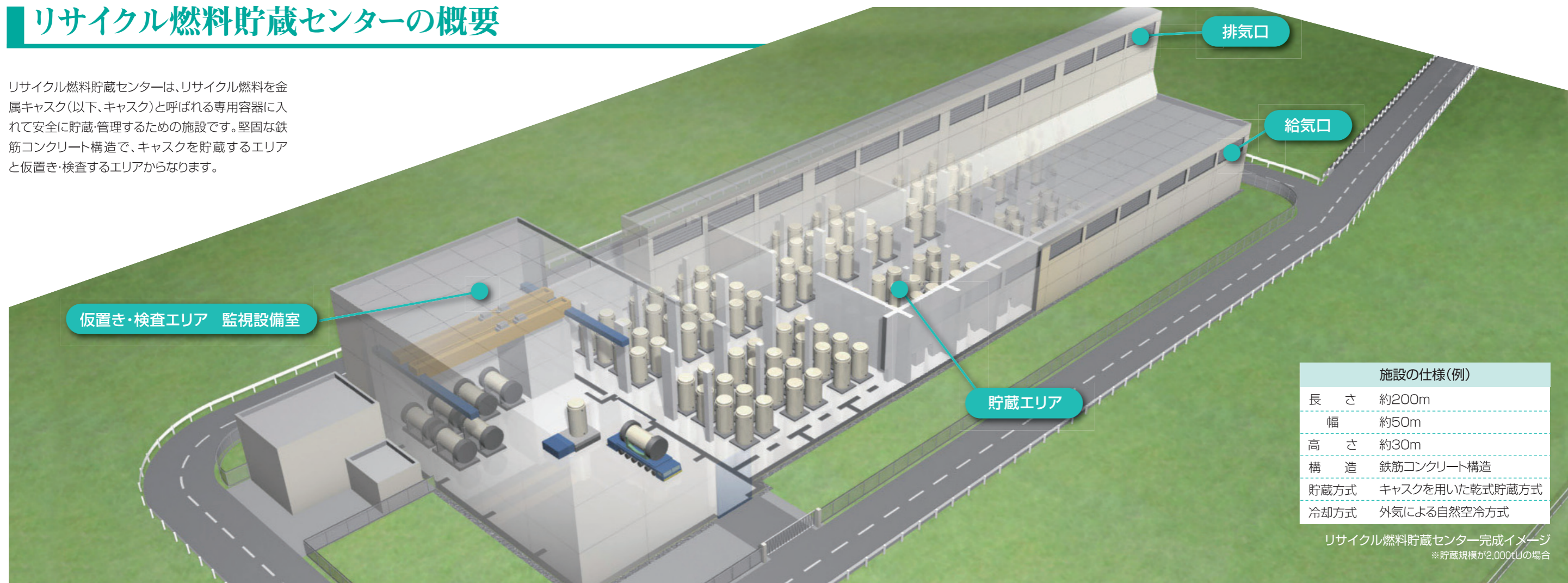
| | 直接処分 | 再処理 |
|--------------------|--------------------------|---|
| 処分時の廃棄体イメージ | 使用済燃料 4.76m 1.032m | ガラス固化体 1.34m 0.43m オーバーバック 1.73m 0.82m |
| 発生体積比 ※1 | 1 | 約4分の1に低減 → 約0.22 |
| 天然ウラン並に ※2 なるまでの期間 | 約10万年 | 約12分の1に短縮 → 約8千年 |

使用済燃料を再処理(リサイクル)せずに直接地中に埋めて処分することを、直接処分と言います。これに比べ使用済燃料を再処理した場合、リサイクル可能なウランやプルトニウムを取り出すことにより、高レベル放射性廃棄物の体積を約1/4に低減することが可能です。また、放射能の有害度が天然ウラン並になるまでの期間を約10万年から約8千年(約1/12)に短縮することができます。

※1 直接処分時のキャニスタを1としたときの相対値を示す。
※2 1GWyを発電するために必要な天然ウラン量の潜在的有害度と等しくなる期間を示す。
出典: 第7回基本政策分科会資料を基に作成

リサイクル燃料貯蔵センターの概要

リサイクル燃料貯蔵センターは、リサイクル燃料を金属キャスク(以下、キャスク)と呼ばれる専用容器に入れて安全に貯蔵・管理するための施設です。堅固な鉄筋コンクリート構造で、キャスクを貯蔵するエリアと仮置き・検査するエリアからなります。



仮置き・検査エリア 監視設備室

貯蔵エリア

排気口

給気口

| 施設の仕様(例) | |
|----------|----------------|
| 長さ | 約200m |
| 幅 | 約50m |
| 高さ | 約30m |
| 構造 | 鉄筋コンクリート構造 |
| 貯蔵方式 | キャスクを用いた乾式貯蔵方式 |
| 冷却方式 | 外気による自然空冷方式 |

リサイクル燃料貯蔵センター完成イメージ
※貯蔵規模が2,000tUの場合

国内外で多くの実績があります

リサイクル燃料貯蔵センターが採用するキャスク貯蔵方式は、外気による自然冷却でリサイクル燃料から発生する熱を除去するため、設備がシンプルで国内外に多くの採用実績があります。なお、東日本大震災の際には、東京電力HD(株)福島第一原子力発電所のキャスク貯蔵施設に津波が流入しましたが、キャスクや燃料の健全性に問題は生じませんでした。

■国内外の貯蔵実績



ビューレンリンゲン中間貯蔵施設(スイス)



東海第二発電所(日本・茨城県)

写真提供：トランスニュークリア(株)・日本原子力発電(株)

中間貯蔵施設が既に建設されているところもあります

青森県むつ市には、東京電力HD(株)と日本原子力発電(株)の共同出資により設立されたリサイクル燃料貯蔵(株)が所有する、「リサイクル燃料備蓄センター」が既に建設されています。今後、新規規制基準審査への適合性確認後、操業予定となっています。なお、現在建設されている施設は3,000tUの貯蔵規模のものであり、2,000tUの貯蔵規模の施設が追加で建設される予定となっています。

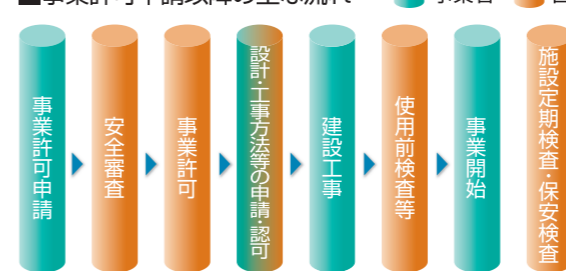


写真提供：リサイクル燃料貯蔵(株)

