

エネルギー危機と原子力の役割

シニアネットワーク東北 阿部勝憲

石巻専修大学 学生とシニアとの対話会 2025.7.28

自己紹介

原子力との出会い
漫画「鉄腕アトム」



- ・東北大 (原子力材料)
- ・八戸工大 (原子力教育)
- ・現在
シニアネットワーク東北
(対話活動)

東通 原子力発電所

六ヶ所 原子燃料サイクル施設

青森県八戸市 (人口約22万人)

馬淵川・新井田川の河口

工業・新産業都市、水産業

(火力発電所、メガソーラ)

女川 原子力発電所

宮城県石巻市 (人口約13万人)

北上川の河口

工業・新産業都市、水産業

(七ヶ浜町の火力発電所、メガソーラ)

内容

1. 最近のエネルギーと環境の問題
2. エネルギーの S + 3Eとは
3. 準国産エネルギーとしての原子力
4. 原子力発電のしくみと燃料サイクル
5. 原子力発電所の安全対策と再稼働
6. 我が国の方針
7. 結び

付録 日常生活と放射線、いろいろな応用

1. 最近のエネルギーと環境の問題

エネルギー問題

- 世界的な人口増加と産業発展に対応してエネルギー消費が増加してきた
- ロシアのウクライナ侵略（2022年2月）により、エネルギー資源大国ロシアからのヨーロッパ諸国への天然ガス供給が途絶えるなど、国際的なエネルギー危機となった
- 中東地域の紛争は原油供給に懸念
- 我が国はエネルギー資源が乏しく輸入に頼ってきたので厳しい状況

環境問題

- 世界的に平均気温の上昇が観測されてきた
- 猛暑や寒波あるいは豪雨や洪水などの異常気象が目立ってきた
- 地球の大気にわずかに含まれる二酸化炭素CO₂の増加が続いている
- 二酸化炭素などの温室効果ガスの増加は赤外線吸収などにより温暖化や異常気象を引き起こしている可能性がある

○ エネルギー問題：我が国のエネルギー自給率は非常に低い

一次エネルギー

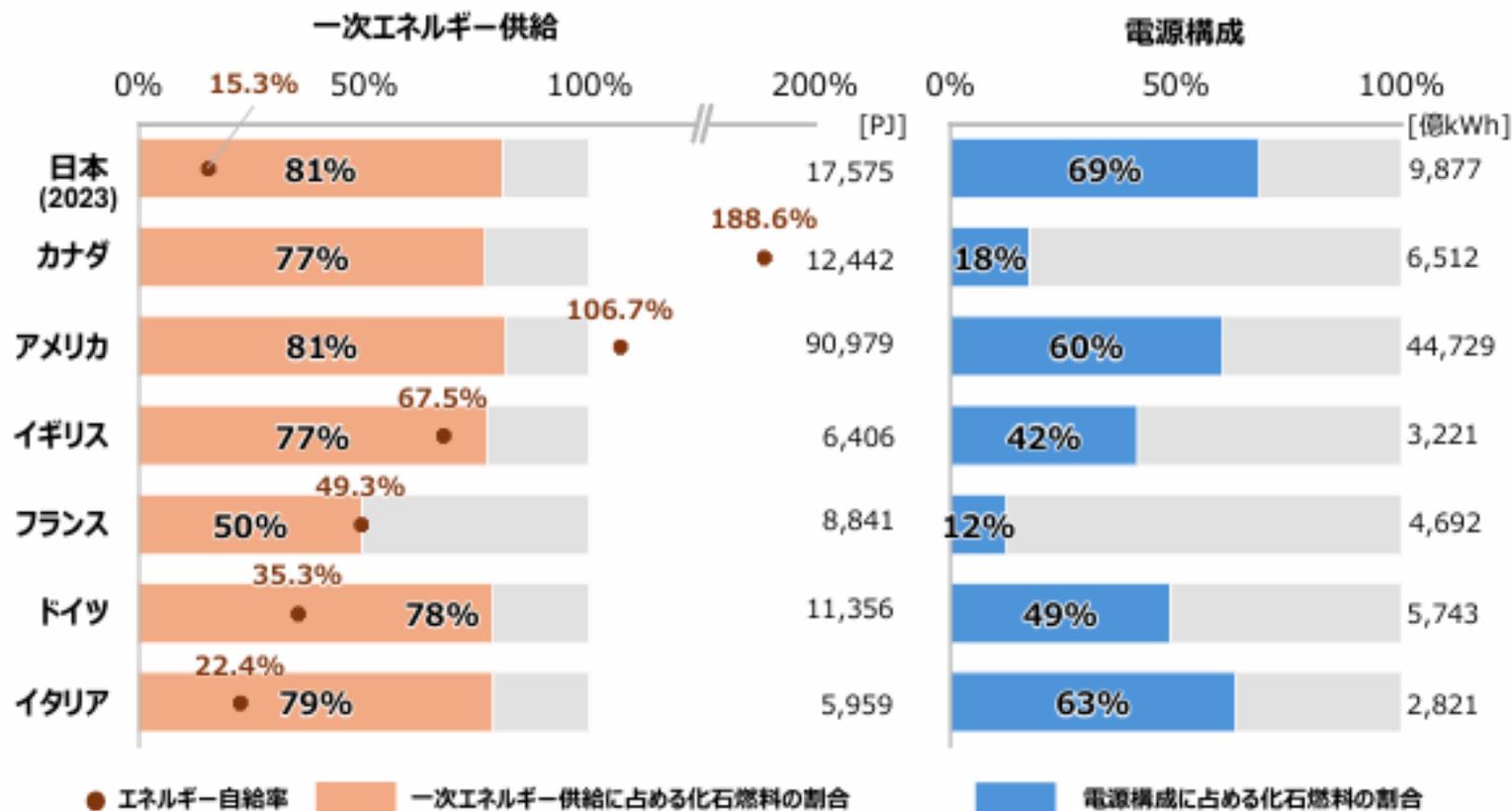
(加工変換していないエネルギー)

