

# CONSENSUS

## 原子力

コンセンサス

2024

### 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/>

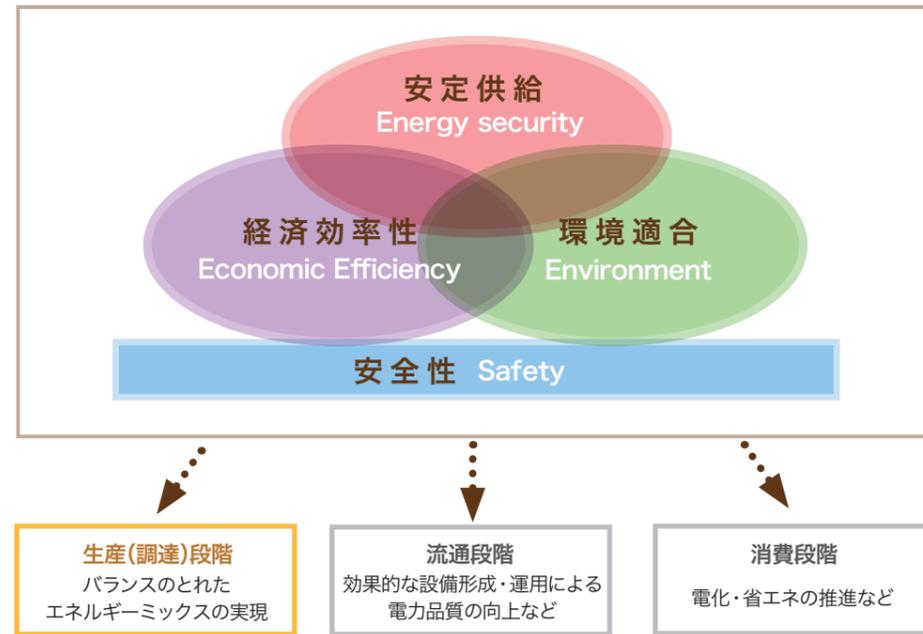


この印刷物は環境配慮型印刷システムを採用しています。

# 「バランスのとれたエネルギーミックス」を目指して ～「S+3E」の再構築～

エネルギーは、私たちの生活や経済活動にとって、欠かすことのできない大切なものです。世界第5位のエネルギー消費大国である日本。しかしエネルギー資源に恵まれず、そのほとんどを海外からの輸入に依存し、エネルギー自給率はわずか13%程度です。資源に乏しい日本にとって、エネルギー政策はまさに国の基幹政策。日本ではこれまで、オイルショックや地球温暖化問題への対応といった社会情勢などを踏まえながら、特定のエネルギーに依存するのではなく、「S+3E」の観点からバランスのとれたエネルギーミックスを実現してきました。

## ■S(Safety)+3E(Energy security)(Economic Efficiency)(Environment)



しかしながら、東日本大震災以降は再稼働した原子力発電所は少なく、火力発電へ過度な依存が続く中、2022年2月のロシアによるウクライナ侵略は、世界のエネルギー情勢を一変させました。日本においては、エネルギーミックスのバランスは失われ、3E(安定供給・経済効率性・環境適合)のすべての面においてさまざまな問題が生じています。

一方、2021年10月に「第6次エネルギー基本計画」が閣議決定され、「2050年カーボンニュートラル」を実現するために「2030年度に温室効果ガス排出量46%削減(2013年度比)」という目標と、そのエネルギー政策の道筋が示されました。化石エネルギー中心の産業構造・社会構造からグリーンエネルギー中心に転換するGX(グリーントランスフォーメーション)を目指し、原子力発電の活用はその1つとして、2023年5月にGX推進に向けた法整備がされ、エネルギーの安定供給と脱炭素の両立を目指す戦略が政策の柱として定められました。また、国際的な動きとして、2023年11～12月に開催された国連気候変動枠組条約第28回締約国会議(COP28)では、合意文書に導入を加速すべき脱・低炭素技術として原子力が含まれ、日本やアメリカを含む22の有志国で2050年までに世界の原子力発電所の設備容量を3倍(2020年比)に増やす宣言もされました。

電気事業者としても、「S+3E」の観点からバランスのとれたエネルギーミックスの達成と同時に2050年カーボンニュートラルの実現に向け、再生可能エネルギーや原子力発電の最大限の活用、火力発電の脱炭素化とともに、需要側においてもエネルギーを効率的に利用できる電化の推進に取り組んでまいります。

# CONSENSUS

## コンセンサス 目次

### 原子力発電の安全対策

- 原子力発電所の安全規制はどうなっているの? ..... 3
- 原子力発電所はどんな安全対策を行っているの? ..... 5
- これまでに原子力発電所ではどんな事故が起こったの? ..... 9
- 東日本大震災後の東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の状況 ... 11

### 原子力発電の必要性

- 日本はなぜ原子力発電を使うの? ..... 13
- 海外では原子力発電にどう取り組んでいるの? ..... 17

### 原子燃料サイクル

- 原子力発電所で使い終わった燃料はどうなるの? ..... 19
- 高レベル放射性廃棄物はどう処分するの? ..... 21

### 廃止措置

- 原子力発電所は運転を終了したらどうするの? ..... 23

### 原子力発電・放射線の基礎

- 原子力発電のしくみはどうなっているの? ..... 25
- 原子力発電所や再処理工場からは放射線や放射性物質が出ているの? ... 27
- 放射線や放射性物質はどんな所にあるの? ..... 29

# 原子力発電所の安全規制は どうなっているの？

**A1 「原子力規制委員会」が、原子力発電の安全規制を一元的に行います。**

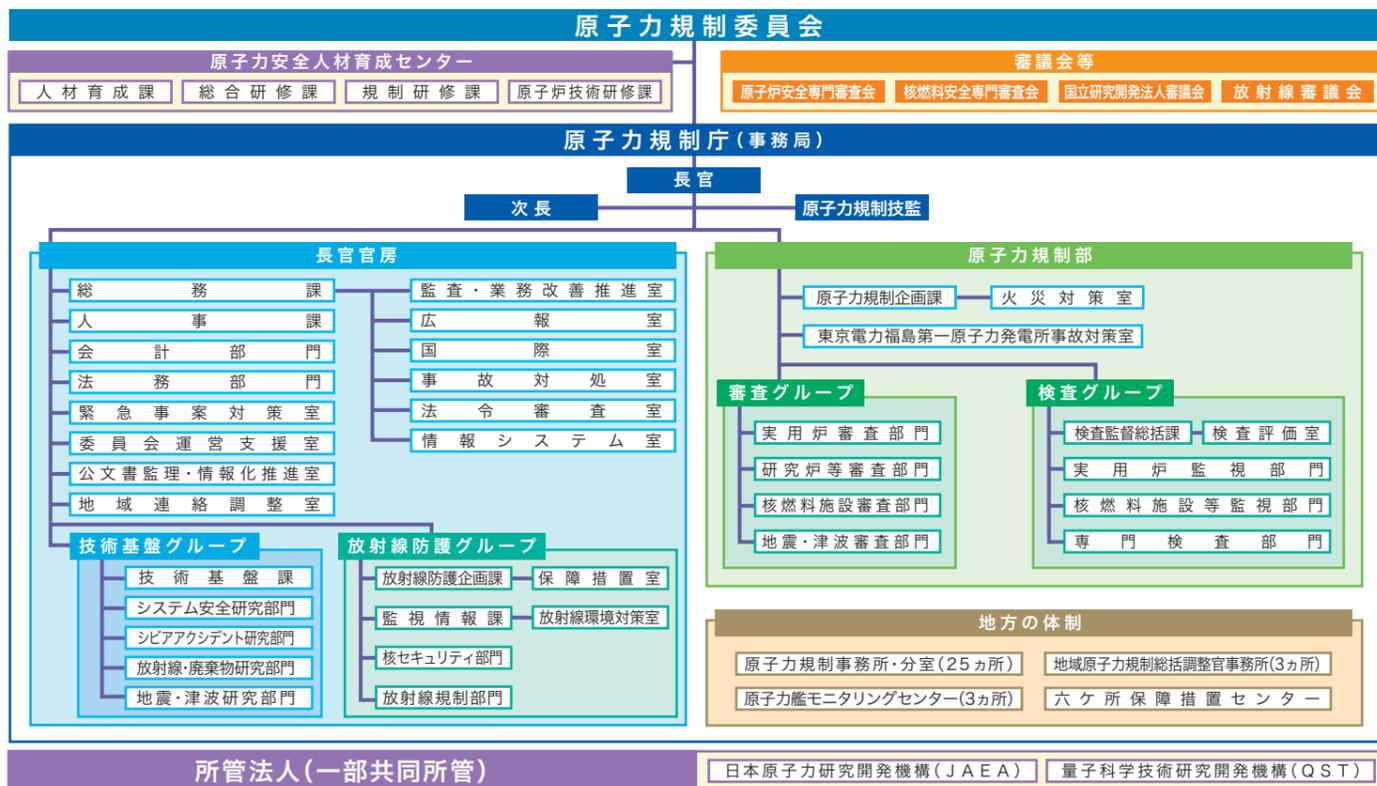
原子力全般の安全規制は「原子力規制委員会」と、その事務局の「原子力規制庁」が一元的に行います。

原子力規制委員会と事務局の原子力規制庁は、2012年9月19日、それまで原子力利用の推進を担ってきた経済産業省から安全規制部門を分離するため、環境省の外局組織として新設されました。原子力規制委員会は独立性の高い3条委員会\*1です。各関係行政機関が担っていた原子力規制の事務、核物質などを守るための事務(核セキュリティ)が原子力規制委員会に一元化されるとともに、必要な機能も統合されました。さらに2013年

4月1日、文部科学省が担っていた核不拡散の保障措置\*2、放射線モニタリング、放射性同位元素の使用などの「規制」に関連する機能も移管され、原子力規制委員会に一元化されました。

\*1 国家行政組織法第3条第2項に規定される委員会。上級機関(設置される府省の大臣など)からの指揮監督を受けず、独立して権限を行使することが保障されている合議制の機関のこと。  
\*2 核物質が平和目的だけに利用され、核兵器などに転用されないことを担保するために行われる検閲活動。

●原子力安全規制体制



出典:原子力規制委員会ホームページを基に作成

原子力規制委員会の情報は公開されます。

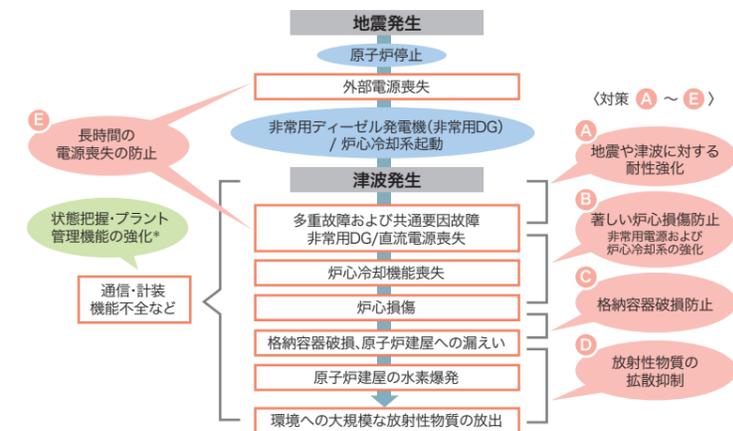
原子力規制委員会で行われる会議は原則としてインターネットで生中継されるほか、配付資料もホームページで公開されます。また、被規制者である電力会社との間で行われる議論についても記録が残され、原則としてホームページで公開されます。

**A2 福島第一原子力発電所の事故の教訓や海外の知見が反映された新規規制基準が原子力規制委員会により作成され、運用されています。**

新規規制基準には、福島第一原子力発電所の事故の教訓が反映されています。

2011年3月11日、東日本大震災発生時、東北地方から関東地方まで太平洋沿岸にあるすべての原子力発電所は地震動を感知し、自動的に原子炉を停止しました。福島第一原子力発電所の事故では地震の後に襲来した津波の影響により、非常用ディーゼル発電機・配電盤・バッテリーなど重要な設備が被害を受け、非常用を含めたすべての電源が使用できなくなり、原子炉を冷却する機能を喪失しました。その結果、炉心溶融とそれに続く水素爆発による原子炉建屋の破損などにつながり、放射性物質の大規模な放出に至りました。こうした事故の検証を通じて得られた教訓が、新規規制基準に反映されています。

●福島第一原子力発電所事故の進展を踏まえた新規規制基準の対策



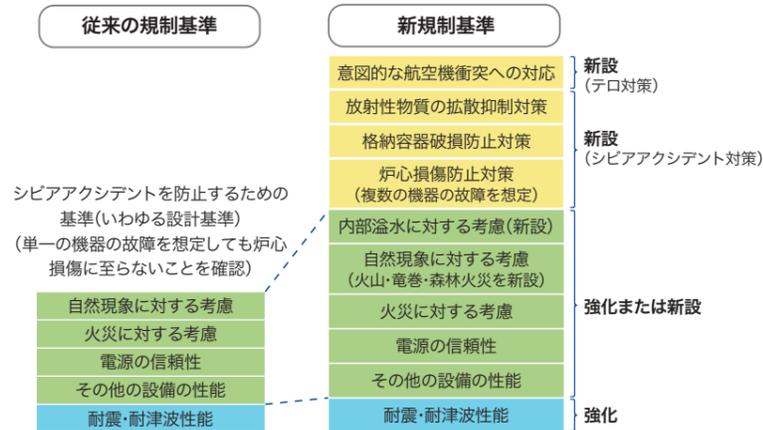
\*「状態把握・プラント管理機能の強化」は、緊急時の通信手段の確保、監視用計器の直流電源の強化をはじめ、がれき除去を行う重機や高線量下に備えた防護服の配備、放射線管理体制の整備のほか、シビアアクシデント時の指揮所となる緊急時対策所、テロなどを想定した特定重大事故等対処施設の整備が含まれます。シビアアクシデントに備える訓練の継続的な実施も対象となります。

出典:原子力規制委員会資料を基に作成

新規規制基準は従来の設計基準が強化され、シビアアクシデント対策やテロ対策が盛り込まれています。

新規規制基準はシビアアクシデント(重大な事故)を防止するための基準(設計基準)の強化と、万が一、その設計の想定を超えるシビアアクシデントやテロが発生した場合に対処するための基準を新設しています。地震や津波への対策が強化されたほか、火山や竜巻などの自然災害、火災など幅広いリスクに備えるため、設計基準が強化されました。また、従来電力会社の自主保安として実施していたシビアアクシデント対策やテロ対策が新設され、炉心損傷や格納容器破損の防止、放射性物質の拡散抑制や意図的な航空機衝突を踏まえた対策が求められています。

●原子力発電所の新規規制基準



出典:原子力規制委員会資料を基に作成

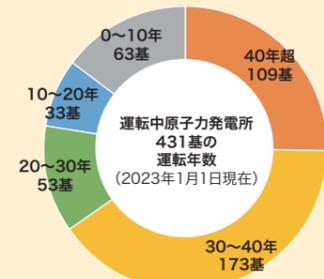
One Step! more

原子力発電所の運転期間

日本では、原子力発電所の運転期間は原則40年と定められていますが、原子力規制委員会の認可を受ければ、20年を超えない期間で1回に限り延長ができると定められています\*。2024年1月現在、高浜発電所1,2号機、美浜発電所3号機、東海第二発電所、川内原子力発電所1,2号機がそれぞれ60年までの運転期間延長の認可を受けています。なお、世界中で100基以上の原子力発電所が40年超運転をしており、アメリカでは80年運転が承認されています。

\*2025年6月に施行される改正電気事業法では、運転期間は経済産業大臣の認可を受ければ延長でき、その際「最長で60年に制限する」という枠組みは維持した上で、原子力事業者から見て他律的な要素で停止していた期間に限り、60年の運転期間のカウントから除外することとしています。

●世界の運転中原子力発電所の運転年数



出典:日本原子力産業協会「世界の運転中原子力発電所の運転期間別基数」を基に作成

# 原子力発電所はどんな安全対策を行っているの？

**A1** 自主的に実施してきた事故後の緊急安全対策やシビアアクシデント対策に加え、新規制基準に確実に対応するため、必要に応じて追加対策も行っています。

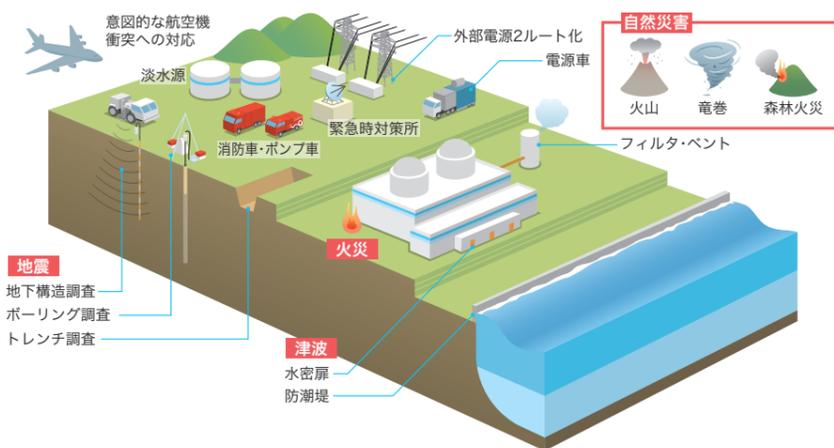
## 地震や津波などの自然災害や、火災の対策を強化しています。

新規制基準では活断層や地下構造の調査が改めて求められているため、必要に応じて基準地震動\*の見直しや耐震強化を進めています。津波についても発生場所や高さを評価し、安全上重要な機器の機能が確保されるよう、防波壁・防潮堤の設置、扉の水密化などの対策を講じています。また、地震・津波のほか、新たに火山・竜巻・森林火災などへの対策が求められるため、原子力発電所の安全性に対する影響を