さまざまな段階で安全性を確認します

原子力規制委員会によって定められた新規規制基準(2013年12月施行)において、厳しい設計基準が定められており、地震や津波などの自然災害等に対してもさまざまな安全対策を実施します。事業許可申請から建設工事までの各段階において、国が安全性を確認し、事業開始後も施設が安全な状態で操業されていることを定期的に検査します。

■事業許可申請以降の主な流れ

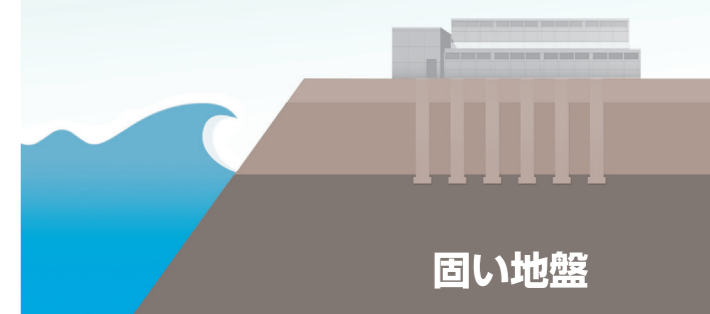


事業者 国

■地震・津波対策

- 地震対策**
 - 考えられる最大級の地震を想定した設計
 - 固い地盤に杭などで固定して施設を設置
- 津波対策**
 - 最大規模の津波を想定し、十分な敷地高さにするなどして施設を設置

イメージ図



■新規規制基準による主な要求事項

- 使用済燃料貯蔵施設の設計: 基本的安全機能(閉じ込め、遮へい、臨界防止、除熱)等
- 放射線管理等: 放射線監視、経年変化に対する考慮等
- その他の安全対策: 自然現象(地震、津波等)に対する考慮等

出典:「原子力規制委員会設置法の一部の施行に伴う関係法令等の整備等について」(2013.11.27)資料から抜粋

リサイクル燃料貯蔵センターの安全性

1. キャスクの基本的安全機能

キャスクは、4つの機能でリサイクル燃料を安全に貯蔵します。

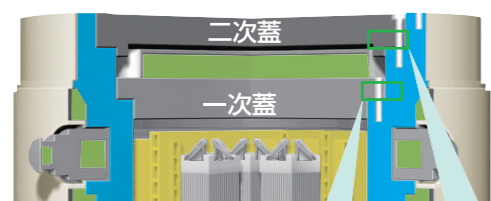
① 閉じ込め機能



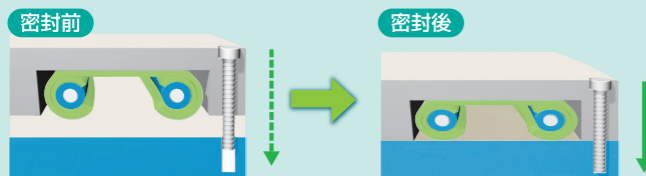
放射性物質を閉じ込めます

リサイクル燃料は頑丈な金属製の容器であるキャスクに収納されます。キャスクの蓋は二重になっており、金属ガスケットで密封するようにボルト締めされます。またキャスク内部の圧力を大気圧より低くすることで、放射性物質の外部への漏れを防止します。

■キャスクの蓋の二重構造



■金属ガスケット断面図



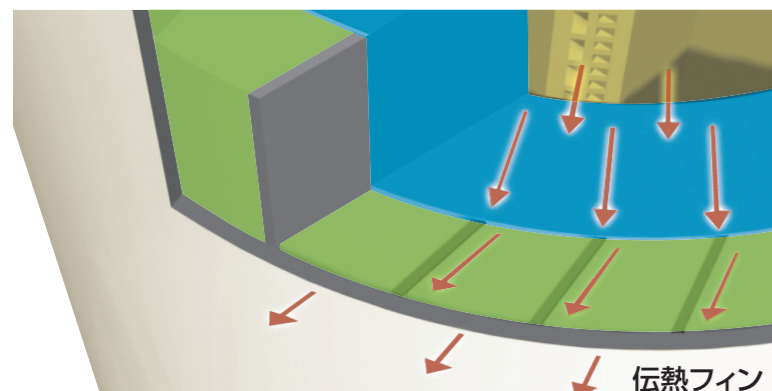
金属ガスケットのついた二重蓋を数十本のボルトで締め付けます。金属ガスケットは巻きバネ(コイルスプリング)を金属で被ったパッキンのようなもので、長期にわたる密封性に優れています。

② 除熱機能



燃料から発生する熱を放熱します

キャスク内部は、熱を伝えやすいヘリウムガスや金属板の仕切り(バスケット)で構成されており、燃料から発生する熱は効率よく内筒に伝えられます。内筒に伝えられた熱は、銅製の伝熱フィンにより外筒に伝わり、大気中に放熱されます。