- ・化石エネルギー（石炭、石油、天然ガスなど）
- ・再生可能エネルギー（太陽光、風力、地熱など）
- ・原子力エネルギー（ウランによる核分裂）

二次エネルギー

(一次エネルギーを加工変換して得る)
電気、都市ガス、灯油、ガソリンなど

各国のエネルギー自給率・化石燃料の割合



資源エネルギー庁資料 出典：日本は令和5年度（2023年度）エネルギー需給実績（確報）から引用、各国はIEA「World Energy Balance 2024」から引用した2022年データ。

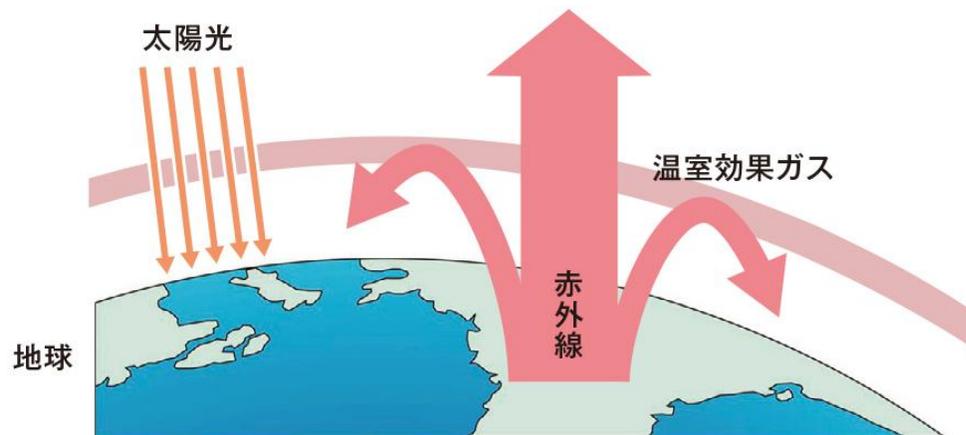
○ エネルギー問題：日本の島国特有のエネルギー事情
 ガスパイプラインも送電線も連結していない