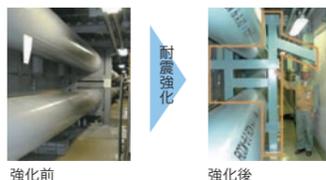
適切に評価し、必要に応じて対策を講じています。さらに、所内の火災で原子炉施設の安全性が損なわれないよう、火災発生の防止、火災の感知および消火、火災の影響軽減などの防護対策についてプラントごとの設計条件を考慮して継続的な改善を行い、火災防護の信頼性を向上させています。

\*耐震設計において基準とする地震動で、施設周辺で発生する可能性がある最大の地震の揺れの強さ。

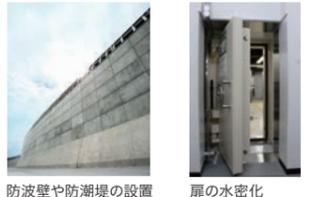
### ●新規制基準で求められる主な安全対策



### ●地震対策



### ●津波対策



写真提供: 日本原子力発電(株) 中部電力(株)

## 長時間の電源喪失を防止するため、設備強化を図っています。

緊急時はプラントを安定した状態にするため、あらゆる場面で電源が必要になります。地震や津波などで送電線や非常用ディーゼル発電機が同時に喪失しないよう、外部電源(送電線)を2ルート以上確保。変圧器などの電気設備の浸水対策も講じています。常設の非常用ディーゼル発電機が機能しない事態が起きても、バックアップする移動可能な非常用電源(電源車など)や恒設の空冷式の非常用電源を追加します。また、発電所内のすべての交流電源が喪失した時でも、原子炉への注水制御などに使用する直流電源を長時間供給できるよう、バッテリーなどの設備強化を図っています。

### ●対策例

- 外部電源を2ルート以上確保
- 他の送電系統、高台の恒設発電機、電源車などからの受電
- 原子炉への注水制御などに使用する直流電源を長時間供給できる設備の強化



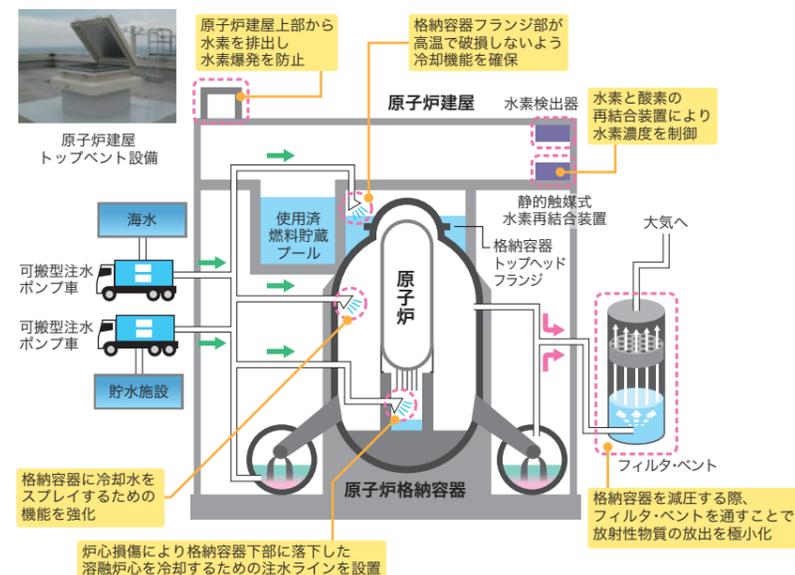
空冷式非常用発電装置 写真提供: 四国電力(株)

## 冷却機能を確保するための対策、重大事故への対策も新たに講じています。

地震や津波などで複数の冷却設備が同時に機能喪失する場合を想定し、多様な冷却手段を確保しています。これにより炉心が損傷する事態を防止します。既存の海水ポンプに加えて代替できる大容量ポンプを配備し、海水ポンプモーターの予備も確保しています。緊急時の水源もタンク・河川・ダム・貯水池など多様化を図っています。また、既存の非常用ポンプが破損した場合に備え、可搬型ポンプなどを配備して原子炉や使用済燃料プールの冷却を確保する対策も講じています。

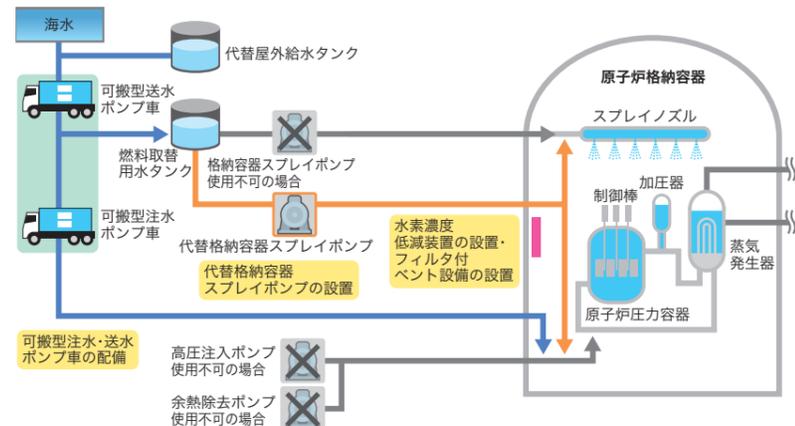
加えて、万が一、炉心が損傷しても、格納容器の破損や水素爆発を防止し、環境への放射性物質の放出を十分低減させる対策を講じています。緊急時に格納容器を冷却する機能を強化し、炉心損傷が起きた場合、格納容器下部に落下した溶融炉心を冷やす注水ラインを新たに設けています。また、シビアアクシデント時に格納容器内部の圧力を下げるため蒸気を放出し、そこから放射性物質を低減して排気する「フィルタ・ベント」を設置。炉心損傷時に懸念される水素爆発を防ぐため、水素濃度を低減できる「静的触媒式水素再結合装置」や原子炉建屋上部から水素を排出する設備も追加で設置しています。

### ●対策例(BWR[沸騰水型軽水炉]の事例)



写真提供: 東京電力ホールディングス(株)

### ●対策例(PWR[加圧水型軽水炉]の事例)



## ソフト面の対策や、意図的な航空機衝突などのテロを想定した対策も新たに講じています。

ハード面の対策に加え、緊急事態が発生した場合でも、非常用設備などを有効に活用できるよう、マニュアルを整備するとともに、過酷な事態を想定した防災訓練などソフト面の対策を継続的に実施しています。また意図的な航空機衝突などのテロを想定し、可搬型設備を

分散配備するとともに、運搬して使用できるよう道路および通路が確保できる措置などを講じています。さらに、これらの設備のバックアップとして、特定重大事故等対処施設も整備しています。

### ●防災訓練(昼間)



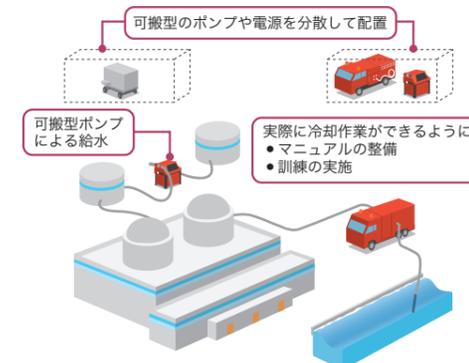
写真提供: 中国電力(株)

### ●防災訓練(夜間)

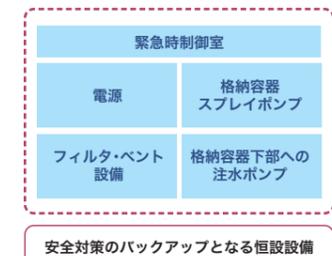


### ●テロ対策

#### 可搬型設備の運用



#### 特定重大事故等対処施設 概念

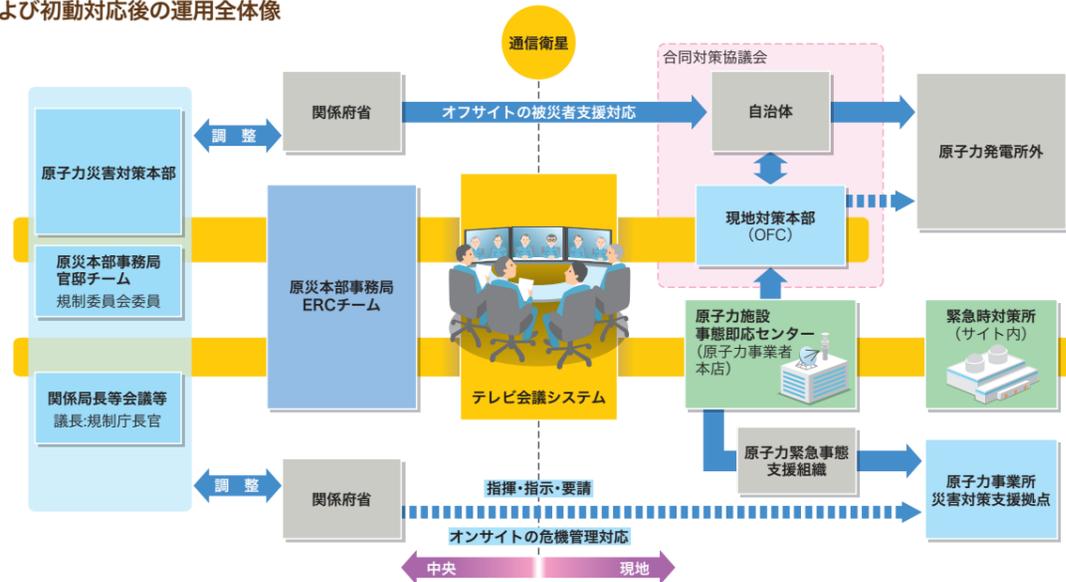


## A<sup>2</sup> 緊急時対応に備えるため、原子力防災体制を強化しています。

### 政府・電力会社の情報共有をより確実に行うため、ネットワークを強化しています。

緊急事態において政府と電力会社の情報共有を確実に行うため、テレビ会議などを用いたネットワークの強化を図っています。

#### ●初動対応および初動対応後の運用全体像

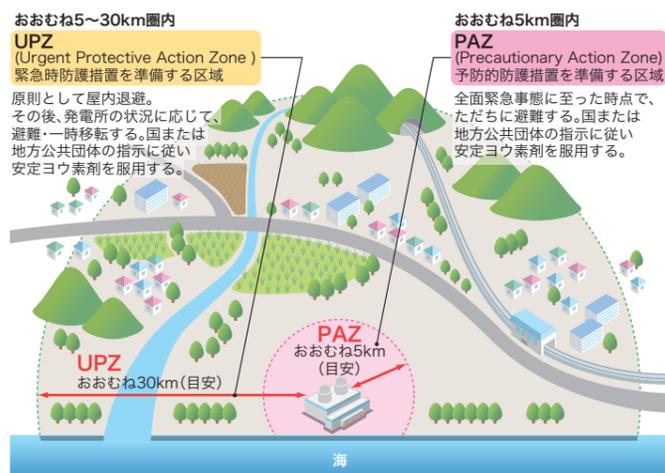


出典:日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」を基に作成

### 早期の通報体制を構築し、より確実に事態に対処します。

原子力発電所の事故による放射性物質の大規模な放出が始まる前に、状況に応じて、予防的に防護措置の準備および実施が行われることになりました。さらに原子力災害時の対策重点区域がおおむね30km圏内まで拡大されました。

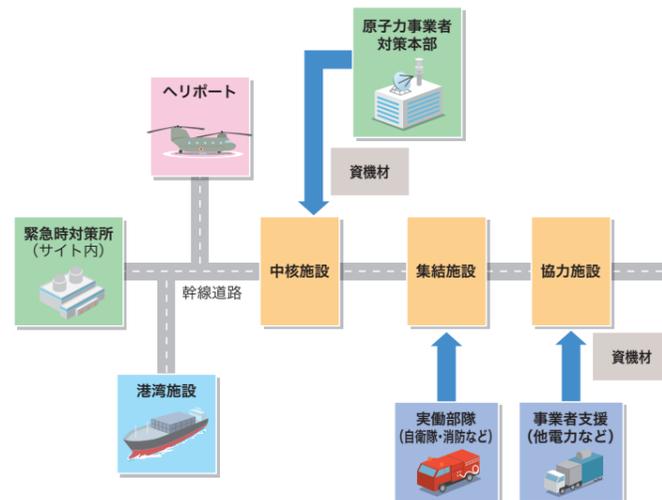
#### ●原子力災害時の対策重点区域の拡大



### 原子力発電所で災害が発生した場合の後方支援を強化しています。

万が一、原子力発電所において災害が発生した場合でも、速やかに発電所外からの人的・物的支援ができるよう、後方支援を行う拠点の整備を行っています。

#### ●原子力事業所災害対策支援拠点について



## A<sup>3</sup> さらに安全性・信頼性の向上に向けた自主的な取り組みも進め、世界最高水準の安全性を目指します。

### 美浜原子力緊急事態支援センター

万が一、事故が発生した場合でも、高放射線量など多様かつ高度な災害対応を可能とするため、2016年12月、日本原子力発電(株)を実施主体として本格運用を開始しました。この組織は、原子力災害時に速やかに、事故発生事業所へ遠隔操作可能なロボットや重機などの資機材や操作要員を派遣し、事故発生事業者と協働して緊急対応活動を行います。また、平常時には、支援に必要な資機材を集中的に管理・運用するとともに、各原子力事業者のロボット等操作要員訓練を実施します。



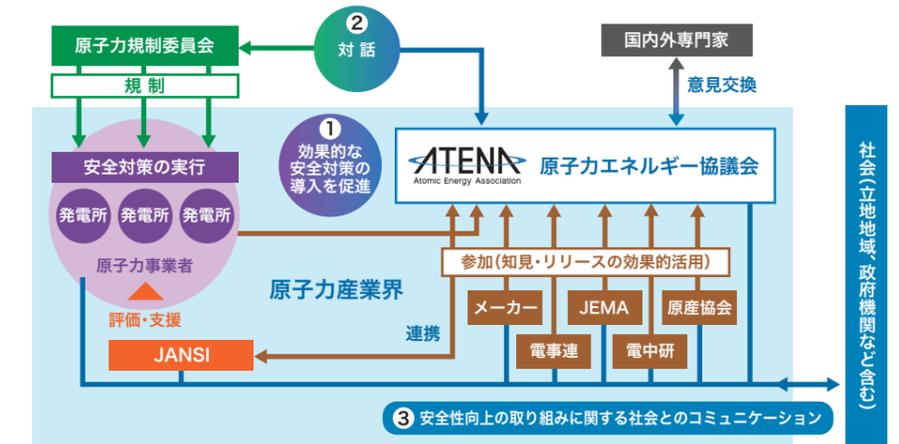
写真提供:日本原子力発電(株)

### 原子力業界が一丸となって、世界最高水準の安全性向上に向けた取り組みを続けていきます。

福島第一原子力発電所事故の後、原子力業界は、このような事故を二度と起こさないという強い決意のもと、原子力安全推進協会 (JANSI) や電力中央研究所・原子力リスク研究センター (NRRC) と連携しながら、規制の枠に留まらない、より高い次元の安全性確保に向けた取り組みを進めています。

このような原子力業界が、自律的かつ継続的な安全性向上の取り組みを行い、それらを定着させていくために、原子力業界全体の知見・リソースを効果的に活用し、規制当局などとも対話を行いながら効果ある安全対策を立案し、原子力事業者の現場へ導入を促す組織として、2018年7月に原子力事業者やメーカー、関係団体などによって「原子力エネルギー協議会 (ATENA)」が設立されました。私たち電力会社は安全対策を着実に実施し、規制の枠にとどまらない、自律的な原子力発電所の安全性向上を実現してまいります。

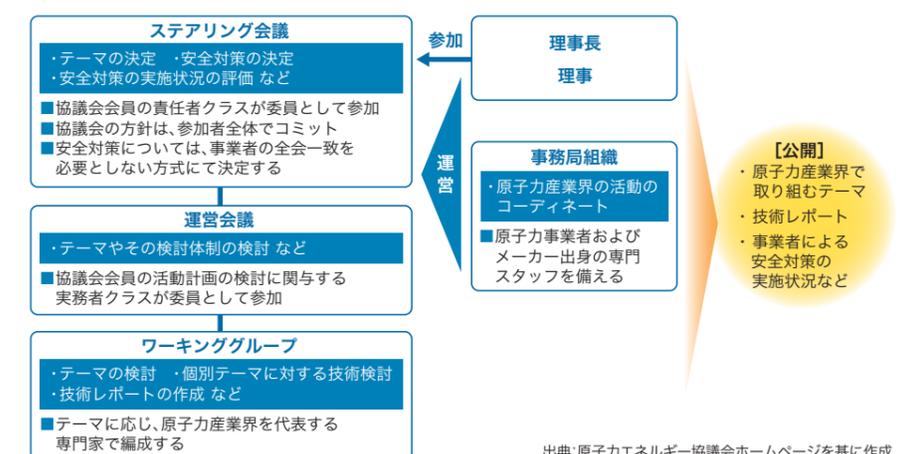
#### ●ATENAの役割



(電事連=電気事業連合会、JEMA=日本電機工業会、電中研=電力中央研究所、原産協会=日本原子力産業協会)  
 ①原子力産業界全体で共通課題の解決に取り組み、原子力事業者に効果的な安全対策の導入を促す  
 ②安全性向上という共通の目的の下、規制当局と対話する  
 ③さまざまなステークホルダーと安全性向上の取り組みに関するコミュニケーションを行う