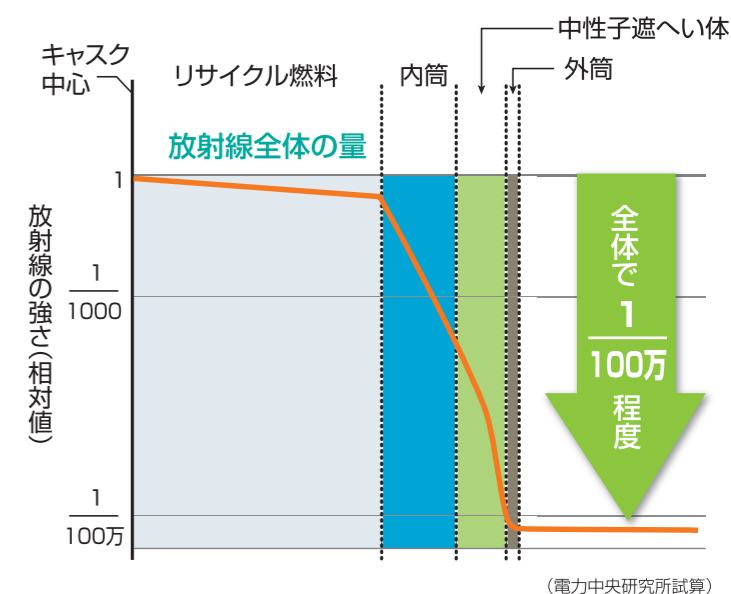
③ 遮へい機能



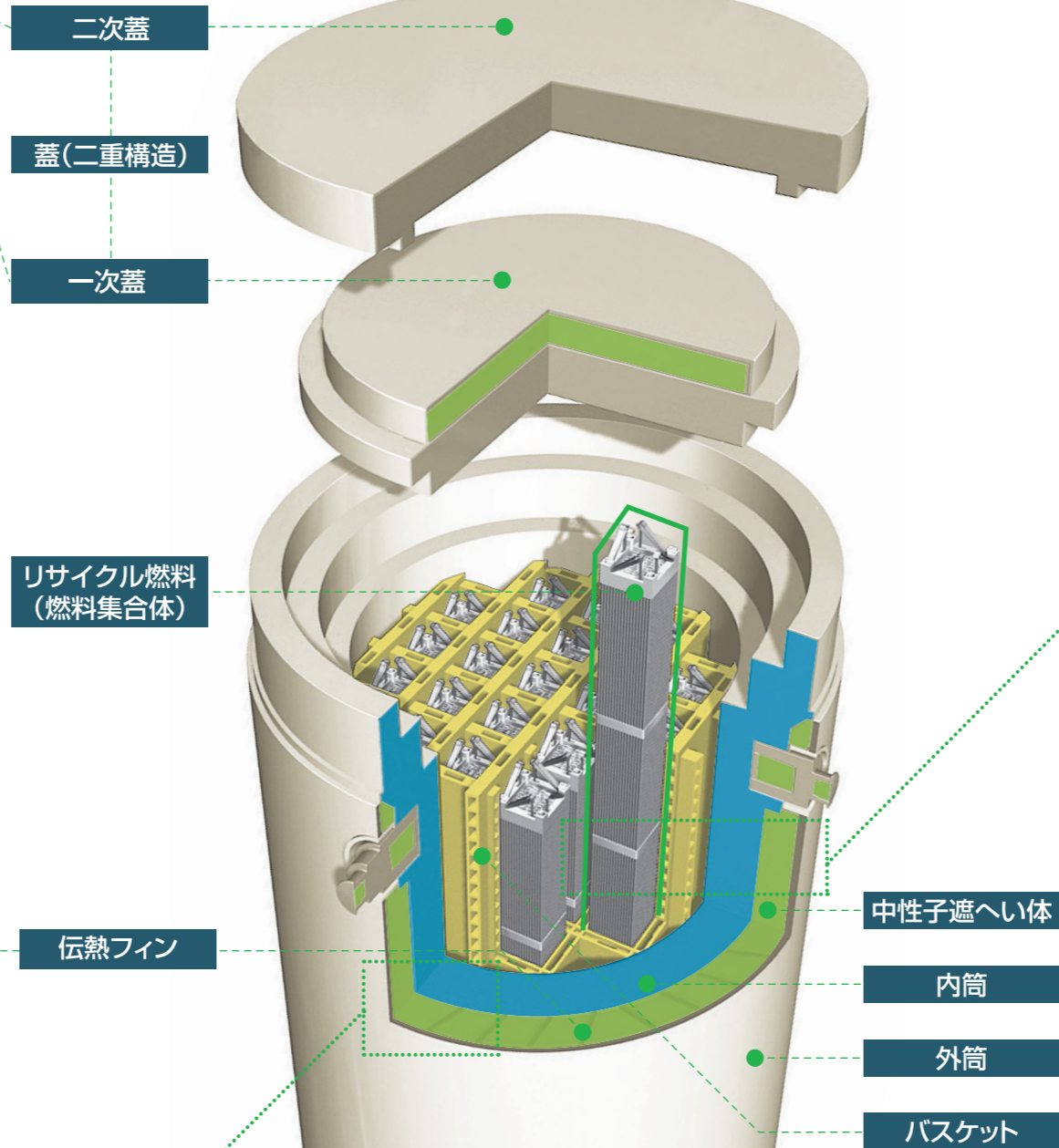
放射線を遮へいします

厚い金属や中性子を遮るための中性子遮へい体などによって、燃料から発生する放射線はキャスクの表面で100万分の1程度に低減されます。

■キャスクによる放射線の遮へい試算例



(電力中央研究所試算)

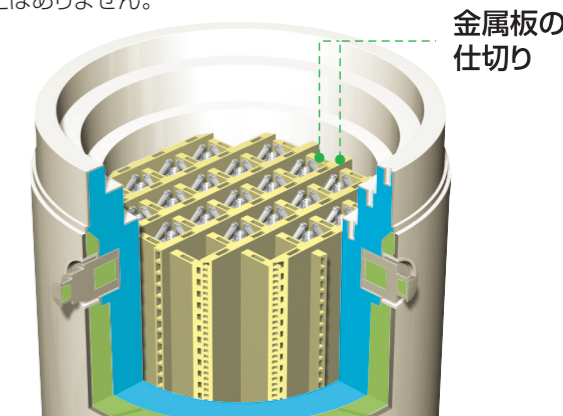


④ 臨界防止機能



臨界は起こりません

中性子を吸収するほう素を加えた金属板の仕切り(バスケット)により、燃料同士の間隔を一定に保つように設計されていることから、臨界(核分裂の連鎖反応)になることはありません。



※

| キャスクの仕様(例) | |
|------------|--------|
| 全長 | 約5.5m |
| 外径 | 約2.5m |
| 総重量(燃料含む) | 約100t超 |

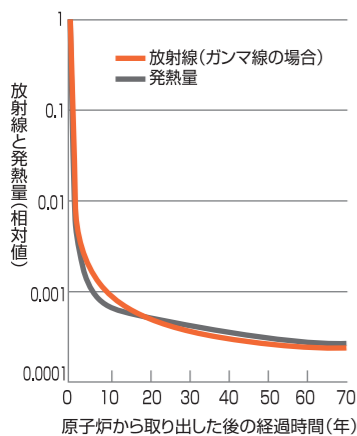
※2010.1「使用済燃料中間貯蔵施設の安全確保に向けて」(経済産業省)