(参考) 日本の島国特有のエネルギー事情							
<ul style="list-style-type: none"> ● ヨーロッパのように<u>地続きの国々</u>は、天然ガスのパイプラインや送電線を国際的に連結し、<u>需給のバランスに応じて互いにエネルギーの売買を行っている</u>。 ● 一方、<u>日本は島国</u>であるため、地理的にガスパイプラインや国際送電線により、他の国と連結することが困難。現状では、<u>必要な電力需要の全てを国内で発電する必要がある</u>。 							
	日	仏	中	印	独	英	米
自給率(2019年) ※中・印は2018年 【主な国産資源】	12% 〔無し〕	54% 〔原子力〕	80% 〔石炭〕	62% 〔石炭〕	35% 〔石炭〕	71% 〔石油 天然ガス〕	104% 〔天然ガス 石油・石炭〕
国際パイプライン	×	○	○	×	○	○	○
国際送電線	×	○	○	○	○	○	○

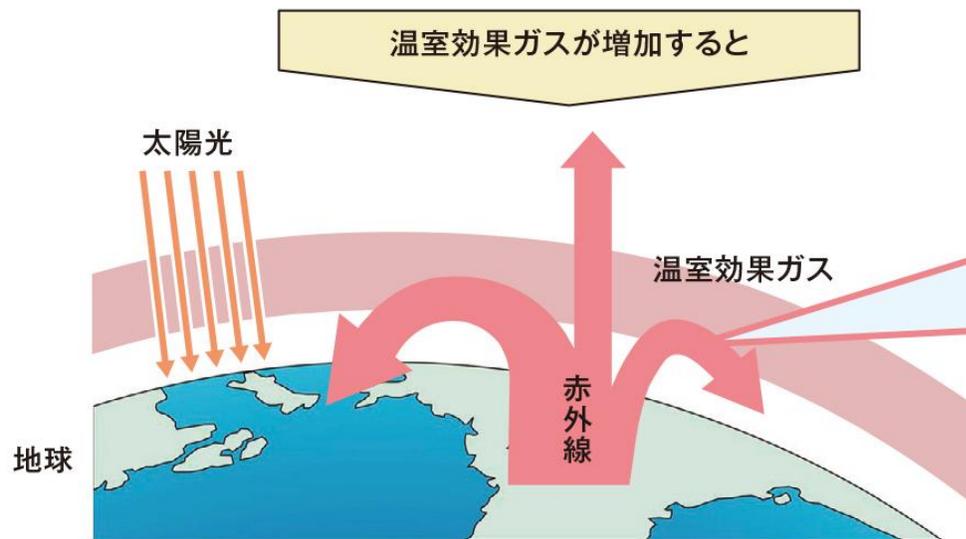
出典：資源エネルギー庁資料（令和2年2月）

○ 環境問題：温暖化と温室効果ガス

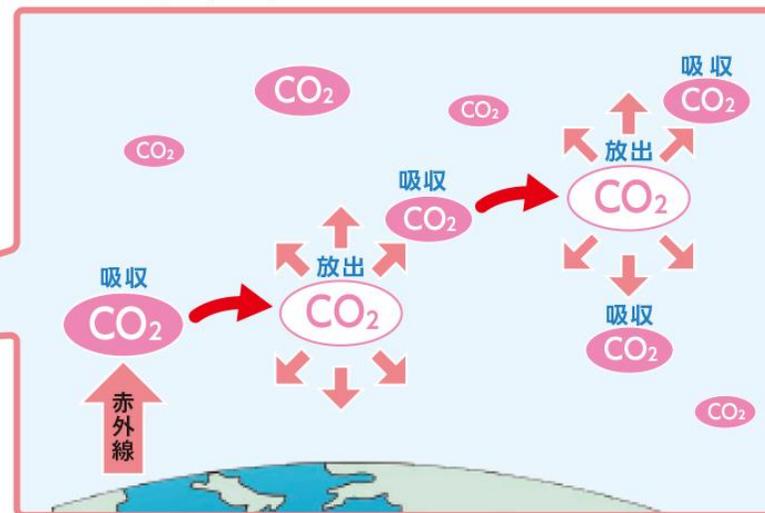
温室効果のしくみ



地球の大気にわずかに含まれる二酸化炭素などの温室効果ガスは、赤外線を吸収し、再び放出する性質があります。この性質により、太陽からの光で暖められた地球の表面から外に向かう赤外線は、温室効果ガスに吸収・放出される場合があります。地表に向かう一部の赤外線の熱作用により再び地球の表面を暖めます。大気中の温室効果ガスが増えると、この吸収・放出のプロセスが増え、結果として温室効果が強まり地球の表面の気温が高くなります。