出典:原子力エネルギー協議会ホームページを基に作成

#### ●ATENAのしくみ



出典:原子力エネルギー協議会ホームページを基に作成

# これまでに原子力発電所では どんな事故が起こったの？

**A** チョルノービリ(チェルノブイリ)原子力発電所および福島第一原子力発電所の事故では、環境への放射性物質の大規模な放出がありました。これらの事故を教訓に、原子力事業者は、二度と同様の事故を起こさないためにさまざまな取り組みを行っています。

## 原子力施設の事故や故障は、安全上の基準によって分類します。

原子力施設の事故の評価には、発生した事故・故障などの影響の度合いを簡明かつ客観的に判断できるように「国際原子力・放射線事象評価尺度」を用い、レベル0～7の8段階で評価を行っています。トラブルが発生するとすみやかに、この尺度を使った暫定評価を国が発表します。

### ●国際原子力・放射線事象評価尺度(INES:The International Nuclear and Radiological Event Scale)

レベル	基準			参考事例 INESの公式評価でないものも含まれている
	基準1:人と環境	基準2:施設における放射線バリアと管理	基準3:深層防護	
<b>7</b> (深刻な事故)	・広範囲の健康および環境への影響を伴う放射性物質の大規模な放出。			・旧ソ連チョルノービリ原子力発電所事故(1986年) ・福島第一原子力発電所事故(2011年)
<b>6</b> (大事故)	・放射性物質の相当量の放出。			
<b>5</b> (広範囲な影響を伴う事故)	・放射性物質の限定的な放出。 ・放射線による数名の死亡。	・炉心の重大な損傷。 ・公衆が著しい被ばくを受ける可能性の高い施設内の放射性物質の大量放出。		・アメリカスリーマイルアイランド原子力発電所事故(1979年)
<b>4</b> (局所的な影響を伴う事故)	・軽微な放射性物質の放出。 ・放射線による少なくとも1名の死亡。	・炉心の全放射線量の0.1%を超える放出につながる燃料の溶融または燃料の損傷。 ・公衆が著しい大規模被ばくを受ける可能性の高い相当量の放射性物質の放出。		・JCO臨界事故(1999年)
<b>3</b> (重大な異常事象)	・法令による年間限度の10倍を超える作業員の被ばく。 ・放射線による非致命的な確定的健康影響。	・運転区域内での1Sv(シーベルト)* /時を超える被ばく線量率。 ・公衆が著しい被ばくを受ける可能性は低い設計で予想していない区域での重大な汚染。	・安全設備が残されていない原子力発電所における事故寸前の状態。 ・高放射能密封線源の紛失または盗難。	
<b>2</b> (異常事象)	・10mSv(ミリシーベルト)を超える公衆の被ばく。 ・法令による年間限度を超える作業員の被ばく。	・50mSv(ミリシーベルト)/時を超える運転区域内の放射線レベル。 ・設計で予想していない施設内の区域での相当量の汚染。	・実際の影響を伴わない安全設備の重大な欠陥。	・美浜発電所2号機蒸気発生器伝熱管損傷事象(1991年) ・JAEA大洗研究開発センター作業員被ばく事故(2017年)
<b>1</b> (逸脱)			・法令による限度を超えた公衆の過大被ばく。 ・低放射能の線源の紛失または盗難。	・もんじゅナトリウム漏れ事故(1995年) ・敦賀発電所2号機1次冷却材漏れ(1999年) ・浜岡原子力発電所1号機余熱除去系配管破断(2001年) ・美浜発電所3号機二次系配管破損事故(2004年) ・島根原子力発電所2号機中央制御室空調換気系ダクト腐食(2016年)
<b>0</b> (尺度未満)	安全上重要ではない事象			0+ 安全に影響を与える事象 0- 安全に影響を与えない事象
評価対象外	安全に関係しない事象			

\*シーベルト(Sv):放射線が人体に与える影響を表す単位(ミリは1,000分の1)

出典:原子力規制委員会資料を基に作成

## アメリカ スリーマイルアイランド 原子力発電所の事故

1979年3月28日、アメリカのスリーマイルアイランド発電所2号機で起きた事故は、機器の故障や運転員の判断ミスなどが重なったために、原子炉内の冷却水が減少し、炉心上部の蒸気中への露出により、燃料の損傷、炉内構造物の一部溶融に至りました。しかし放射性物質を閉じ込める機能は健全であったため、放射性物質の放出量はわずかであり、健康上の影響はない極めて低いレベルでした。

### ●教訓の反映

この事故を教訓に、運転員に対する教育・訓練をより一層強化するとともに、異常時の運転操作要領の整備充実などを図りました。

## 旧ソ連 チョルノービリ原子力発電所の事故

1986年4月26日、旧ソ連のチョルノービリ原子力発電所4号機で起きた事故は、運転員が原子炉の自動停止装置を働かせないようにするなど、運転規則に違反する操作をして、計画とは異なる特殊な実験を行ったことから、燃料の過熱、激しい蒸気の発生、原子炉と建屋の一部破壊に至りました。この事故の原因は、旧ソ連が開発した原子炉(黒鉛減速軽水冷却沸騰水型炉)が低い出力では自己制御性(出力の上昇を自然に抑える働き)を失う欠点を持っていたことと、万が一の場合に備えて原子炉を覆う原子炉格納容器がなく、そのほかの安全装置も簡単に外せる構造になっていたことが挙げられます。

### ●教訓の反映

この事故を教訓に、防災対策を充実し、安全意識を高めました。また、世界中の原子力発電事業者間で、原子力発電の安全性・信頼性の向上を図る目的で、世界原子力発電事業者協会(WANO)が設立されました。

## (株)JCOウラン加工工場の臨界事故

1999年9月30日、茨城県の(株)JCOウラン加工工場で起きた臨界事故は、正規の手順を守らずにステンレス容器を使って、臨界管理で規定されている制限値を超えるウラン溶液を沈殿槽に直接投入したため、臨界(核分裂連鎖反応の継続)が起こったことが原因でした。この事故では、臨界に伴い発生した放射線により、現場にいた作業員が一度に大量の放射線を受けて亡くなられたほか、周辺住民など多数の人々が放射線を受けました。

### ●教訓の反映

この事故を教訓に、燃料加工工場などにも原子力発電所と同様の定期検査が義務付けられたほか、原子力保安検査官の現地配置、原子力防災の体制強化が図られました。さらに、原子力産業界全体の安全意識の向上や安全文化の共有化を活動の目的として、ニュークリアセーフティネットワーク(NSネット\*)が発足しました。

\*NSネットは、(一社)原子力安全推進協会に引き継がれています。

## 美浜発電所3号機の事故

2004年8月9日、福井県的美浜発電所3号機(PWR)のタービン建屋内において、二次系の復水系配管が破損し建屋内に放射性物質を含まない高温の水蒸気が噴出し、近くで作業を行っていた方々が破口部から流出した蒸気および高温水により被災し死傷される事故が起きました。この事故の原因は、関西電力(株)の二次系配管肉厚管理の不備から、本来管理すべきであった箇所を管理できていなかったため、破損した部位が点検リストから漏れ、運転開始以来、一度も厚みを測定していなかったことが挙げられます。

### ●教訓の反映

この事故を教訓に、安全文化を浸透・定着するべく、安全最優先の再徹底を図り、これを具現化するための組織、職場づくりの行動計画を作成して取り組みました。



## 世界原子力発電事業者協会(WANO)

世界原子力発電事業者協会(WANO: World Association of Nuclear Operators)は、チョルノービリ原子力発電所の事故をきっかけに、原子力発電所の安全性と信頼性を高めるため、1989年、ロンドンに設立された民間組織です。WANOでは運転経験の情報交換、ピアレビュー(訪問評価)、技術交流などが進められています。

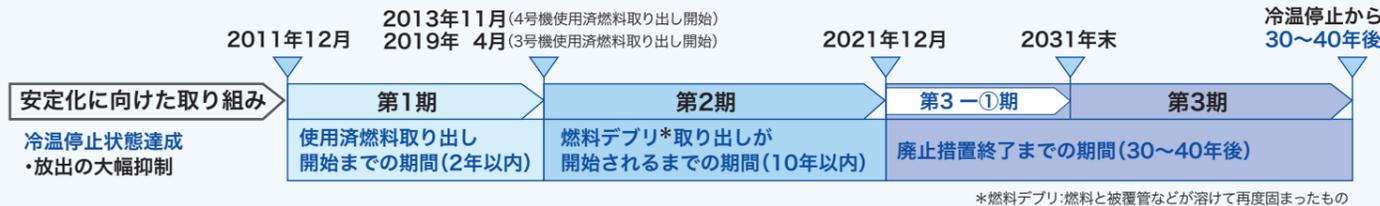
# 東日本大震災後の東京電力ホールディングス(株) 福島第一原子力発電所の状況 (2023年11月末現在)

東京電力ホールディングス(株)は、「東京電力(株)福島第一原子力発電所1~4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」を2011年12月に決定し、継続的に見直しを行いながら、廃止措置などに向けた取り組みを進めています。2019年12月には、廃炉作業の進展によって明らかになってきた現場状況や作業経験を踏まえて中長期ロードマップを改訂し、廃炉作業全体の最適化を図りました(前回改訂2017年9月)。引き続き、現場の状況や研究開発の結果などを踏まえてロードマップを見直しながら、地域と作業員の安全確保を大前提に、廃止措置を着実に進めています。

## 廃炉作業

福島第一原子力発電所では、廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議で決定される「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所1~4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」に基づいて廃炉作業を進めています。

## 中長期ロードマップの目標工程



## 主な目標工程

### 汚染水対策

- 汚染水発生量を150m<sup>3</sup>/日程度に抑制 …… 2020年内達成
- 汚染水発生量を100m<sup>3</sup>/日程度に抑制 …… 2025年内
- 建屋内滞留水処理完了 …… 2020年内達成\*

\*1~3号機原子炉建屋、プロセス主建屋、高温焼却炉建屋を除く建屋内滞留水の水位を低下し床面を露出。

- 原子炉建屋滞留水を2020年末の半分程度に低減 …… 2023年内達成

### プールの燃料取り出し

- 1~6号機燃料取り出しの完了 …… 2031年内
- 1号機大型カバーの設置完了 …… 2023年度頃
- 1号機燃料取り出しの開始 …… 2027年度~2028年度
- 2号機燃料取り出しの開始 …… 2024年度~2026年度

### 燃料デブリ取り出し

- 初号機の燃料デブリ取り出しの開始 …… 2021年内\*
- (2号機から着手。段階的に取り出し規模を拡大)

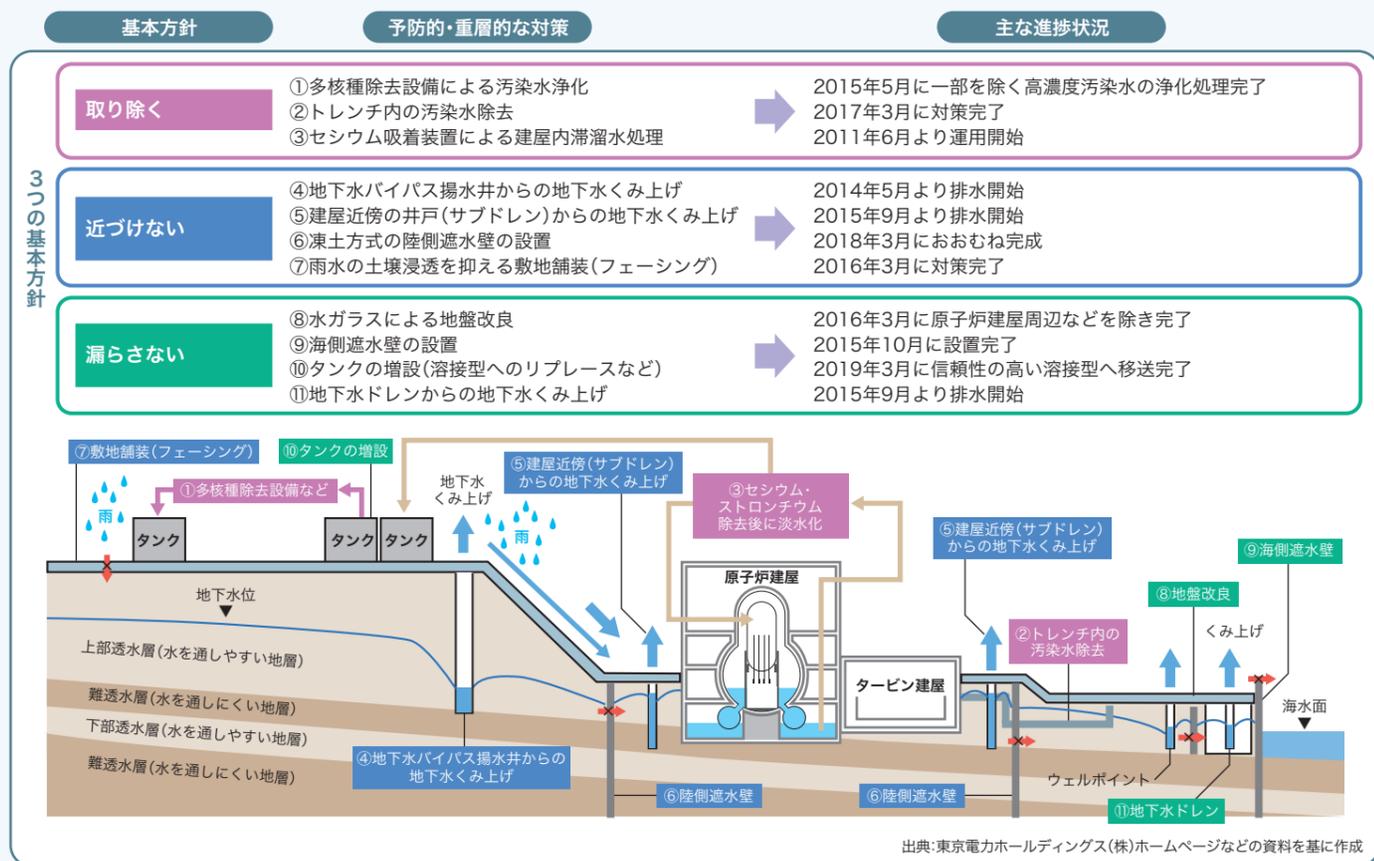
\*新型コロナウイルス感染拡大の影響および作業の安全性と確実性を高めるため、2023年度後半目途の着手へ工程を見直し。

### 廃棄物対策

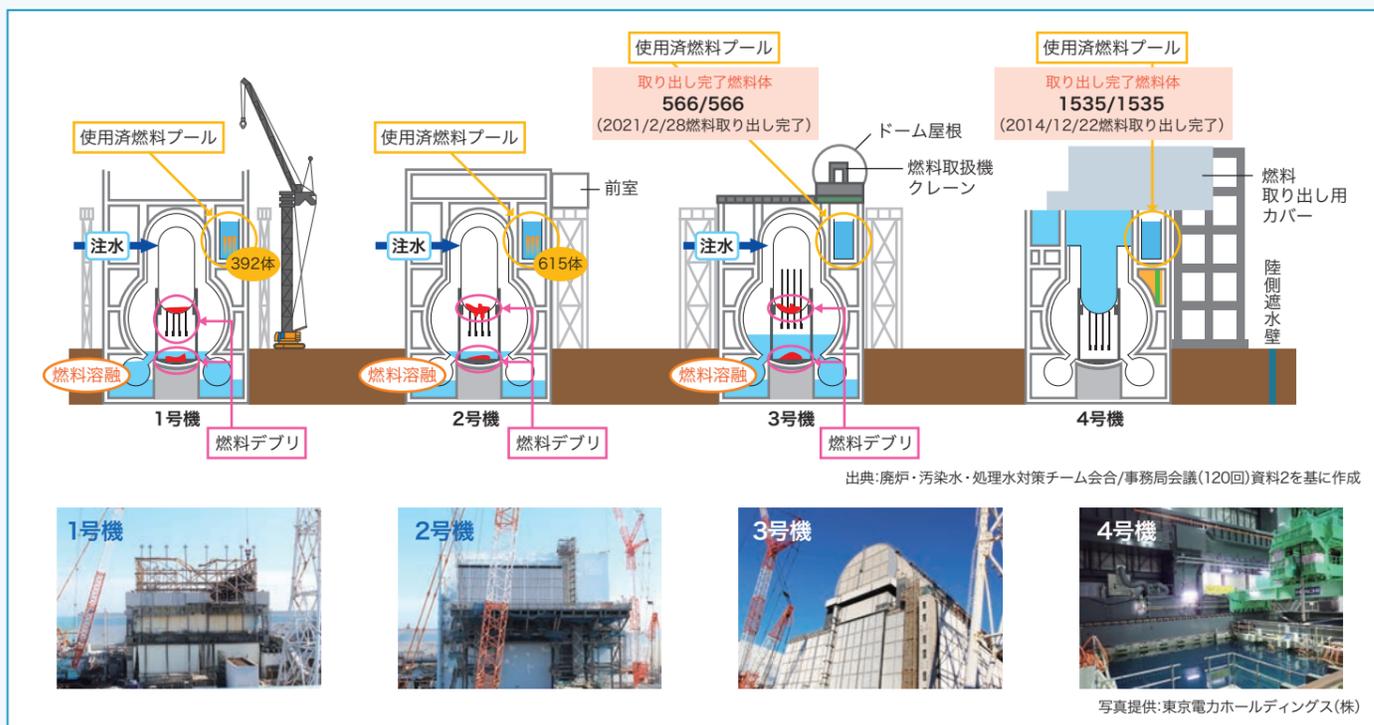
- 処理・処分の方策とその安全性に関する技術的な見直し …… 2021年度頃
- ガレキなどの屋外一時保管解消 …… 2028年度内