リサイクル燃料貯蔵センターの安全性

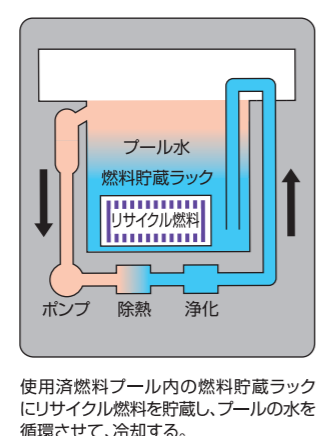
2. キャスクの冷却方法

リサイクル燃料貯蔵センターに運び込まれるリサイクル燃料は、発電所にある使用済燃料プールで一定期間貯蔵され発熱量や放射線を十分に低減させた後、キャスクに入れられて、リサイクル燃料貯蔵センターに運ばれ、保管されます。リサイクル燃料貯蔵センターでの貯蔵は、キャスクを空気の力で自然に冷却する方式を採用し、電気や水を使いません。

■リサイクル燃料からの放射線と発熱量の変化

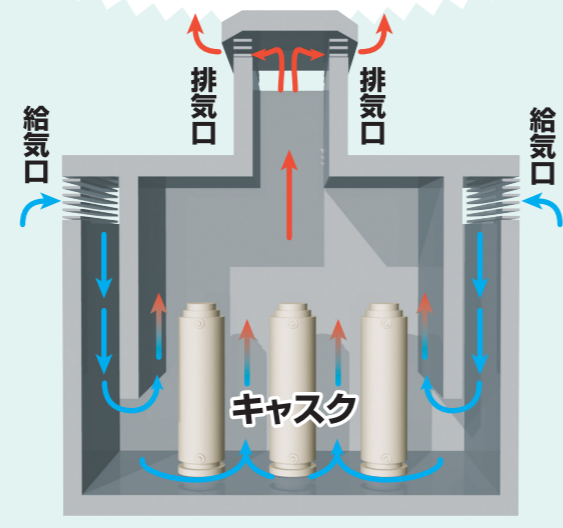


■原子力発電所におけるプール貯蔵方式(参考)



リサイクル燃料貯蔵センターにおけるキャスク貯蔵方式

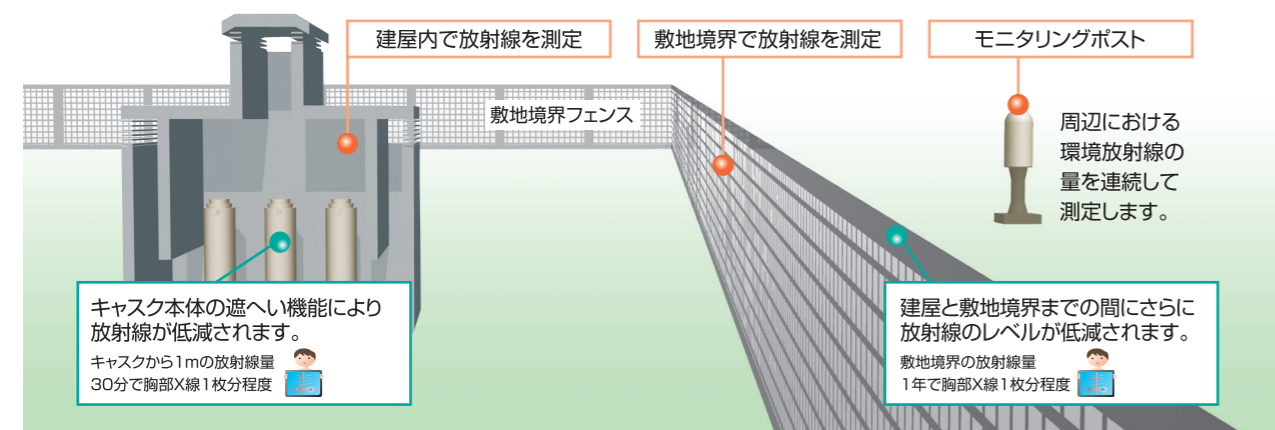
電気や水を使わずに、
空気の流りで自然に冷却



3. 施設の安全管理

24時間監視します

リサイクル燃料貯蔵センターは、キャスク本体と、敷地境界までの距離の確保等で放射線を低減します。放射線は、距離が離れると弱くなる性質があるため、敷地の外までの距離を十分確保する等により、敷地境界での放射線量を、国内の法令で定められた限度よりも十分低いレベルに保ちます。さらに、施設全体の安全管理を徹底するために、キャスクの密封状態を測定する装置(蓋間圧力測定装置)や表面温度を測定する装置、施設内外の放射線を測定する装置などが取り付けられ、異常のないことを24時間監視します。

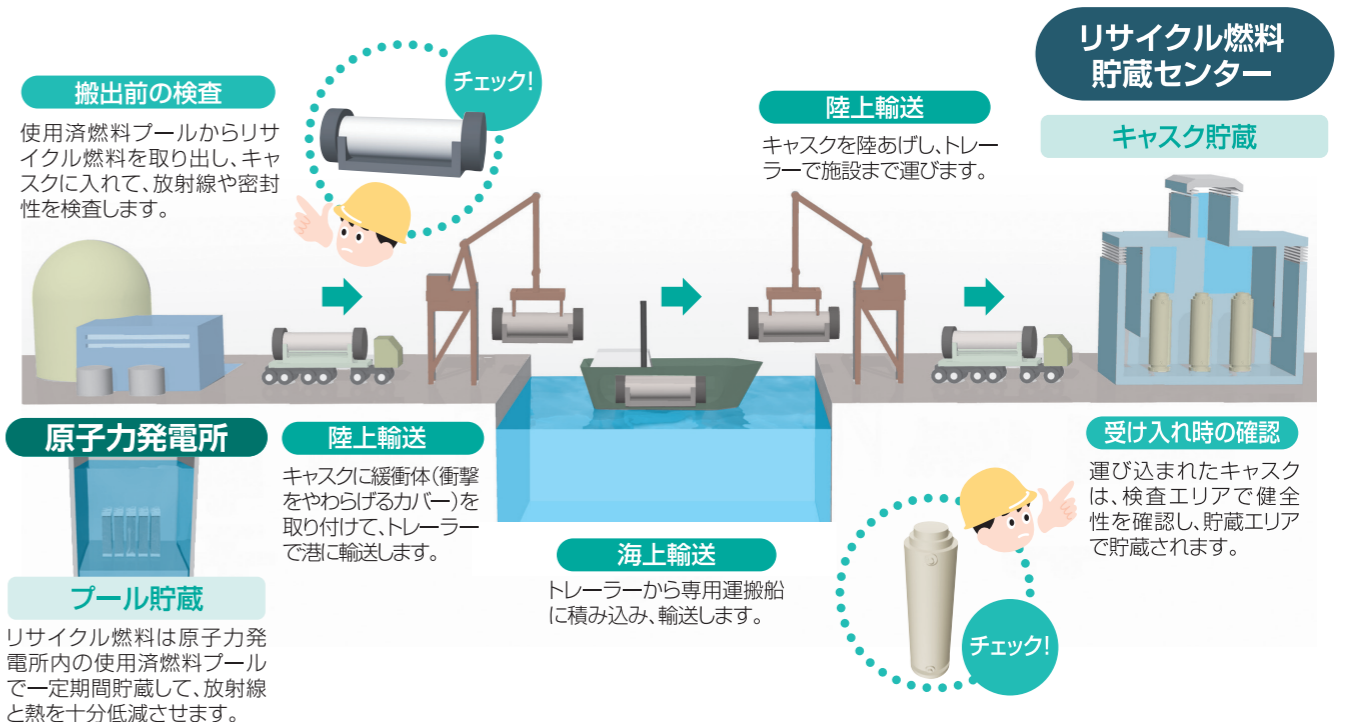


胸部X線1枚分の放射線量: 0.05mSv(原子力発電所周辺の年間線量目標値と同じ)
一般公衆に対する制限: 1mSv/年

4. キャスクの輸送について

輸送時には検査をし、安全確認します

リサイクル燃料は、発電所の使用済燃料プールで十分に冷やされた後、キャスクに入れてリサイクル燃料貯蔵センターに運ばれます。リサイクル燃料貯蔵センターで一定期間、適切に貯蔵されたリサイクル燃料は、ウランやプルトニウムを取り出すために、再処理工場へ運ばれます。輸送の際には、キャスクの放射線や密封性を検査し、安全を確認します。



運搬時のトラブルを想定し、さまざまな試験で安全機能を確認しています

輸送に使用するキャスクは国際原子力機関(IAEA)の輸送規制や国内の法令に基づいて製造および検査されており、輸送中に想定されるさまざまな事故に遭遇しても安全機能が損なわれることはありません。

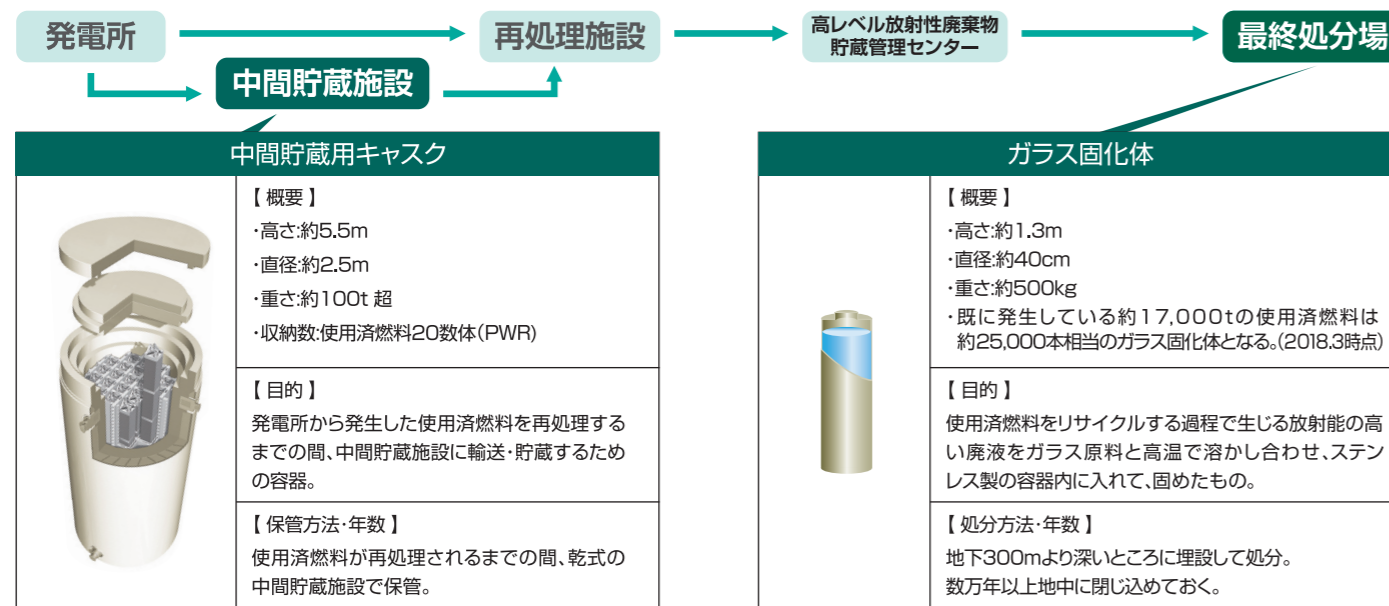


高レベル放射性廃棄物の最終処分について

1. 高レベル放射性廃棄物とは？

原子燃料サイクルの過程で、使用済燃料に含まれる再利用できない放射性物質約5%が、放射能レベルの高い廃液として残ります。この廃液はガラス原料と一緒に融かし合わせ、ステンレス製の容器の中に流し込み、固化してガラス固化体として保管します。このガラス固化体が高レベル放射性廃棄物です。