## 汚染水対策

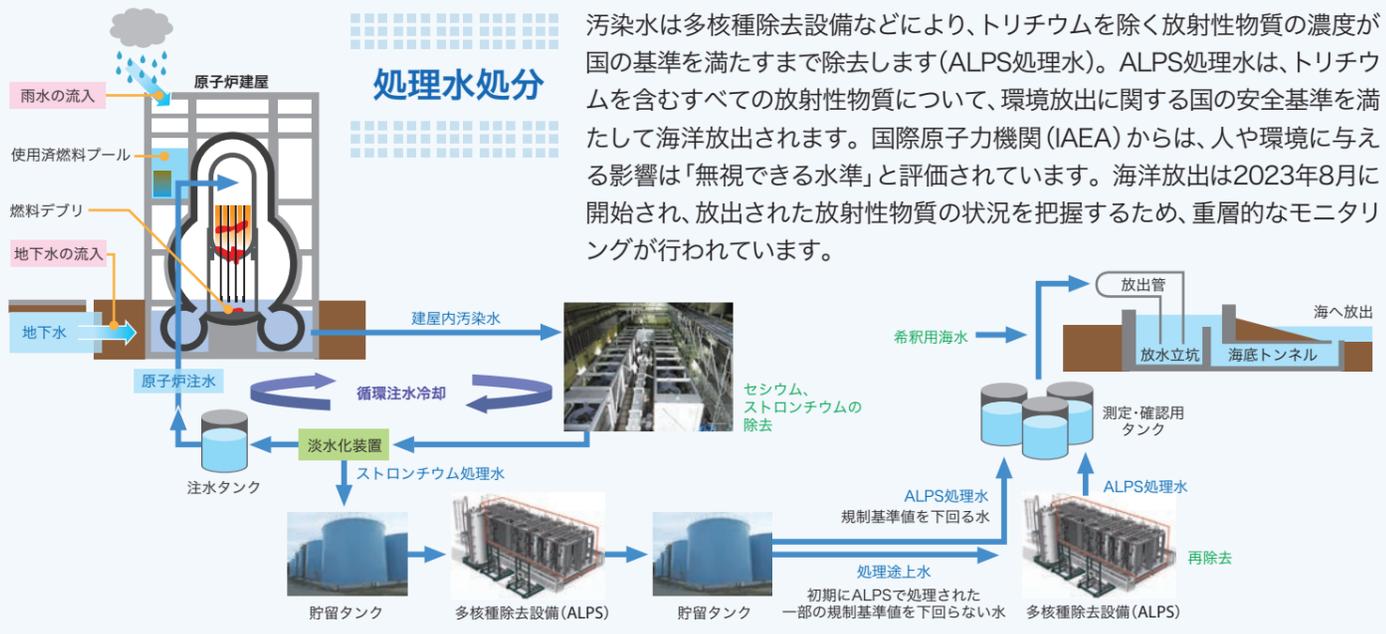
山側から海側に流れている地下水や破損した建屋から入る雨水などが、原子炉建屋などに流れ込み、建屋内などに溜まっている放射性物質を含む水と混ざることなどで汚染水は増加します。汚染水を「取り除く」、汚染源に水を「近づけない」、汚染水を「漏らさない」の3つの基本方針に沿って、地下水を安定的に制御するための、重層的な汚染水対策を進めています。



## 福島第一原子力発電所1~4号機の現状



## 処理水処分



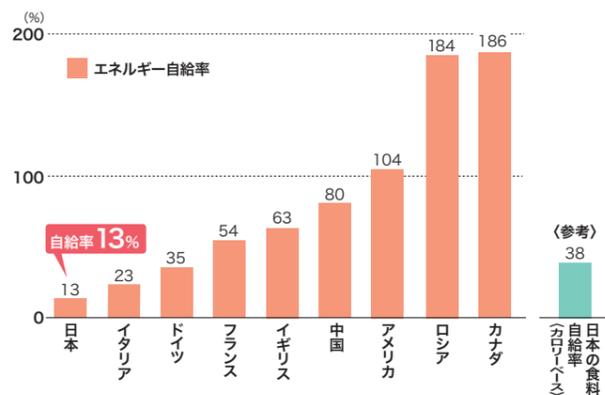
# 日本はなぜ原子力発電を使うの？

**A1** 日本はエネルギー資源に乏しく、そのほとんどを海外からの輸入に頼っています。エネルギー供給の安定性を確保する観点から、原子力発電は必要な電源です。

## 日本のエネルギー自給率は約13%しかありません。

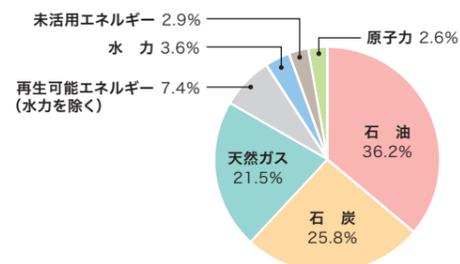
日本では食料自給率約40%の低さが問題にされることがあります。一方、日本のエネルギー自給率はわずか13%程度しかなく、エネルギー資源のほとんどを海外からの輸入に頼っています。その輸入元を見ても、一次エネルギー供給の約36%を占める石油は政情が不安定な中東に大きく依存しているなど、日本のエネルギー供給構造は極めて弱い状況にあります。

### ●主要国のエネルギー自給率(2021年、日本のみ2022年度)



(注)原子力発電の燃料であるウランは、一度輸入すると長期間使用することができ、再処理してリサイクルすることが可能なため準国産エネルギーとして扱われます。  
出典:IEA「WORLD ENERGY BALANCES (2023 Edition)」  
日本は資源エネルギー庁「令和4年度(2022年度)エネルギー需給実績(速報)」を基に作成

### ●日本の一次エネルギー供給構成(2022年度)

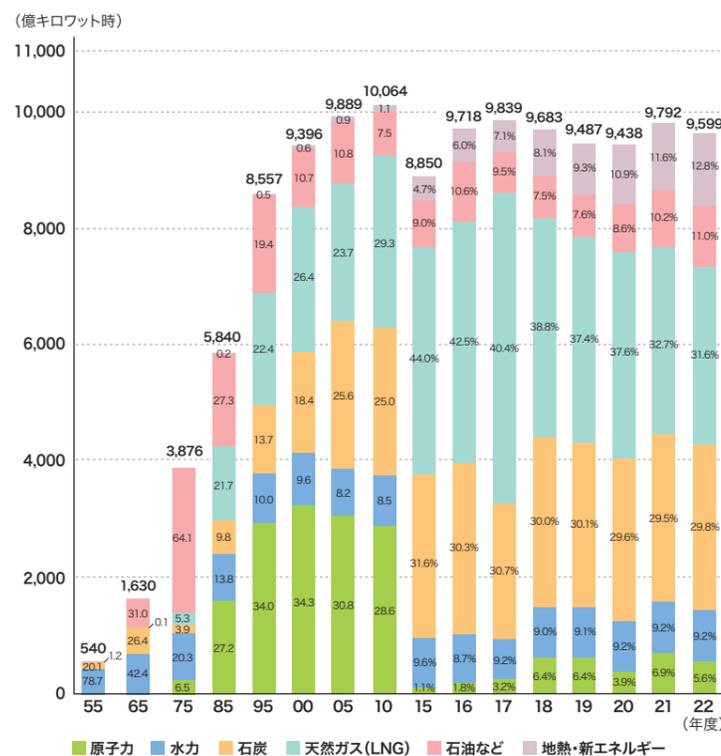


出典:資源エネルギー庁「令和4年度(2022年度)エネルギー需給実績(速報)」を基に作成

## エネルギー資源の多様性を確保しておくことが重要です。

エネルギー供給構造が弱い日本では、特定のエネルギーに依存せず、エネルギー資源の多様性を確保しておくことが重要です。日本は2度のオイルショックの経験から、省エネルギーに努めるとともに、原子力や石炭・天然ガスなど、石油に代わるエネルギーの開発・導入を進めてきました。エネルギー資源の多様性を確保する観点からも、原子力発電は必要な電源です。

### ●電源別発電電力量構成比の推移(一般電気事業用)



(注)1970年度までは9電力計、1975～2015年度は10電力計(受電を含む) 出典:電気事業連合会調べ 2016年度以降は10エリア計 出典:資源エネルギー庁「電力調査統計」を基に作成

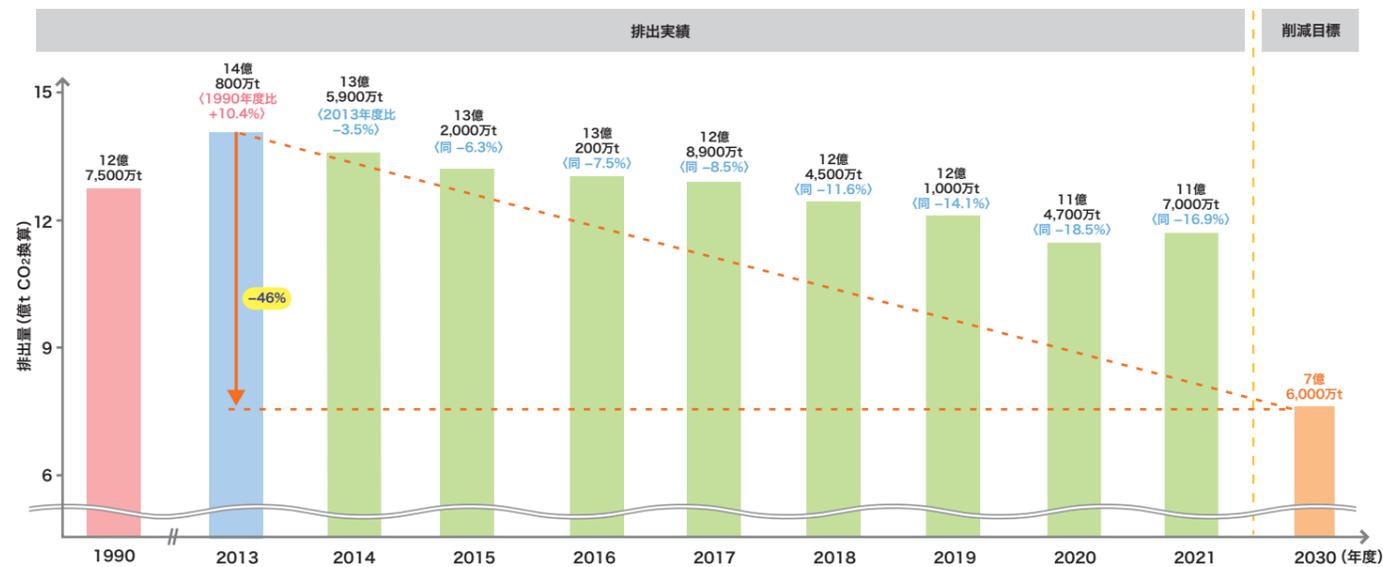
**A2** 原子力発電は発電する時にCO<sub>2</sub>(二酸化炭素)を排出しないため、地球温暖化防止の観点から優れた発電方法の一つです。

## 政府はCO<sub>2</sub>など温室効果ガスの排出量を2050年に実質ゼロとする目標を掲げました。

CO<sub>2</sub>などの温室効果ガスは、地球温暖化の原因といわれています。東日本大震災があった2011年以降は原子力発電所を停止し、火力発電所の焼き増しを行った結果、CO<sub>2</sub>排出量が増加傾向にあります。2013年度のCO<sub>2</sub>排出量は過去最高の14億800万トン。1990年度比では10.4%増にもなりました。しかしながら、日本はエネルギー消費大国として、温室効果ガス

削減に積極的に取り組んでいく必要があります。2020年10月には内閣総理大臣が所信表明演説において、「2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロとし、脱炭素社会の実現を目指す」と新たな目標を打ち出すとともに、2021年4月には「2030年度の温室効果ガス排出量の46%削減(2013年度比)を目指す」ことを宣言しました。

### ●日本の温室効果ガス排出量(2021年度確報値)と政府目標

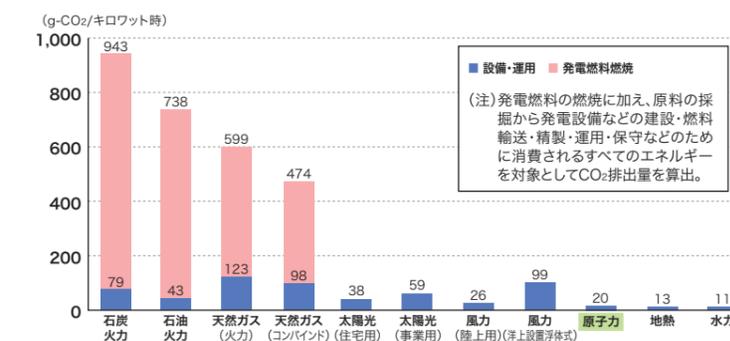


出典:環境省「2021年度(令和3年度)の温室効果ガス排出・吸収量(確報値)について」を基に作成

## 原子力発電は発電時にCO<sub>2</sub>を排出しません。

火力発電は石炭・石油・天然ガスなどの化石燃料を燃やし、その熱エネルギーを利用して発電をしているため、発電の過程でCO<sub>2</sub>を排出します。一方、原子力発電は、ウラン燃料が核分裂した時に発生する熱を利用して発電しているため、太陽光発電や風力発電と同じように、発電時にCO<sub>2</sub>を排出しません。原子力発電は地球温暖化防止の観点で、優れた発電方法の一つです。

### ●各種電源のCO<sub>2</sub>排出量



出典:電力中央研究所報告書「日本における発電技術のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量総合評価 2016年7月」を基に作成

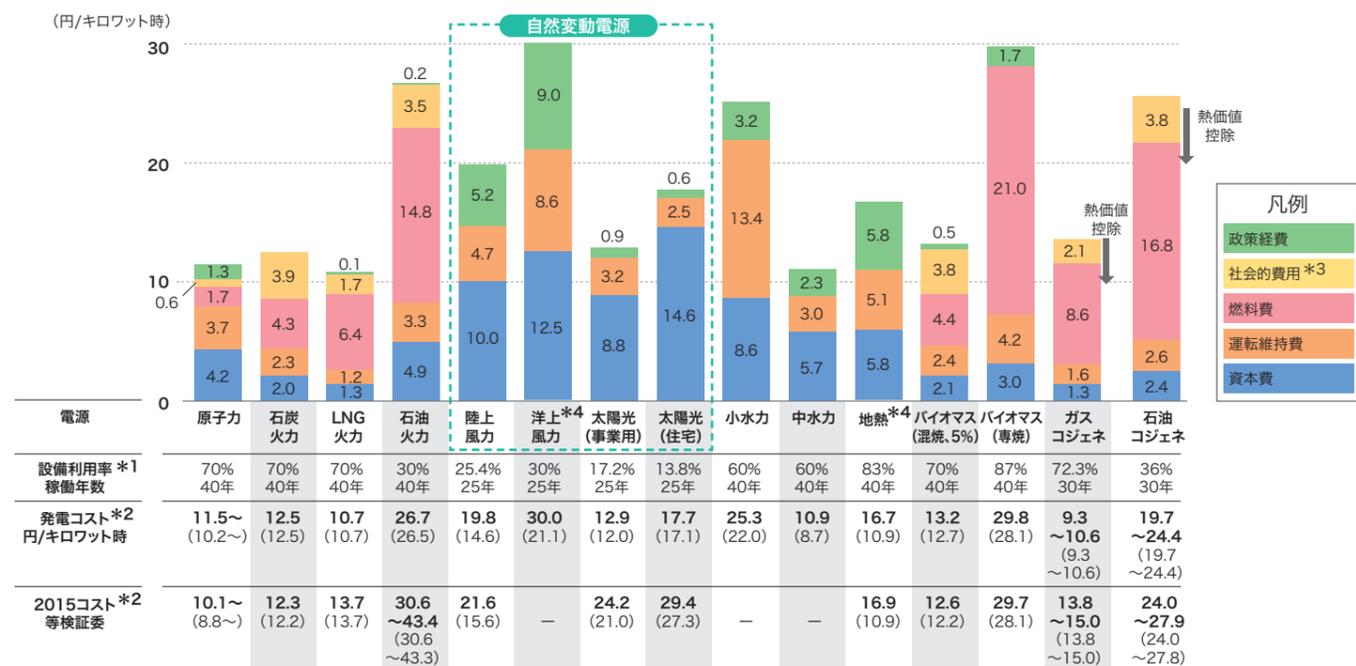
# A3 原子力発電はコストに占める燃料費の割合が小さいため、燃料費が高騰しても電気料金への影響を抑えることができます。

## 原子力発電の発電コストは、低廉で変動も少ない。

私たちの生活や経済活動に直結する電気料金。2021年の政府の試算によると、原子力の発電コストは11.5円～/キロワット時(2020年モデルプラント試算結果)で、低廉な水準です。これは発電に直接関係するコストだけでなく、廃炉費用・原子