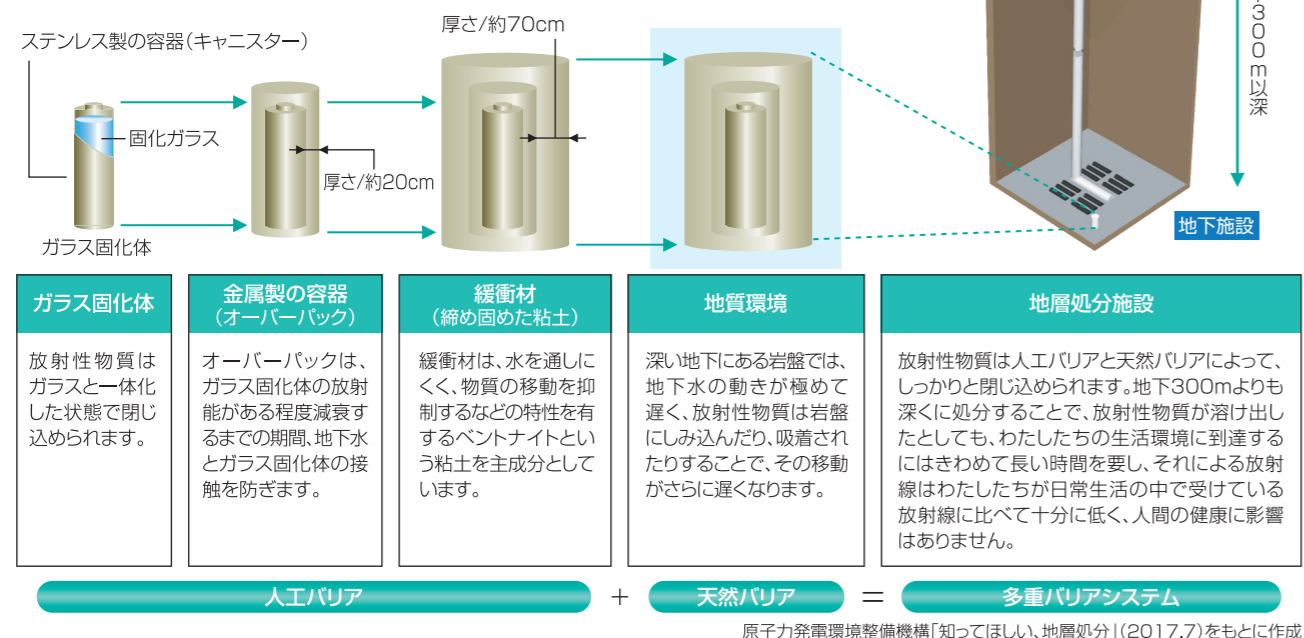
ガラス固化体って？ 中間貯蔵のキャスクとは違うの？



2. 再処理後に残る高レベル放射性廃棄物は、地中深くに埋設する予定です

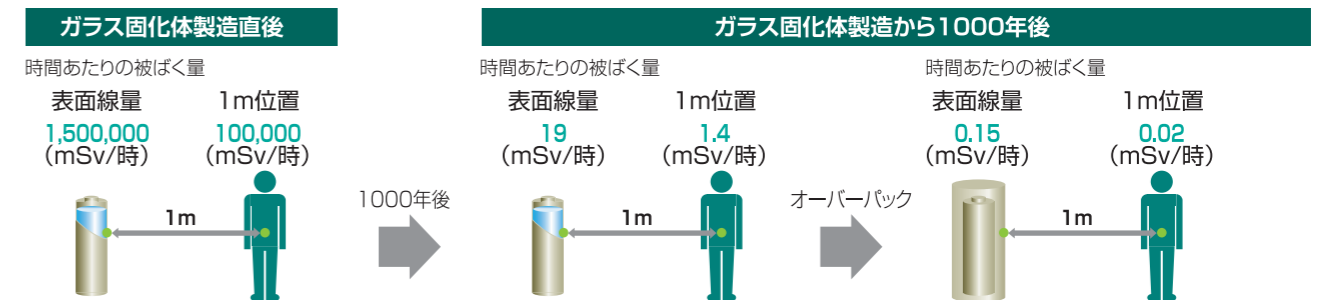
高レベル放射性廃棄物は、地下300mより深くに埋めて処分することが法律で定められており、これを「地層処分」と言います。地層処分は数万年以上にわたって高レベル放射性廃棄物を人間の生活環境から隔離し、閉じ込めることができ、かつ、実現が可能な方法として世界共通の認識となっています。

高レベル放射性廃棄物の地層処分概念図



3. 放射能は時を経て減衰していきます

高レベル放射性廃棄物の放射線量は製造直後は非常に高いものですが、時間の経過とともに低くなります。高レベル放射性廃棄物は、30～50年間、専用の施設で冷却・貯蔵することになっており、既に青森県六ヶ所村の日本原燃(株)の施設等で、2,482本が保管されています(2018.3時点)。その後、長期間地中に閉じ込めておくことで、放射能は生活環境に影響を与えないレベルまで減衰します。

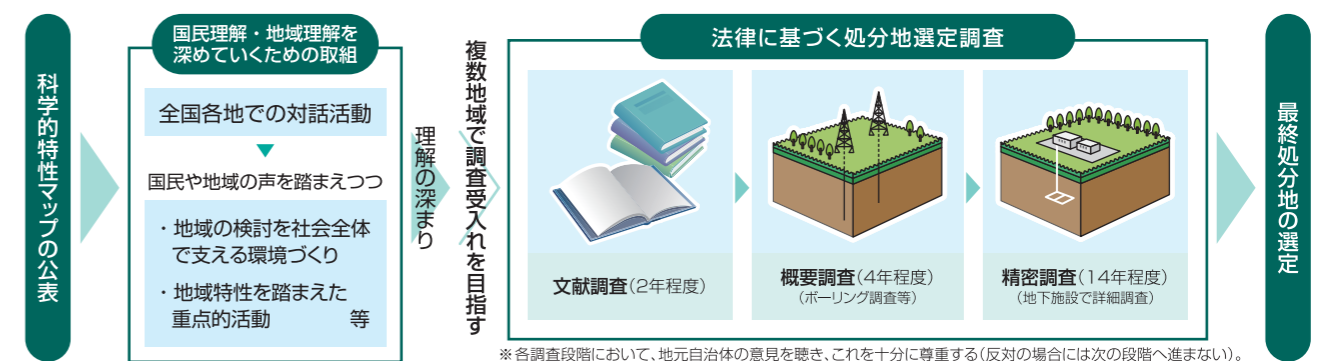


4. 高レベル放射性廃棄物の最終処分地選定に係るプロセスについて

2000年、地層処分事業を進めるため、その実施主体として原子力発電環境整備機構(NUMO)が設立されました。2002年から、NUMOは、処分地選定調査の受入れ自治体を公募してきましたが、現在に至るまで調査に着手できていません。2015年5月、過去の政策の見直しを経て、最終処分法^{*1}に基づく基本方針が改定(閣議決定)され、国が地域の科学的特性を提示し、調査等への理解と協力について関係地方自治体に申入れを行うなど、前面に立った取組みを進めることが明記されたほか、現世代の責任として将来世代に負担を先送りしないよう、地層処分に向けた対策を着実に進めること、可逆性・回収可能性^{*2}を担保し、将来世代が最良の処分方法を選択可能にすること等の方向性が示されました。

関西電力としても、高レベル放射性廃棄物の発生者として基本的な責任を有する立場から、国やNUMOの活動を支援し全力で支えつつ、地層処分事業について幅広く国民の皆さまのご理解を得られるよう、分かりやすい情報提供や地域の皆さまとの対話活動等に主体的かつ積極的に取り組んでいきます。

*1…特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律
 *2…最終処分場に設置した廃棄物を、一定期間、回収可能な状態に維持し、その間、最終処分に関する意思決定を見直すことを可能にする。



高レベル放射性廃棄物の最終処分について

5. 科学的特性マップ (2017.7 国が公表) とは?