燃料サイクル費用などのコスト、事故対応費用(損害賠償・除染含む)、電源立地交付金・技術開発などの政策経費といった社会的費用も織り込んで試算したものです。

### ●2020年モデルプラント試算結果概要



\*1 2015年試算での設備利用率は、陸上風力:20%、石油火力:30%・10%、太陽光(事業用):14%、太陽光(住宅):12%、ガスコジェネ:70%、石油コジェネ:40%  
 \*2 ( )内の数値は政策経費を除いた発電コスト。  
 \*3 社会的費用のうち事故リスク対応費用は、事故廃炉・賠償費用等が1兆円増えると0.01~0.03円/キロワット時増加する。  
 \*4 洋上風力、地熱については、その予算関連政策経費は今後の開発拡大のための予算が大部分であり、ほかの電源との比較が難しいが、ここでは、現在計画中のものを加えた発電量で関連予算を機械的に除した値を記載。

出典:発電コスト検証ワーキンググループ「基本政策分科会に対する発電コスト検証に関する報告」(2021年9月)を基に作成

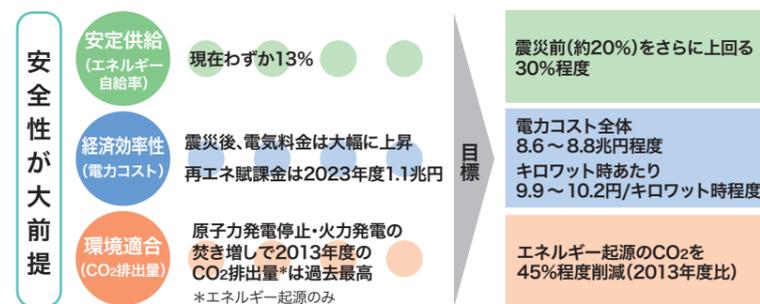
# A4 「S(安全性)の確保を大前提に3E(安定供給・経済効率性・環境適合)を同時に達成」するバランスのとれたエネルギーミックスを目指すためには、原子力発電を活用していくことが必要です。

## 「S(安全性)+3E(安定供給・経済効率性・環境適合)」の原則のもと、エネルギーミックスの確実な実現を目指す。

世界第5位のエネルギー消費大国である日本。しかしエネルギー資源のほとんどを海外からの輸入に頼っているため、エネルギーの「自給率」向上が求められています。さらに、私たちの生活や経済活動に直結する「電力コスト」、今や待ったなしの地球温暖化問題に対応する「温室効果ガス削減」も考える必要があります。そのためには特定のエネルギーに依存するのではなく、「S(安全性)+3E(安定供給・経済効率性・環境適合)」の観点から、バランスのとれたエネルギーミックスを目指すことが重要です。

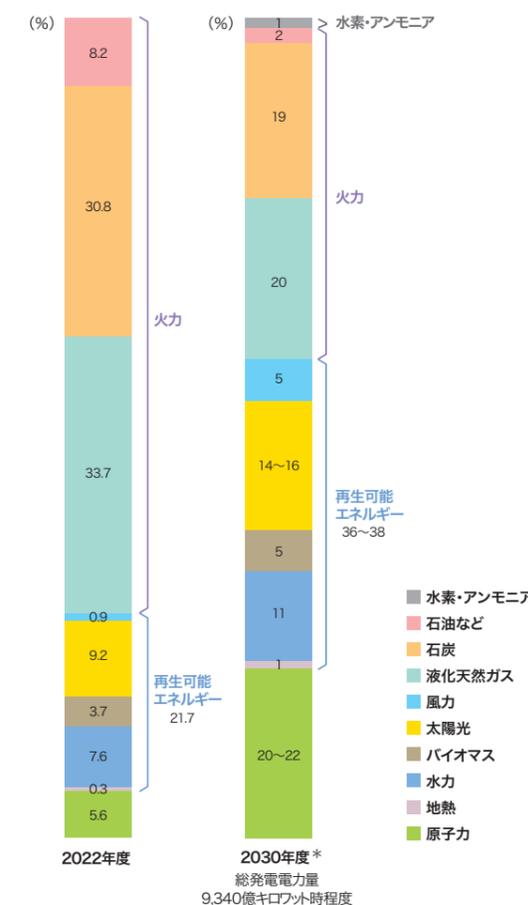
2021年10月に第6次エネルギー基本計画が閣議決定され、2030年度のエネルギー需要を満たす電源構成比が示されました。2023年2月に閣議決定された「GX実現に向けた基本方針」を踏まえ、4月には「今後の原子力政策の方向性と行動指針」が原子力関係閣僚会議で決定され、既設原子力発電所の最大限の活用が示されました。脱炭素のベースロード電源として重要な役割を担う原子力発電は、エネルギーミックスの実現には欠かせません。

### ●S+3Eについての政策目標



出典:第6次エネルギー基本計画(2021年10月)ほかを基に作成

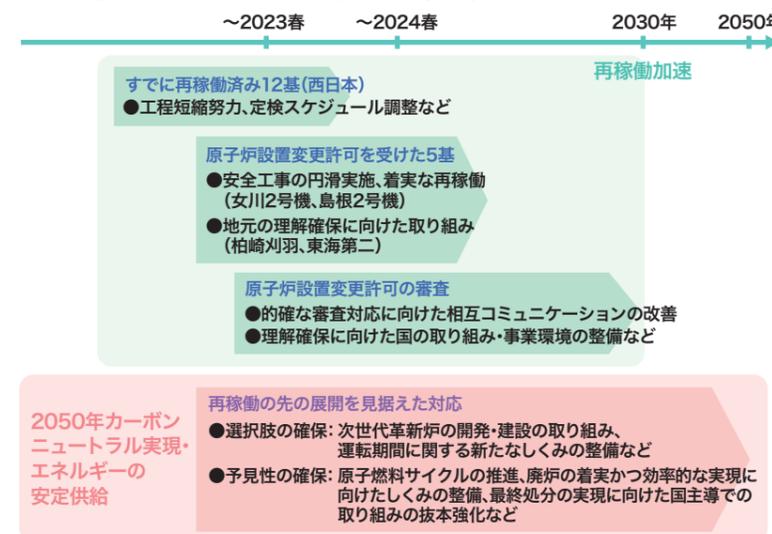
### ●電源構成比



\*第6次エネルギー基本計画(注)四捨五入の関係で割合の合計が100%にならないことがある。

出典:資源エネルギー庁「令和4年度(2022年度)エネルギー需給実績(速報)」を基に作成

### ●GX実現に向けた基本方針での原子力政策の今後の進め方



(注)基数は2024年1月現在

出典:経済産業省「GX実現に向けた基本方針参考資料」を基に作成

## One Step! 再生可能エネルギーのコスト

### ●固定価格買取制度導入後の賦課金などの推移



出典:資源エネルギー庁資料を基に作成

再生可能エネルギーの導入拡大に伴って、2012年度から始まった固定価格買取制度における賦課金は年々増加していましたが、2023年度は約1.1兆円と下落しました。これは急激な電力の市場価格の高騰を賦課金単価の算定に反映したためです。なお、標準的な家庭(月の電気使用量400キロワット時)で月間560円の負担となります。

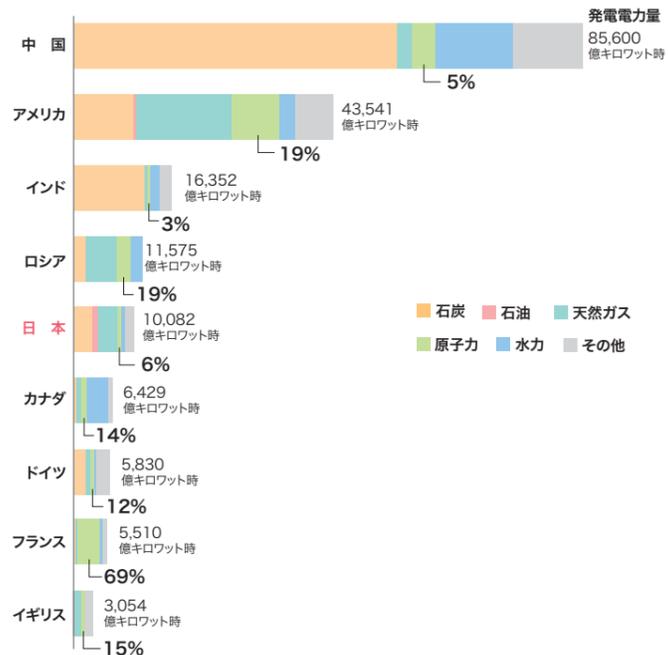
# 海外では原子力発電に どう取り組んでいるの？

**A** どの発電方法を優先するかは、国内のエネルギー資源の有無、地理・自然条件、経済情勢などにより異なります。近年はエネルギーの安定供給の観点から、原子力発電に取り組む国が増えています。

それぞれの国のエネルギー事情に応じて、発電方式の組み合わせが大きく異なります。

世界の発電電力量の約4割は、アメリカと中国で占められています。発電電力量が多いアメリカや中国は、大きな炭田があることから、発電に石炭を使う割合が高くなっています。カナダは水力資源に恵まれ、水力の割合が高くなっています。ロシアは天然ガスの産出量が多いため、その割合が高くなっています。ドイツは褐炭と石炭が豊富にあるため石炭火力の割合が高く、フランスは石油・石炭・天然ガスなどの資源が乏しいため原子力発電を進めています。インドは石炭火力が中心ですが、電力の安定供給などの点から原子力発電の開発も進めています。

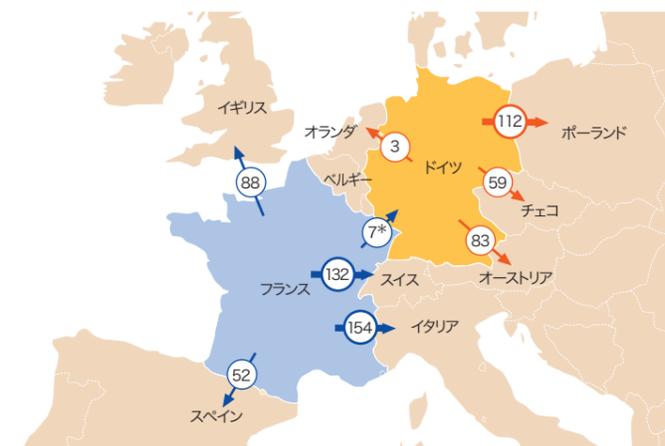
●主要国の発電電力量と原子力発電の割合(2021年、日本のみ2022年度)



ヨーロッパでは国を越えてエネルギーを確保し、「エネルギーミックス」を進めています。

ヨーロッパ諸国では、国境を越えた電力網・天然ガスのパイプライン網が張り巡らされ、電力・ガスの国際取引が行われています。たとえばフランスは、原子力発電所で発電した電力を、原子力発電ゼロのイタリアなど周辺の国々へ輸出しています。一方、ヨーロッパ最大のエネルギー消費国であるドイツは、フランスなどから電気を輸入しています。ヨーロッパ諸国は国を越えてエネルギーを確保することにより、ヨーロッパ全体で「エネルギーミックス」を進めています。これに対して日本は、エネルギー資源に乏しく、しかも島国であるため、エネルギーを確保するための環境はヨーロッパ諸国と大きく異なります。

●フランス・ドイツを中心とした電力の輸出入(2021年)



アジア諸国で原子力発電の導入が進み、原子力発電の利用は拡大しています。

2023年1月現在、世界では33カ国で431基の原子力発電所が運転中で、原子力は世界全体の電力供給量の約10%を占めています。特に急激な経済発展によりエネルギー需要が飛躍的に伸びているアジア諸国においては、原子力の導入が進められています。現在建設中の72基の原子力発電所のうち中国は24基、インドは11基となっています。なかでも中国は2021年に3基、2022年に2基が運転を開始し、運転中の原子

力発電所は53基となり、アメリカ、フランスに次いで世界3位です。さらにポーランドやウズベキスタンなどでも新規建設が計画されています。

電力会社は、今後新規に原子力発電を進める国へのノウハウの提供などを通じて、世界の原子力安全の確保に貢献していきます。

原子力発電の割合は、国によってさまざまです。

(基数は日本が2024年1月末現在、日本以外が2023年1月1日現在、発電電力量に占める原子力の割合は2021年、日本のみ2022年度の値)

国名	基数	建設・計画中	発電電力量に占める原子力の割合	記事
日本	33	11	6%	第6次エネルギー基本計画では、原子力を含めたエネルギーミックスのあり方について、原子力の割合を2030年度に20~22%とする長期エネルギー需給見通しが示されており、2023年2月に原子力発電の持続的な活用方策が示された。
アメリカ	92	2	19%	世界一の原子力大国。2基が建設中。2023年1月1日時点で建設中であったボーグル3号機は2023年7月に営業運転開始。
カナダ	19	1	14%	既存の原子炉を最大限有効に活用する方針。また、SMR(小型モジュール炉)建設計画を進めている。
フランス	56	1	69%	2050年までに6基が新設のほか、8基が建設に向けた調査を行う。
イギリス	9	4	15%	原子力の割合を25%に引き上げる方針を示し、2基が建設中、2基が計画を進めている。
ドイツ	3	0	12%	2023年4月に3基が閉鎖し、脱原子力が完了。
スウェーデン	6	0	31%	運転可能な原子炉を10基までに制限している法規定を撤廃し、原子炉建設を新たなサイトでも可能とした。
フィンランド	4	1	33%	原子力推進を堅持。1基が建設中。
ベルギー	6	0	51%	2035年までに原子炉6基がすべて閉鎖する方針。
スイス	4	0	31%	国民投票により既存の原子炉の運転継続が認められたが、新規建設、再処理は禁止。
イタリア	0	0	0%	国民投票により原子力撤退の方向。新規建設計画は凍結。
ロシア	34	23	19%	2045年までに原子力発電の割合を25%に上昇させる計画。
ウクライナ	15	2	55%	原子力の割合を2035年50%目標に原子力推進を堅持。2基が建設中。
中国	53	47	5%	原子力推進を継続。2022年に2基が新たに営業運転開始。
台湾	3	0	10%	既存の原子炉を40年の運転期限で閉鎖することで、2025年の脱原子力を決定。
韓国	25	3	26%	脱原子力の政策を転換し、2030年に原子力の割合を30%以上とする方針。セウルなど3基が建設中。
インド	22	23	3%	2031年までに21基が新設する方針。

出典:IEA「WORLD ENERGY BALANCES(2023 Edition)」  
日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向 2023」ほかを基に作成

# 原子力発電所で使い終わった燃料はどうなるの？

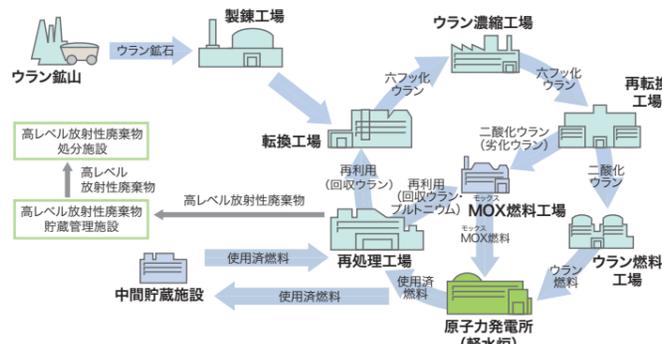
**A** 使用済燃料を再処理して取り出した、核分裂していないウランと、<sup>モックス</sup>原子炉内で生まれたプルトニウムを混ぜてMOX燃料\*をつくり、再び原子力発電所で利用します。これをプルサーマルといい、使用済燃料のリサイクルを進める有効な手段です。

<sup>モックス</sup>  
\*MOX燃料: Mixed Oxide Fuel(ウラン-プルトニウム混合酸化物燃料)

原子力発電所で使い終わった燃料は再処理することで再び燃料となります。

ウラン燃料は発電により3~5%程度しか消費されず、残りの95~97%程度は再利用できます。そこで原子力発電所で使い終わった燃料(使用済燃料)から消費されなかったウランと新しく生まれたプルトニウムを回収し、再び原子力発電所で使用するリサイクル計画を進めています。このウラン資源をリサイクルする流れを「原子燃料サイクル」といいます。

## ●軽水炉を中心とした原子燃料サイクル

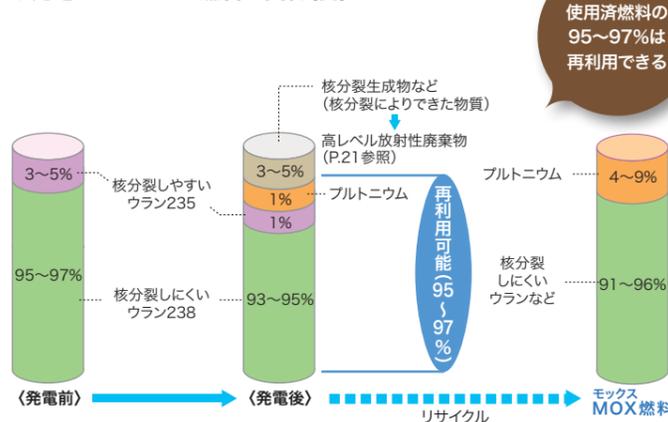


再処理した燃料は準国産のエネルギー資源。原子燃料サイクル事業を着実に進めています。

使用済燃料は再処理し、まだ使えるウランやプルトニウムを回収して利用すれば「準国産のエネルギー資源」になります。日本では日本原燃(株)が主体となり、青森県六ヶ所村において原子燃料サイクル事業を進めています。現在までに、ウラン濃縮工場(1992年3月)、低レベル放射性廃棄物埋設センター(1992年12月)、高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター(1995年4月)がそれぞれ操業を始めました。