① 地層処分についての国民理解促進が目的

- 「処分場所を選ぶ際にはどのような科学的特性を考慮する必要があるのか?」
「火山国、地震国の日本でも地層処分は可能なのか? 火山や活断層は全国にどのように分布しているのか?」
→こうした国民の関心に応え、地層処分の仕組みや日本の地質環境等についての理解を深めてもらうことが目的です。

② 科学的・客観的に関連データを整理

- 地層処分に関する地域の科学的特性(火山の影響範囲、活断層の影響範囲など)を、既存の全国データに基づき、一定の要件基準に従って客観的に整理し、全国地図の形で示したものです。
- 「土地利用確保が容易か?」といった社会的要素は含まれていません。

③ 長い道のりの最初の一步

- マップ提示を契機に、全国各地できめ細かな対話活動を実施する予定です。幅広い国民理解を得た上で、将来的にいくつかの地域で調査を受入れていただくことを目指しています。処分地の選定はさらに、その先の予定となります。

考慮すべき様々な科学的特性の例

安全に地層処分を行うために考慮すべき要素について、さまざまな観点から検討がなされました。

地下深部の科学的特性が長期にわたって安定的か?

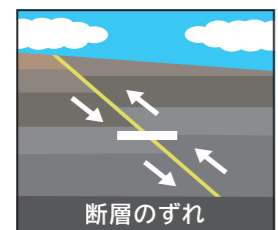
✗ 火山に近い

将来にわたって火山の活動が処分場を破壊したりすることのない場所を選びます。



✗ 活断層に近い

大きな断層のずれが処分場を破壊することのない場所を選びます。



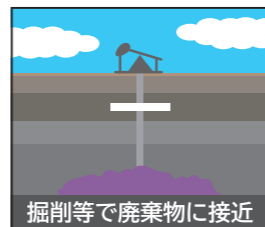
✗ その他、地下の科学的特性が地層処分に適さないところ

地盤の隆起の速度が大き過ぎないか、地下の温度が高過ぎないか、地盤の強度が不十分でないか、といったことも考慮します。

将来の人間が気づかずに近づいてしまわないか?

✗ 地下に鉱物資源がある

地下に鉱物資源があると、施設管理終了後の遠い将来に、人間が掘削してしまうかもしれません。

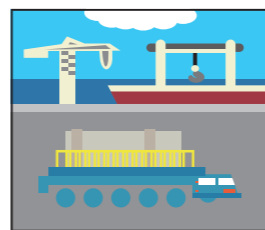


輸送時の安全性が確保されるか?

○ 陸上輸送距離が短い(海岸から近い)

陸上輸送にかかる時間や距離は、短い方が安全上好ましいです。

※貯蔵場所からの長距離輸送としては、海上輸送を想定しています。



科学的特性マップと作成に用いた要件・基準の一覧



| ■好ましくない範囲の要件・基準 | | |
|-----------------|---|---------------------------------------|
| | 要件 | 基準 |
| 火山・火成活動 | 火山の周囲 (マグマが処分場を貫くことを防止) | 火山の中心から半径15km以内等 |
| 断層活動 | 活断層の影響が大きいところ (断層のずれによる処分場の破壊等を防止) | 主な活断層(断層長10km以上)の両側一定距離(断層長×0.01)以内 |
| 隆起・侵食 | 隆起と海面の低下により将来大きな侵食量が想定されるところ (処分場が著しく地表に接近することを防止) | 10万年間に300mを超える隆起の可能性がある、過去の隆起量が大きな沿岸部 |
| 地熱活動 | 地熱の大きいところ (人工バリアの機能低下を防止) | 15°C/100mより大きな地温勾配 |
| 火山性熱水・深部流体 | 高い酸性の地下水等があるところ (人工バリアの機能低下を防止) | pH4.8未満等 |
| 軟弱な地盤 | 処分場の地層が軟弱なところ (建設・作業時の地下施設の崩落事故を防止) | 約78万年前以降の地層が300m以深に分布 |
| 火砕流等の影響 | 火砕流などが及ぶところ (建設・作業時の地上施設の破壊を防止) | 約1万年前以降の火砕流等が分布 |
| 鉱物資源 | 鉱物資源が分布するところ (資源の採掘に伴う人間侵入を防止) | 石炭・石油・天然ガス・金属鉱物が賦存 |

| ■好ましい範囲の要件・基準 | | |
|---------------|-----------------|------------------|
| | 要件 | 基準 |
| 輸送 | 海岸からの陸上輸送が容易な場所 | 海岸からの距離が20km以内目安 |

6. 海外でも地層処分の計画が進行しています

海外では使用済燃料を再処理せず、直接地層に埋設して処分する「直接処分」を採用する国もあります。エネルギー資源に乏しい日本では、再処理を行う原子燃料サイクルの推進が基本的な方針です。

■諸外国における高レベル放射性廃棄物地層処分計画

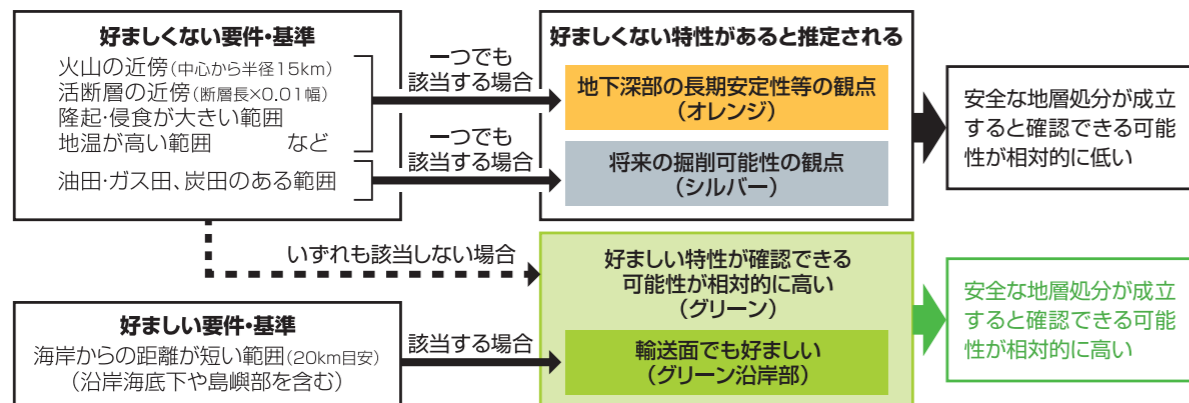
| 国名 | 対象廃棄物 | 処分量 | 処分場の候補サイトおよび岩種 | 処分深度 | 操業開始予定時期 |
|--------|-------------|------------------------------------|--|----------------|--------------|
| フィンランド | 使用済燃料(直接処分) | 6,500t (ウラン換算) | オルキオト (2016年12月 処分場建設開始 ^{※2}) 岩種: 結晶質岩 | 約400m ~450m | 2020年代 前半 |
| スウェーデン | 使用済燃料(直接処分) | 12,000t (ウラン換算) | フォルスマルク (建設許可申請書を提出) 岩種: 結晶質岩 | 約500m | 2029年頃 |
| フランス | ガラス固化体 | 10,000m ³ (全量再処理の場合) | ビュール地下研究所の近傍 岩種: 粘土層 | 約500m | 2025年頃 |
| 日本 | ガラス固化体 | ガラス固化体 40,000本以上 | サイトは未定 岩種: 未定 | 300m 以上 | 2030年代 後半 |

※2 2015年11月、フィンランドでは世界で初めて最終処分場の建設許可が発給されました。資源エネルギー庁「諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について」(2017.2)をもとに作成

日本では、北海道幌延町と、岐阜県瑞浪市でそれぞれ、地下300メートルより深いところで地層処分の研究を行っています。

科学的特性マップの要件・基準と地域特性の区分

上記で示したような様々な科学的特性について、全国地図の形でわかりやすく提示するための科学的・客観的な要件・基準について、各分野の専門家が検討を重ね、2017年4月に、その成果が取りまとめられました。



出典:原子力発電環境整備機構「対話型全国説明会説明参考資料」(2018.10)

【参考】事業者の使用済燃料対策

当社の使用済燃料対策推進計画(2015年11月20日)

1. 基本的考え方

- エネルギー基本計画に記載のとおり、我が国は、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原子燃料サイクルの推進を基本的方針としている。当社ではこのような国の政策に基づき、使用済燃料は再処理工場に順次搬出することとし、六ヶ所再処理工場の早期竣工および竣工後の安全・安定操業に向け、日本原燃株式会社への支援等を実施しているところである。
- また、我が国は、使用済燃料を安全に管理することは原子燃料サイクルの重要なプロセスであり、対応の柔軟性を高め、中長期的なエネルギー安全保障に資するべく、発電所の敷地内外を問わず、中間貯蔵施設や乾式貯蔵施設等の建設・活用を促進することにより、使用済燃料の貯蔵能力の拡大を進めることとしている。
- 今般策定された国の「使用済燃料対策に関するアクションプラン」において、国がこれまで以上に積極的に関与しつつ、安全の確保を大前提として、貯蔵能力の拡大に向けた取組みの強化を官民が協力して推進し、国は各地域や国民各層の理解を深める活動を継続して行うとされている。また、各事業者の積極的な取組みはもとより、共同・連携による事業推進の検討等を進めるとされている。
- 当社は、このような国の方針のもとあらゆる可能性を検討することにより、福井県外における中間貯蔵を実現し、2030年頃に2千tU程度の使用済燃料対策を講じる。

2. 当面の使用済燃料対策方針

- 福井県外における中間貯蔵について、理解活動、可能性調査等を計画的に進め、2020年頃に計画地点を確定し、2030年頃に2千tU規模で操業開始する。
 - ・2020年頃に、計画地点確定
 - ・2030年頃に、操業開始(2千tU規模)
- 計画遂行にあたっては使用済燃料対策の重要性に鑑み、迅速かつ的確に対応し、できる限り前倒しを図る。

3. 将来の使用済燃料対策方針

- 2.の当面の対策に加え、その進捗の状況や使用済燃料の発生見通し等を踏まえつつ、国のエネルギー基本計画やアクションプランに沿って、事業者間の共同・連携など、あらゆる可能性について検討・対応していく。

各社使用済燃料対策方針

| 電力 | 発電所名 | 当面の使用済燃料対策方針 |
|------|----------------|--|
| 北海道 | 泊 | 現行の貯蔵設備を活用する。 |
| 東北 | 女川、東通 | 現行の貯蔵設備を活用する。 |
| 東京 | 福島第一 | 乾式キャスク仮保管設備への搬出を計画している。 |
| | 福島第二 | 現行の貯蔵設備にて保管する。 |
| | 柏崎刈羽 | リサイクル燃料備蓄センターへの搬出を計画している。(建設中、3,000tU) |
| 中部 | 浜岡 | 乾式貯蔵施設への搬出を計画している。(400tU増容量、2015年1月設置変更許可申請、安全審査中) |
| 関西 | 美浜 高浜 大飯 | 福井県外における中間貯蔵について、理解活動、可能性調査等を計画的に進め、2020年頃に計画地点を確定し、2030年頃に2千トンU規模で操業開始する。計画遂行にあたっては使用済燃料対策の重要性に鑑み、迅速かつ的確に対応し、できる限り前倒しを図る。 |
| 北陸 | 志賀 | 現行の貯蔵設備を活用する。 |
| 中国 | 島根 | 現行の貯蔵設備を活用する。 |
| 四国 | 伊方 | 現行の貯蔵設備を活用する。また、敷地内の乾式貯蔵施設への搬出を計画している。(500tU増容量、2018年5月設置変更許可申請、安全審査中) |
| 九州 | 玄海 | 使用済燃料貯蔵設備の貯蔵能力の増強(リラッキング)を計画している。(3号機申請中、480tU増容量) |
| | 川内 | 現行の貯蔵設備を活用する。 |
| 日本原電 | 敦賀 | リサイクル燃料備蓄センターへの搬出を計画している。(建設中、3,000tU) |
| | 東海第二 | 既設の敷地内乾式貯蔵設備の活用(70tU増容量)及びリサイクル燃料備蓄センターへの搬出を計画している。(建設中、3,000tU) |

(2018.10時点)