再処理工場は新規規制基準への適合に関する対応を行っていましたが、2020年7月に許可を得て、2024年度上期のできるだけ早期のしゅん工を目指しています。また、プルサーマルの燃料を製造するMOX燃料工場は2020年12月に許可を得て、現在、2024年度上期のしゅん工に向けて、建設工事を進めています。

## ●発電によるウラン燃料の変化(例)



## ●原子燃料サイクル施設(青森県六ヶ所村)

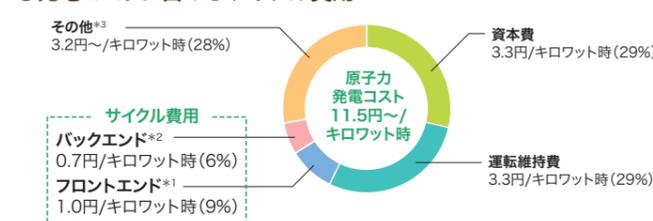


写真提供: 日本原燃(株)

再処理を施しても、発電コストへの影響はわずかです。

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、再処理や高レベル放射性廃棄物の処分にかかるサイクル費用は1.7円/キロワット時と試算されています。原子力の発電コスト11.5円~/キロワット時に占めるサイクル費用の割合は約15%と小さいため、再処理を実施しても発電コストへの影響はわずかです。

## ●発電コストに占めるサイクル費用



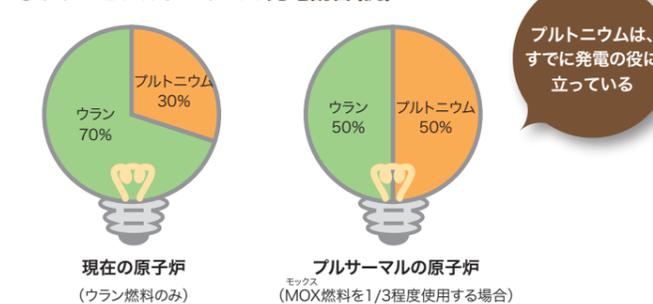
\*1 ウラン燃料、MOX燃料  
\*2 再処理、中間貯蔵、高レベル廃棄物など  
\*3 追加的安全対策費、政策費用、事故リスクへの対応費用  
(注) 使用済燃料の全量を適切な期間貯蔵しつつ再処理していく場合。稼働年数40年、設備利用率70%、割引率3%。各項目の比率は、四捨五入により合計が100にはならない。  
出典: 発電コスト検証ワーキンググループ「基本政策分科会に対する発電コスト検証に関する報告(2021年9月)」を基に作成

使用済燃料をリサイクルして再び発電所で使うことを、プルサーマルといいます。

使用済燃料を再処理して取り出した少量のプルトニウムと、ウランを混ぜてMOX燃料をつくり、現在の原子炉(軽水炉)で再利用することをプルサーマルといいます。

ウラン燃料だけを使っている原子力発電所でも、プルトニウムは発電の途中で生まれ、発電量の1/3程度を担っています。プルサーマルの安全性については、国の旧原子力安全委員会において、MOX燃料の割合が1/3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。原子力事業者は、再処理したプルトニウムを確実に利用するという、これまでの方針に基づき「プルサーマル計画」を策定しました。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すこととし、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。また、日本は利用目的のない余分なプルトニウムを持たないことを国際的に公約しているため、プルサーマルによるプルトニウムの平和利用は、世界との約束を守ることにもなります。

## ●ウランとプルトニウムの発電割合(例)



大間原子力発電所は、すべてMOX燃料<sup>モックス</sup>を利用する発電を目指しています。

今ある原子力発電所でプルサーマルを導入する際、MOX燃料の割合を1/3程度までに行っているのに対し、建設中の電源開発(株)大間原子力発電所は、プルサーマル計画の一環として、全炉心でのMOX燃料<sup>モックス</sup>利用による発電を目指しています。これは、資源が乏しい日本が将来にわたりエネルギーを安定的に確保し、電力を安定的に供給する国策に沿って計画されたプロジェクトです。

使用済燃料の中間貯蔵施設や乾式貯蔵施設の建設・活用を進めています。

中間貯蔵施設や乾式貯蔵施設は使用済燃料を再処理するまでの間、金属製の容器(キャスク)に入れて、安全に貯蔵・保管する施設です。

使用済燃料を中間貯蔵することは、再処理するまでの間の時間的な調整を可能にするため、原子燃料サイクル全体の運営に柔軟性を持たせる手段として有効であると考えています。2015年11月には「使用済燃料対策推進連絡協議会」を設置し、使用済燃料貯蔵能力拡大に向けて、事業者全体で共同での研究開発、理解活動の強化、中間貯蔵施設などの建設・活用の促進に向けた検討を実施しています。

## ●青森県むつ市のリサイクル燃料備蓄センター(貯蔵建屋)



写真提供: リサイクル燃料貯蔵(株)

高速炉はウラン資源の利用効率を高めます。

高速炉は、高速の中性子を使うことで、軽水炉に比べてウラン資源の利用効率を高めることができます。また、増殖炉として使用すれば、燃焼を上回るプルトニウムを生み出す(増殖する)ことができます。

日本のエネルギー自給率13%という事情を踏まえると、長期にわたるエネルギー確保の観点から、高速炉サイクルは有力な選択肢の一つであり、高速炉の実現に向けて開発を継続する必要があります。

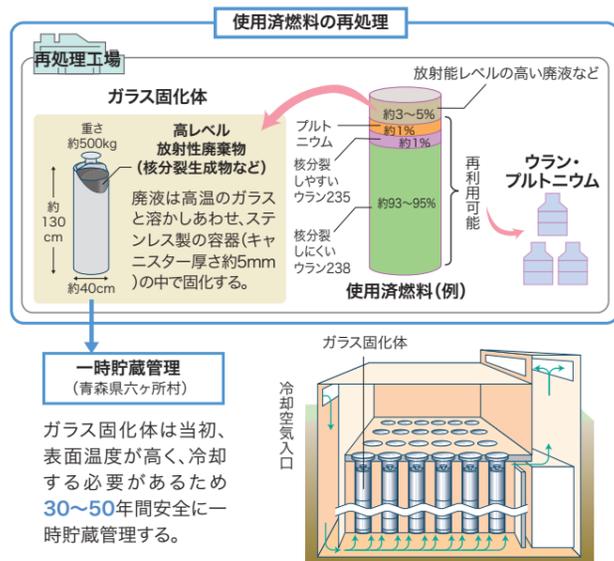
# 高レベル放射性廃棄物は どう処分するの？

**A** 高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)は、  
地下300mより深い安定した岩盤に埋設し、処分する計画です。

使用済燃料を再処理して分別した廃液は、  
ガラスと溶かしあわせてガラス固化体にします。

使用済燃料から、再利用できるウランやプルトニウムを回収すると、放射能レベルの高い廃液が残ります。この廃液を高温のガラスと溶かしあわせ、ステンレス製の容器(キャニスター)に流し込んで固めたものを「ガラス固化体(高レベル放射性廃棄物)」といいます。ガラスは水に溶けにくく、化学的に安定しているため、放射性物質を長期間閉じ込めることに優れています。ガラス固化体は、青森県六ヶ所村の貯蔵施設で、最終的な処分に向けて搬出されるまでの30~50年間冷却・貯蔵します。

## ●高レベル放射性廃棄物の処理・処分方法



## ●高レベル放射性廃棄物の減容・有害度の低減

比較項目	技術オプション	直接処分	再処理	
			軽水炉	高速炉
発生体積比*1		1	約4分の1に減容化 約0.22	約0.15
潜在的有害度*2	天然ウラン並になるまでの期間*3	約10万年	約12分の1に低減 約8千年	約300年
	1000年後の有害度*3	1	約0.12	約0.004

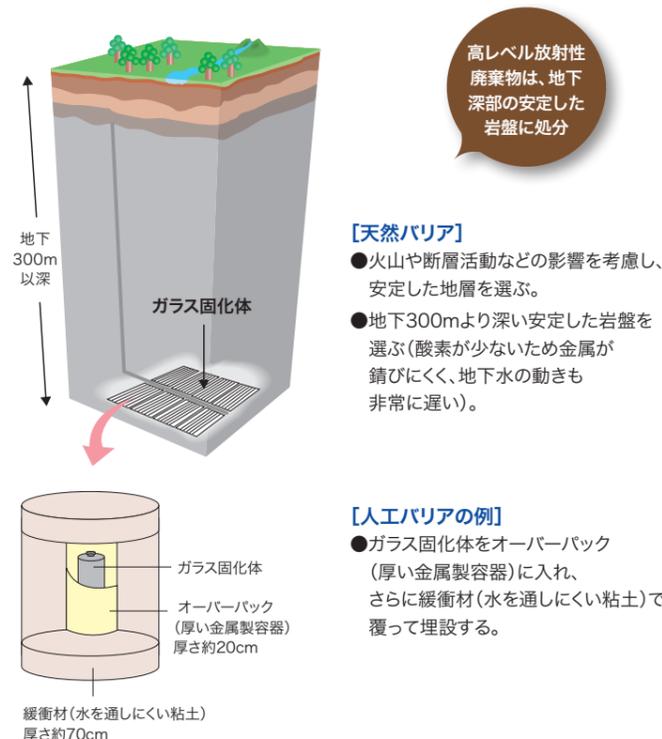
\*1 数字は原子力機構概算例 直接処分時のキャニスターを1としたときの相対値を示す。  
\*2 潜在的有害度:人が人体に放射性物質を取り込んだと仮定した潜在的有害度。  
\*3 出典:原子力政策大綱 上欄は1GWyを発電するために必要な天然ウラン量の潜在的有害度と等しくなる期間を示し、下欄は直接処分時を1としたときの相対値を示す。

出典:経済産業省 資源エネルギー庁 資料などを基に作成

## ●高レベル放射性廃棄物は、地層処分します。

ガラス固化体は30~50年間冷却した後、地下300mより深い安定した岩盤に「地層処分」します。「天然バリア」である地層と「人工バリア」である金属や粘土を組み合わせた「多重バリアシステム」により、数万年以上にわたって放射性物質を私たちの生活環境から隔離することができます。

## ●高レベル放射性廃棄物の地層処分



## ●地層処分が国際的に共通した考え方です。

ガラス固化体(高レベル放射性廃棄物)は放射能(放射線を出す能力)が高く、人体に影響のないレベルに弱まるまでに数万年以上かかります。このため、人間の管理に頼らない処分方法が必

要となります。技術的な観点から、放射能レベルが高い廃棄物を人間の生活環境から長期にわたって隔離する最も確実な方法として、「地層処分」が国際的に共通した考え方になっています。

## ●各国の地層処分

(2024年1月末現在)

国名	廃棄物形態*	実施主体	処分地	操業予定	状況
フィンランド	使用済燃料	ポシヴァ社	オルキオ	2020年代	・1983年よりサイト選定開始 ・2001年に議会承認により処分地が決定 ・2012年に建設許可申請、2016年に建設開始 ・2021年12月に操業許可を申請
スウェーデン	使用済燃料	スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社(SKB社)	フォルスマルク	2030年代後半	・1992年よりサイト選定開始 ・2011年に立地・建設の許可申請 ・2020年に処分地自治体議会が使用済燃料処分場の受け入れを議決 ・2022年1月に政府は使用済燃料最終処分場の建設を許可
フランス	ガラス固化体	放射性廃棄物管理機関(ANDRA)	ビュール地下研究所の近傍	2035~2040年頃	・1999年にビュールへの地下研究所の建設・操業を許可 ・2023年1月に処分場の設置許可を申請
アメリカ	使用済燃料 ガラス固化体	エネルギー省(DOE)	ユッカマウンテン	2048年	・2017年の政権交代によりユッカマウンテン計画継続の方針
日本	ガラス固化体	原子力発電環境整備機構*2(NUMO)	未定	未定	・2002年にNUMOが文献調査を行う区域の公募を開始 ・2015年に国が新たな基本方針を閣議決定 ・2017年に国が科学的特性マップを公表 ・2020年に北海道の寿都町と神恵内村において文献調査を開始

\*1 使用済燃料の処分方法には、「再処理」して使えない高レベル放射性廃棄物だけを処分する方法と、そのまま使用済燃料の全量を処分する「直接処分」の二つの方法があります。再処理した場合は直接処分と比べると、高レベル放射性廃棄物を1/4に減量でき、処分場の面積も1/2~1/3に縮小できます。

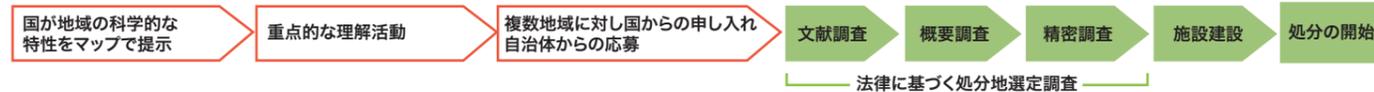
\*2 経済産業大臣の認可法人

出典: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」(2023年版)などを基に作成

## ●処分事業の流れ

処分地の選定は「国からの申し入れ」や「自治体からの応募」を受けて「文献調査」、「概要調査(ボーリング調査)」、「精密調査(地下施設での調査・試験)」の三つのプロセスを経て行われます。2020年10月、北海道の寿都町と神恵内村は、町村内での説明会や意見聴取などを経て、「文献調査」への応募、申し入れ受諾を行いました。これを受け、NUMOは、同年11月より両町村において文献調査を行い、2024年1月に公表された報告書

案では次の「概要調査」の候補地が示されました。しかし、調査の各段階で、知事および市町村長の同意が得られない場合、次の段階に進むことはありません。なお、将来の方々がその方法を常に見直せるように、可逆性\*1・回収可能性\*2が適切に担保されます。原子力発電を行う電力会社は、高レベル放射性廃棄物の発生者として責任を果たしていくため、国とNUMOと連携し、よりいっそう最終処分にかかわる理解活動に取り組みます。



\*1 可逆性:処分プロセスを元に戻せること。 \*2 回収可能性:高レベル放射性廃棄物が回収可能な技術を持すること。

## ●深地層研究が進められています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構により、幌延深地層研究センター(北海道幌延町)において、地層処分技術や深地層に関する研究開発が進められています。地下に坑道を掘った研究施設では、地下水や岩盤の様子を調べる技術開発のほか、坑道周辺の地層や地震の影響など長期的な変化も調べています。なお、瑞浪超深地層研究所(岐阜県瑞浪市)は、計画に示された研究課題に関する成果を上げ、2019年度をもって研究開発を終了し、2021年12月に坑道の埋め戻しが終了しました。

## ●幌延深地層研究センター(北海道幌延町)



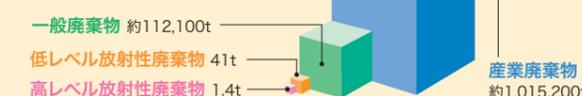
写真提供:国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

## One Step! more

## 放射性廃棄物の発生量

一般廃棄物と産業廃棄物の発生量の合計は、国民1人当たり年間約3.3tです。それに対して、放射性廃棄物の発生量は、国民1人当たり年間123g程度、そのうち高レベル放射性廃棄物は4g程度です。

## ●日本で1日に発生する廃棄物の量



出典:環境省「一般廃棄物の排出及び処理状況等(令和3年度)について」、「産業廃棄物排出・処理状況調査報告書 令和3年度速報値」ほかを基に作成

# 原子力発電所は 運転を終了したらどうするの？

**A** 運転を終了した原子力発電所は、原子炉から燃料を取り出し、最終的に解体・撤去します。解体廃棄物の大部分は放射性廃棄物として扱う必要がなく、資源の有効利用の観点からリサイクルしていきます。

**廃止措置に当たり、原子力規制委員会に計画の認可を受ける必要があります。**

電力会社は原子炉を廃止しようとする際、原子炉施設の解体、核燃料物質の搬出、汚染の除去、廃棄物の管理などの措置を講じなければなりません。原子力規制委員会は、その廃止措置計画が法令で定める基準に適合しているかどうかを審査し、認可

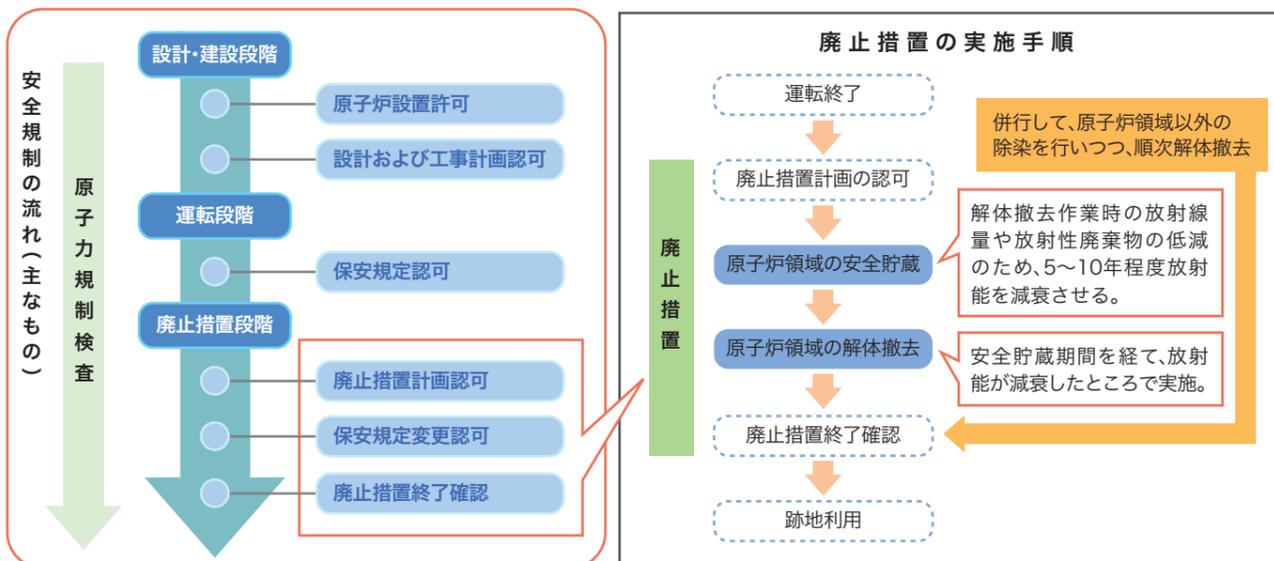
を行います。廃止措置終了後、その結果が法令で定める基準に適合しているかどうか、原子力規制委員会の確認を受けます。この終了確認を受けると、法律上という「原子力発電所(原子炉施設)」ではなくなります。

**廃止措置工事中は原子力規制委員会の検査を受け、安全性の向上に取り組めます。**

原子炉の運転中に安全確保のために要求される主な機能が「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」であるのに対し、廃止措置段階においては、施設内の放射性物質の「閉じ込め」や放射線の遮へいが安全確保のため要求される主な機能となります。

具体的には、  
 (1) 解体中における保安のために必要な原子炉施設の適切な維持管理の方法  
 (2) 一般公衆および放射線業務従事者の放射線被ばくの低減策  
 (3) 放射性廃棄物の処理などの方法  
 を中心に、廃止措置工事中の安全確保に努めています。

**●廃止措置段階の安全規制**



出典:原子力規制委員会ホームページを基に作成

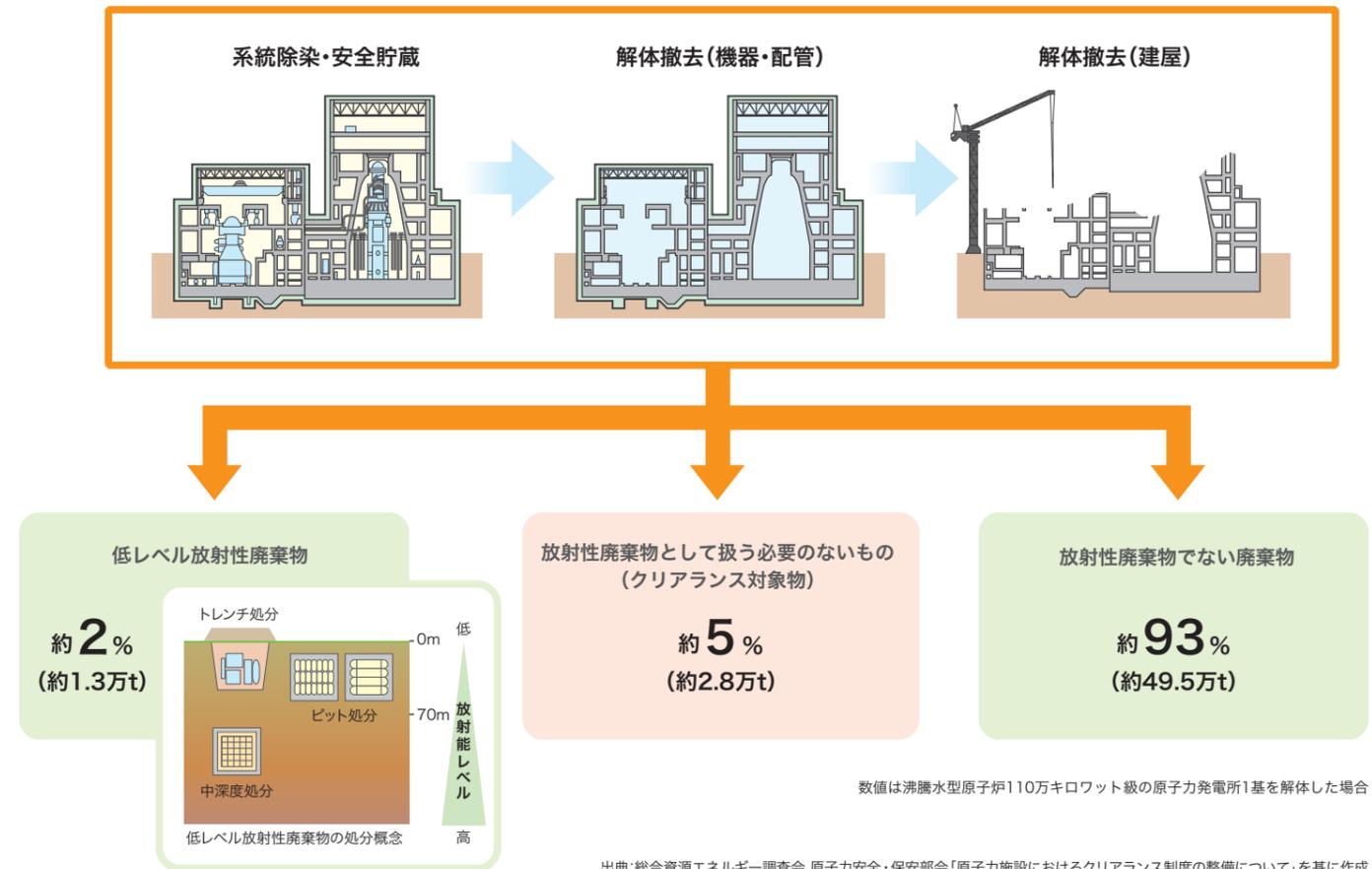
**解体廃棄物の大部分は放射性廃棄物として扱う必要がなく、リサイクルしていきます。**

運転を終了した原子力発電所は安全を確認しつつ解体撤去し、跡地は再利用します。放射性廃棄物以外の廃棄物は普通の廃棄物と同様に、資源としての再利用や処分ができます。沸騰水型原子炉110万キロワット級の発電所1基を解体すると、約54万tのコンクリートや金属の廃棄物が発生します。その大部分は、放射性物質に汚染されていないか、ごくわずかの放射性物質しか含まないもの(クリアランスレベル\*以下のもの)です。これらは「放射性廃棄物として扱うべきもの」から安全に区

分し、再利用や適正に処分していくことで、日本が目指す循環型社会に貢献することができます。一部の放射性廃棄物(低レベル放射性廃棄物)は廃棄する必要がありますが、その放射能レベルに応じた処分について、国で規制整備が進められています。

\*原子力発電所から出てくる解体廃棄物が、どのような使われ方をしても、またどのように廃棄されたとしても、人の健康への影響を無視することができる年間0.01ミリシーベルトの線量となるレベル。

**●廃止措置のステップ**



数値は沸騰水型原子炉110万キロワット級の原子力発電所1基を解体した場合

出典:総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会「原子力施設におけるクリアランス制度の整備について」を基に作成

**クリアランス金属を再利用しています。**

現在、日本では18基の原子力発電所が廃止措置工事に着手しています\*。日本原子力発電(株)東海発電所(茨城県東海村)などでは、廃止措置工事中から出た金属などをクリアランス制度により再利用しており、そのほかの原子力発電所の廃止措置工事中から発生する金属なども、同様に再利用を行っていきます。

\*2024年1月末現在。福島第一原子力発電所を除く。

**●再利用の例**



写真提供:日本原子力発電(株)

# 原子力発電のしくみは どうなっているの？

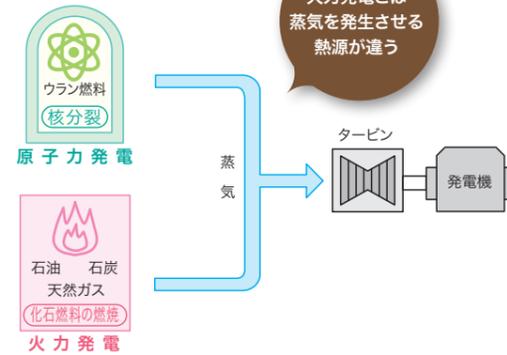
A

原子力発電は、ウランを核分裂させて得た熱エネルギーで水を沸かし、その蒸気力で蒸気タービンを回転させて電気をつくります。

原子力発電は、ウランが核分裂する時に発生する熱を利用します。

原子力発電も火力発電も、蒸気でタービンを回して発電するという点では同じですが、蒸気のでき方が異なります。火力発電は石炭・石油・天然ガスなどを燃やして蒸気をつくりますが、原子力発電はウランが核分裂する時に発生する熱を利用して蒸気をつくります。

### ●原子力発電と火力発電の違い

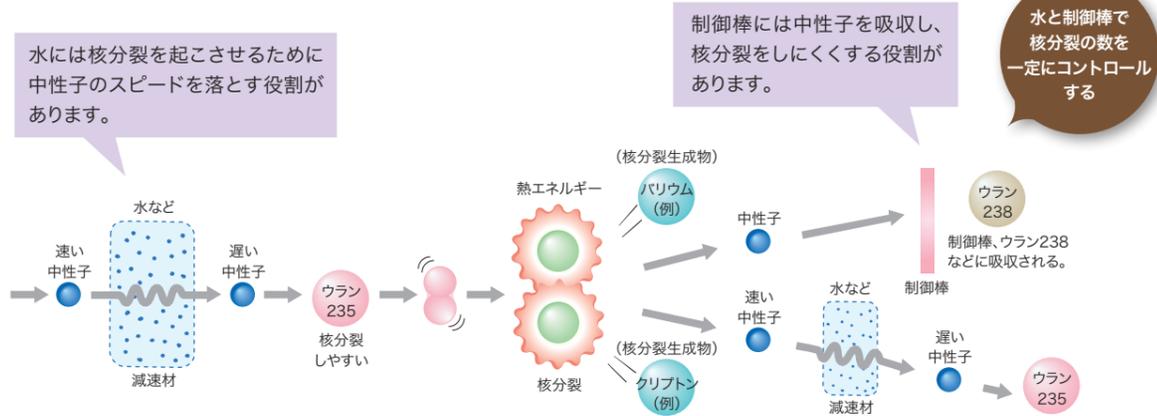


原子力発電所は、核分裂の数を一定に保って運転しています。

ウランには核分裂しやすいものと、しにくいものがあります。核分裂しやすいウランが中性子を吸収すると核分裂反応が起こり、熱エネルギーと新たな中性子を放出します。この中性子が次々と核分裂しやすいウランに吸収されると、核分裂反応が連

続して起こります(連鎖臨界反応)。原子力発電所では水と制御棒で中性子をコントロールして、核分裂の数を一定に保って運転しています。

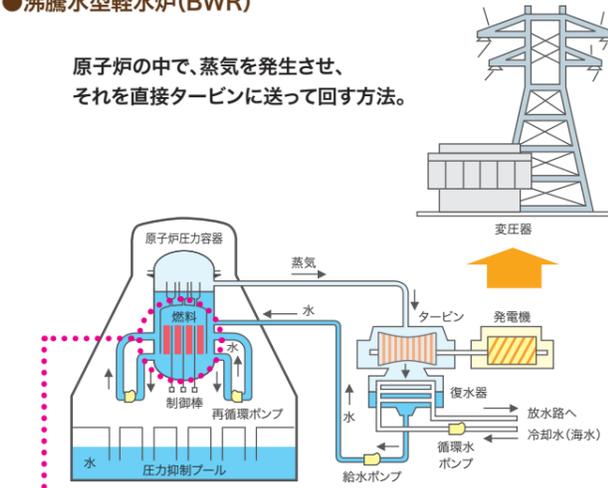
### ●核分裂のしくみ



日本で使用している発電用原子炉は「軽水炉」です。沸騰水型(BWR)と加圧水型(PWR)の2種類があります。

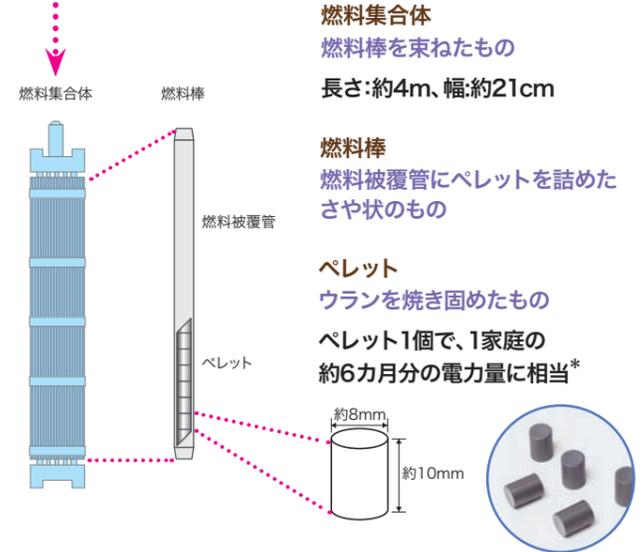
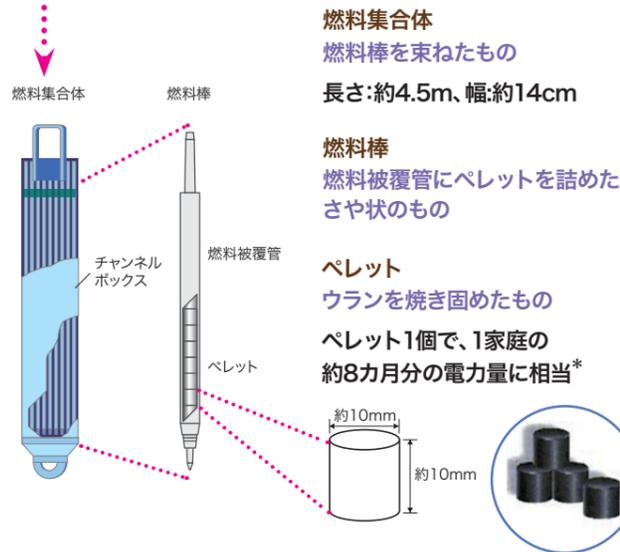
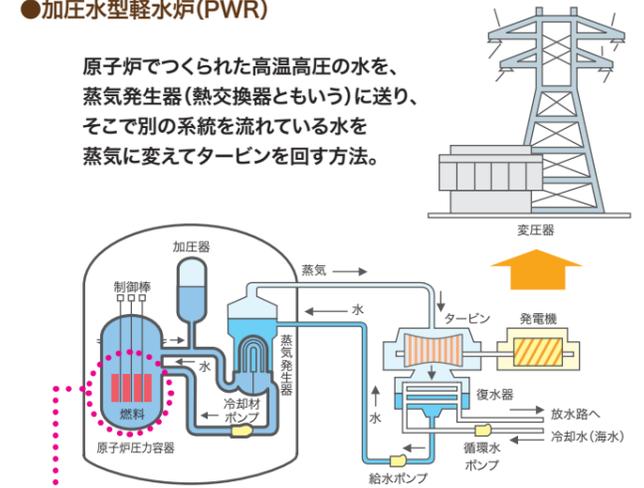
### ●沸騰水型軽水炉(BWR)

原子炉の中で、蒸気が発生させ、それを直接タービンに送って回す方法。



### ●加圧水型軽水炉(PWR)

原子炉でつくられた高温高圧の水を、蒸気発生器(熱交換器ともいう)に送り、そこで別の系統を流れている水を蒸気に変えてタービンを回す方法。

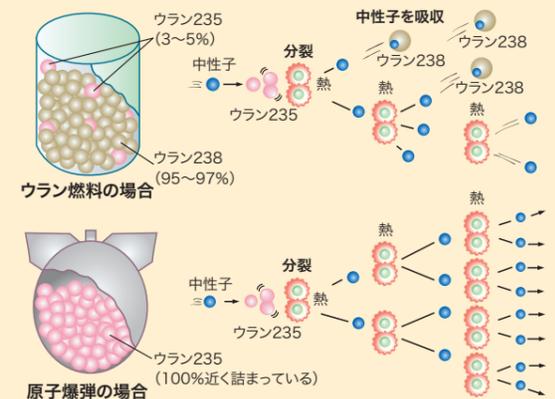


\*一般家庭が1カ月で使う電力量を300キロワット時として算出。

One more Step!

### 原子爆弾とウラン燃料は違う！

原子爆弾は、核分裂しやすいウラン235の割合を100%近くまで濃縮して瞬時に核分裂連鎖反応を引き起こし、大量のエネルギーを一気に発生させるものです。一方、原子力発電で使うウラン燃料は、ウラン235が3~5%しか含まれておらず、3~4年かけてじわじわと核分裂させて少しずつエネルギーを出し続けます。この燃料は一気に核分裂させようとしても、核分裂しにくいウラン238が中性子を吸収して、核分裂連鎖反応の増大を抑える働きをします。したがって、ウラン燃料は原子爆弾のように爆発することはありません。



# 原子力発電所や再処理工場からは放射線や放射性物質が出ているの？

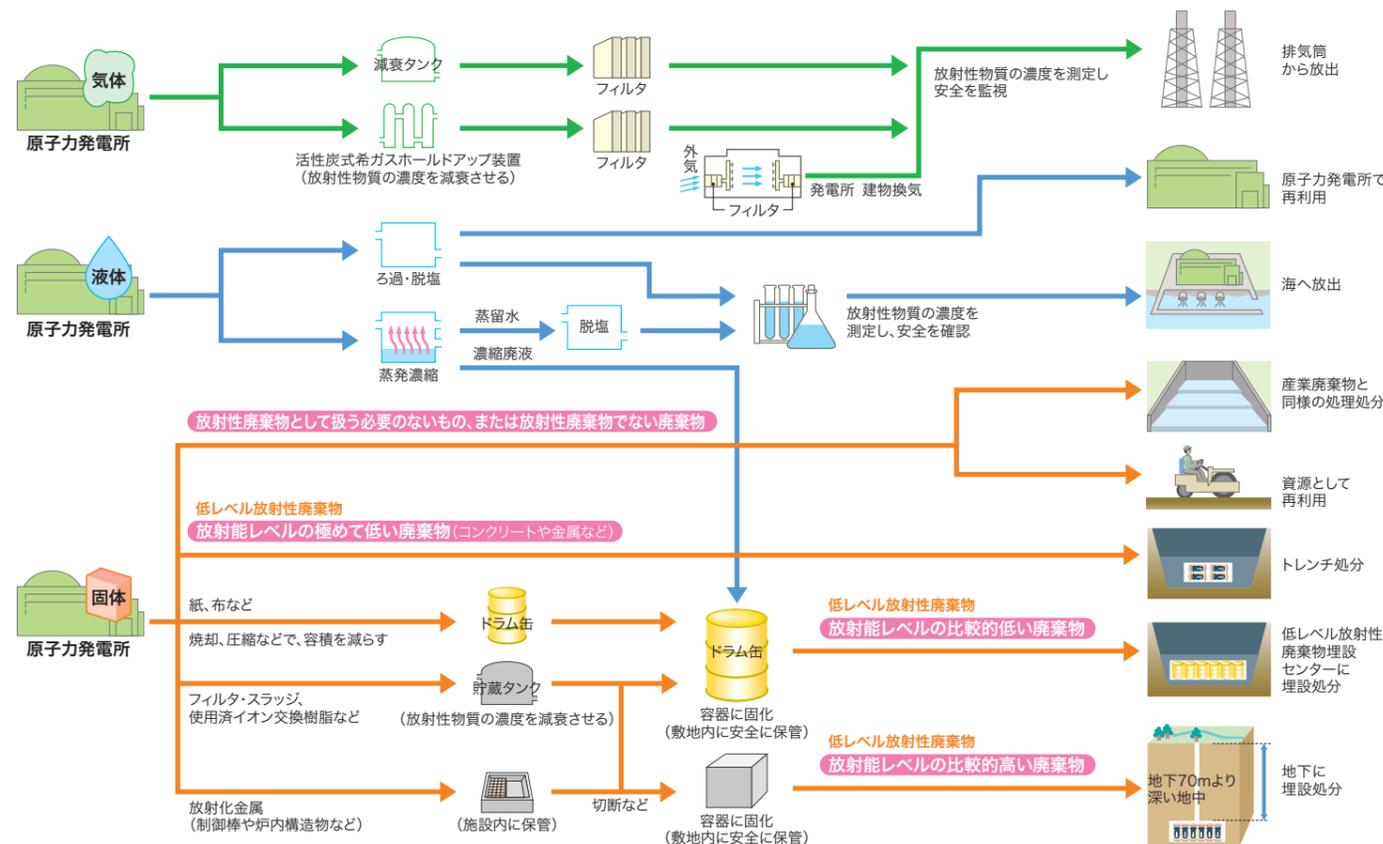
**A** 原子力発電所や再処理工場からは、通常運転時でも放射性物質が出ています。しかし、それにより受ける放射線の量は、自然界から受ける放射線の量より少なく、人体に影響はありません。

原子力発電所や再処理工場から出る放射線の量は、法令で定められた値を十分下回るよう施設を設計し、管理しています。

原子力発電所や再処理工場から出る放射線の量や放射性物質の濃度は、事業所境界において年間1ミリシーベルト以下になるように法令で定められています。原子力発電所では、周辺住民が受ける放射線の量をできるだけ減らすために線量目標値を年間0.05ミリシーベルトとして設計(再処理工場では線量目標値を参考に設計)し、さらに

低くなるように管理を行っています。これは、私たちが自然界から受ける放射線(日本平均で年間約2.1ミリシーベルト)や、東京～ニューヨーク間を飛行機で往復した際に受ける放射線(往復で約0.1～0.2ミリシーベルト)より少なく、人体に影響はありません。

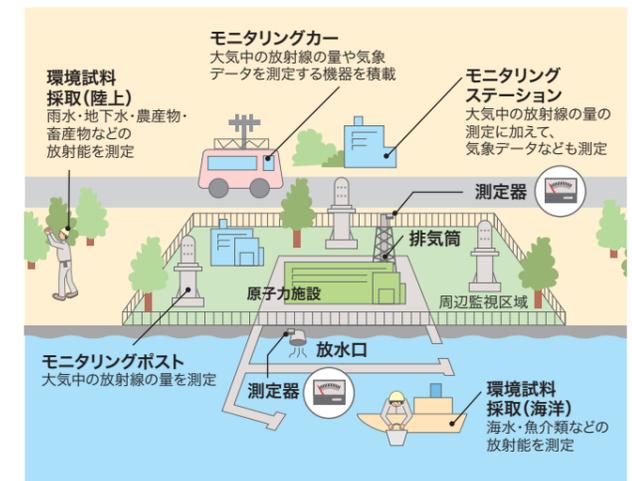
## ●原子力発電所から出る廃棄物の処理・処分方法



原子力発電所や再処理工場の周りでは、放射線の量や放射性物質の濃度を測定し、監視しています。

原子力発電所や再処理工場では、施設から放出される排気・排水に含まれる放射性物質の濃度を測定しています。また、それらが周辺環境に与える影響を監視するため、敷地周辺ではモニタリングポストやモニタリングステーションで大気中の放射線の量を24時間監視し、ホームページなどでリアルタイムに情報を公開しています。さらに、敷地周辺の雨水・地下水・農産物・牛乳などの畜産物・海水・魚介類などの環境試料を定期的に採取して、その中に含まれる放射性物質の濃度を測定することで、周辺住民などへの影響評価を行っています。このように原子力施設周辺の放射線の量や放射性物質の濃度を測定・評価することを、環境放射線モニタリングといいます。原子力施設がある自治体も環境放射線モニタリングを行っており、測定結果を定期的に評価し、ホームページなどで公表しています。

## ●原子力施設周辺の環境放射線モニタリング



## 放射線の基礎

### 放射線・放射能・放射性物質は違います。

「放射線」は、放射性物質から放出される粒子や電磁波のことです。放射線を出す能力を「放射能」、放射線を出す物を「放射性物質」といいます。懐中電灯にたとえると、放射線は光、放射能は光を出す能力、放射性物質は懐中電灯となります。

#### ●放射線を懐中電灯から出る光にたとえてみると



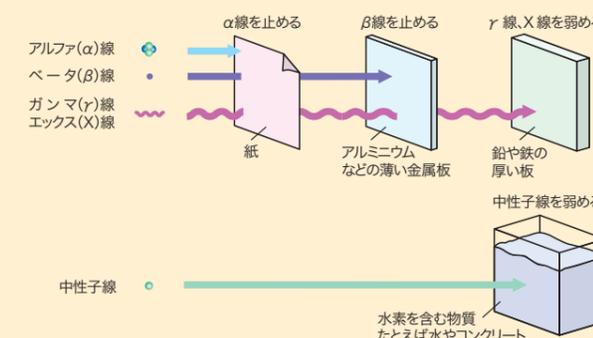
#### ●放射線・放射能の単位

ベクレル(Bq)	放射能の単位	放射性物質が、放射線を出す能力を表す単位
シーベルト(Sv)	人体への影響の単位	放射線により、身体が受けた影響を表す単位
1シーベルト=1,000ミリシーベルト=1,000,000マイクロシーベルト		
グレイ(Gy)	放射線量の単位	放射線を受けた物質が吸収する放射線量の単位

### 放射線はさえぎることができます。

紫外線は電磁波の一種で放射線の仲間です。屋外でサングラスをかけると紫外線をさえぎることができるのと同様に、ほかの放射線もいろいろな物質でさえぎることができます。大量に放射線を受ける恐れが発生した時は、放射線をさえぎることで受ける量を減らして身を守ります。

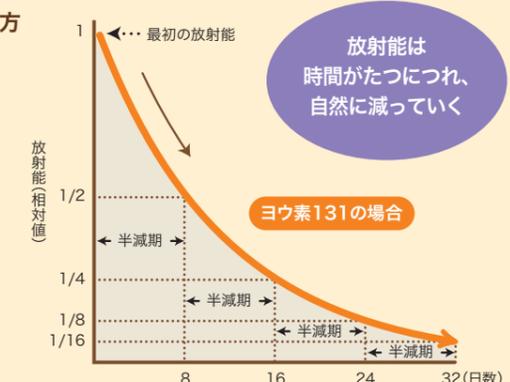
#### ●放射線の種類と透過力



### 放射能は時間とともに、だんだん減っていきます。

放射性物質は放射線を放出しながら、時間の経過とともに放射線を放出しない安定した物質になっていきます。したがって、放射性物質はだんだん放射能が減っていきます。放射能が半分になる時間を「半減期」といいます。たとえば、ヨウ素131は半減期が約8日なので、放射能は約8日で最初の半分に減少します。

#### ●放射能の減り方



# 放射線や放射性物質は どんな所にあるの？

**A** 私たちは日常生活の中で、  
自然界からの放射線を受けています。  
私たちの身体の中にも放射性物質があります。

私たちは毎日の暮らしの中で、いろいろな放射線を受けています。

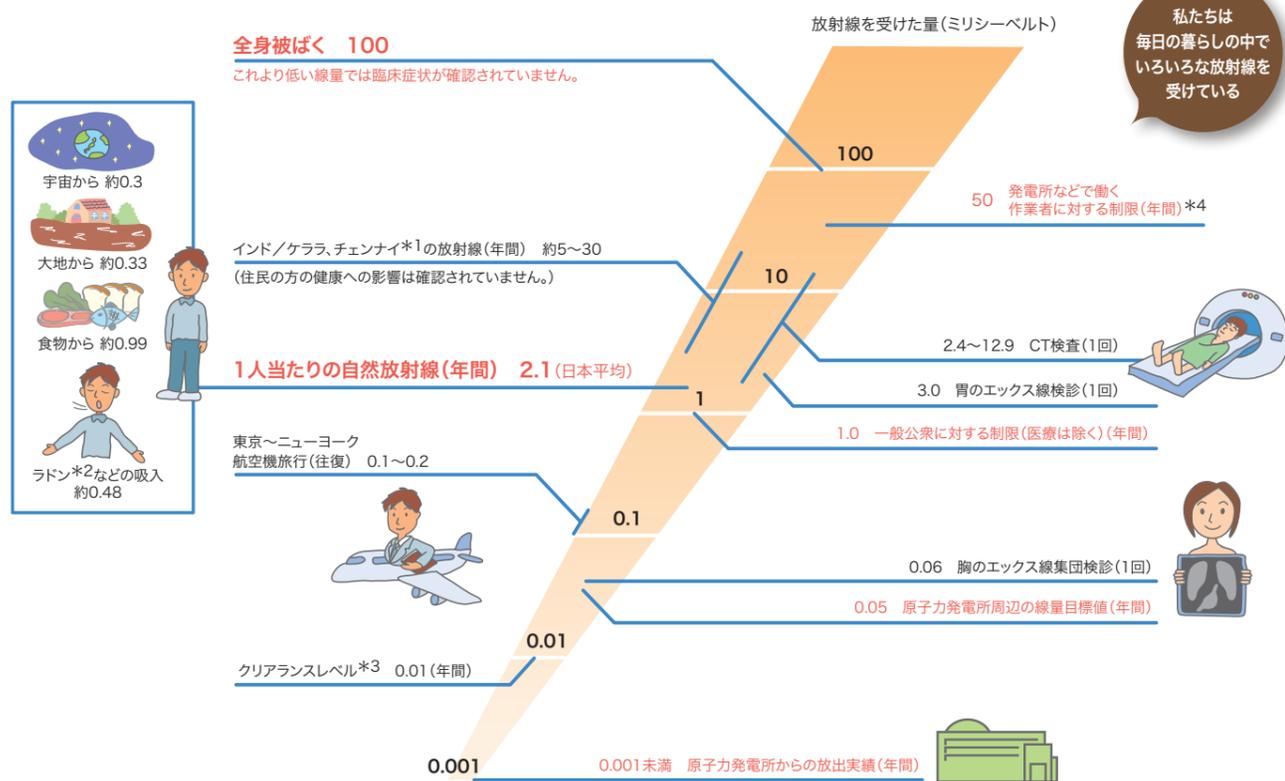
## 自然界から受ける放射線

私たちは大地や宇宙、食べ物や呼吸によって放射線を受けています。自然界から受ける放射線の量は、1人当たり年間約2.1ミリシーベルト(日本平均)です。

## 医療目的で受ける放射線

私たちは医療放射線を中心とした人工放射線を受けることもあります。たとえば、エックス線コンピュータ断層撮影(CTスキャン)検査は1回で約2.4~12.9ミリシーベルト、胃のエックス線検診は1回で約3.0ミリシーベルトです。日本では1人当たり平均で年間約2.6ミリシーベルトの医療放射線を受けています。

## ●放射線を受ける量の比較



\*1 南インド、タミル・ナドゥ州の都市。  
\*2 空気中に存在する天然の放射性物質。  
\*3 自然界の放射線レベルと比較して十分小さく、安全上放射性物質として扱う必要のない放射線の量。  
\*4 発電所などで働く作業員に対する制限は5年間につき100ミリシーベルトかつ1年間につき50ミリシーベルトを超えない。

出典: UNSCEAR 2008 report,  
(公財)原子力安全研究協会「生活環境放射線(国民線量の算定)第3版」ほかを基に作成

私たちは食物からも放射性物質を取り込んでいます。

私たちは食物に含まれる放射性物質からも放射線を受けています。主な放射性物質はカリウム40・炭素14などで、すべて自然に存在するものです。カリウムは、私たちの健康を保つために必要不可欠な元素の一つで、いろいろな食品に含まれています。

私たちは食物を通して約4,000ベクレルのカリウム40を体内

に取り込み、その放射性物質から年間約0.2ミリシーベルトの放射線を受けています。

しかし、こうした食物を通して取り込まれた放射性物質は時間とともにだんだん少なくなっていく上に新陳代謝されるため、体内でほぼ一定の割合に保たれ、それ以上増えることはありません。

## ●体内、食物中の自然放射性物質

●体内の放射性物質の量  
(体重60kgの日本人の場合)

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

●食物中のカリウム40の放射性物質の量(日本)(単位:ベクレル/kg)



食物からも放射性物質を取り込んでいる

出典: (公財)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」(1983年)を基に作成

放射線は医療・工業・農業など、さまざまな分野で活用されています。

## 医療分野での放射線利用

エックス線検診・乳がん検診・がん治療・輸血用血液のアレルギー反応抑制などに使われています。

## ●PET装置



写真提供: 国立研究開発法人量子科学技術  
研究開発機構放射線医学総合研究所

## 工業分野での放射線利用

耐久性・耐熱性に優れた素材の開発のほか、空港の手荷物検査(透視)・紙や鉄板の厚み測定などに使われています。

## ●ラジアルタイヤの製造



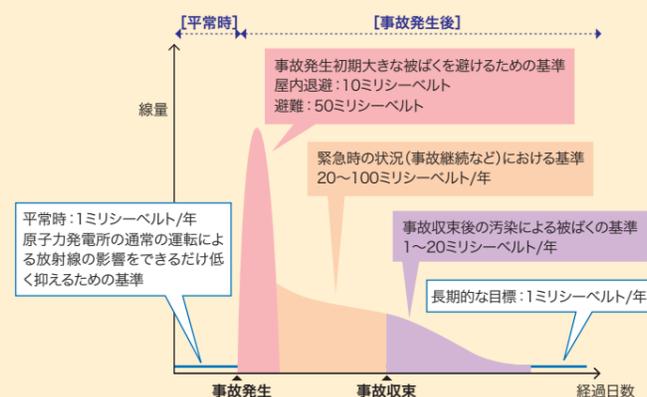
Step!  
One more

## 放射線防護の基準値と、放射線によるがんのリスク

国際放射線防護委員会(ICRP)は緊急時の被ばく状況において、放射線防護の基準値を年間20~100ミリシーベルトとしています。

東日本大震災による原子力発電所の事故では、緊急事態期として、その基準の中で最も低い値である年間20ミリシーベルトが採用されていますが、事故収束後の復旧期には、年間1ミリシーベルト以下まで戻すことを目標としています。なお、広島と長崎で続けられている被ばく者の追跡調査と生活習慣についての研究の結果、100ミリシーベルトを被ばくした時のがんの発症率は通常の1.08倍に増加しますが、これは野菜不足や受動喫煙によるがんの発症率の増加とほぼ同じです。

## ●放射線防護の線量の基準の考え方



## ●放射線と生活習慣によってがんになる相対リスク

要因	がんになるリスク
1,000~2,000ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.8倍
喫煙	1.6倍
飲酒(毎日3合以上)	1.29倍
やせ過ぎ	1.22倍
肥満	1.19倍
200~500ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.19倍
運動不足	1.15~1.19倍
塩分の取り過ぎ	1.11~1.15倍
100~200ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.08倍
野菜不足	1.06倍

(注)対象: 40~69歳の日本人  
運動不足: 身体活動の量が非常に少ない。野菜不足: 野菜摂取量が非常に少ない。

出典: 国立研究開発法人国立がん研究センター調べを基に作成