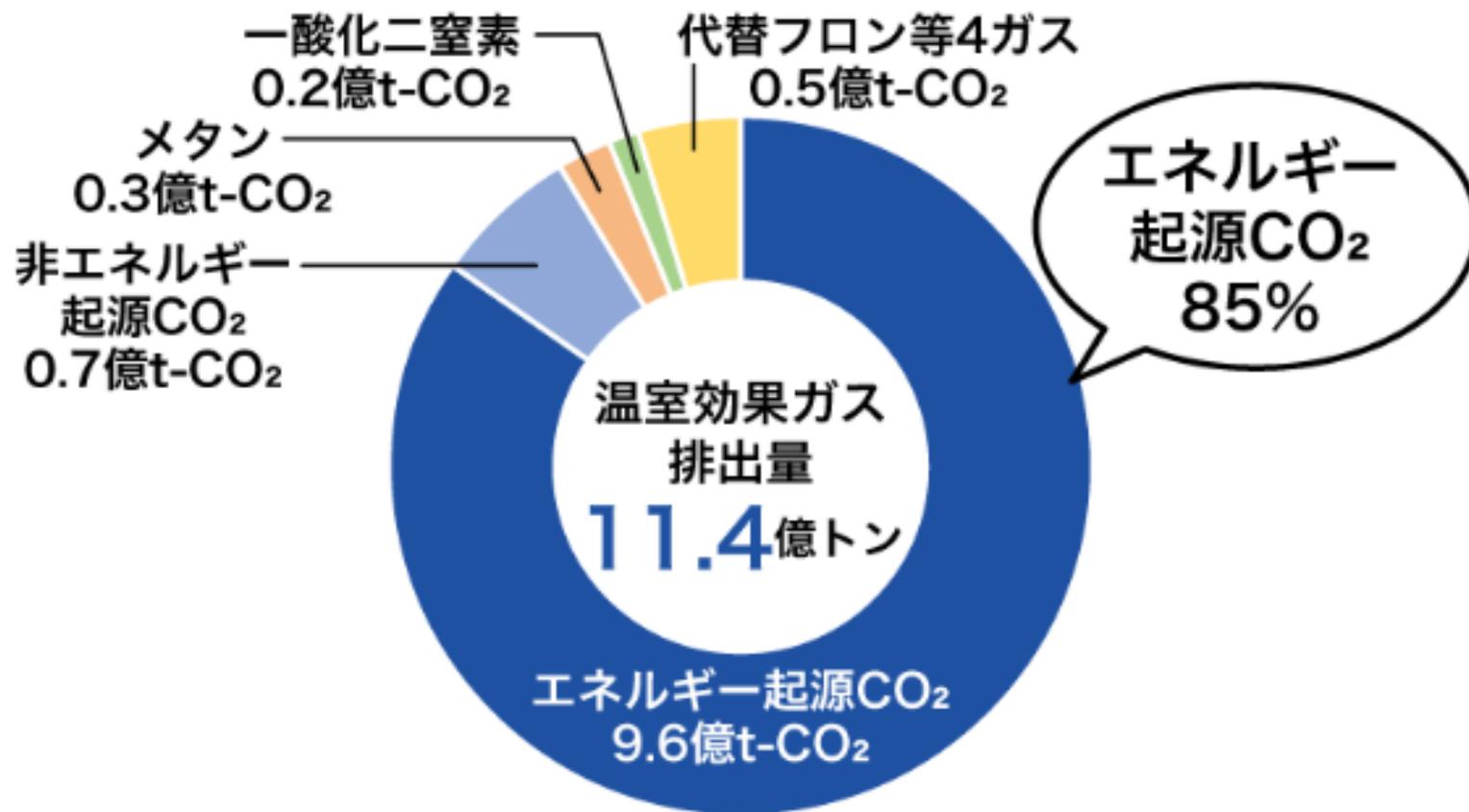


例：二酸化炭素 (CO₂) の赤外線吸収・放出の過程



二酸化炭素 (CO₂) が増えることにより地表に向かう赤外線が増える。

○ 環境問題：温室効果ガス排出ではエネルギー起源が多い

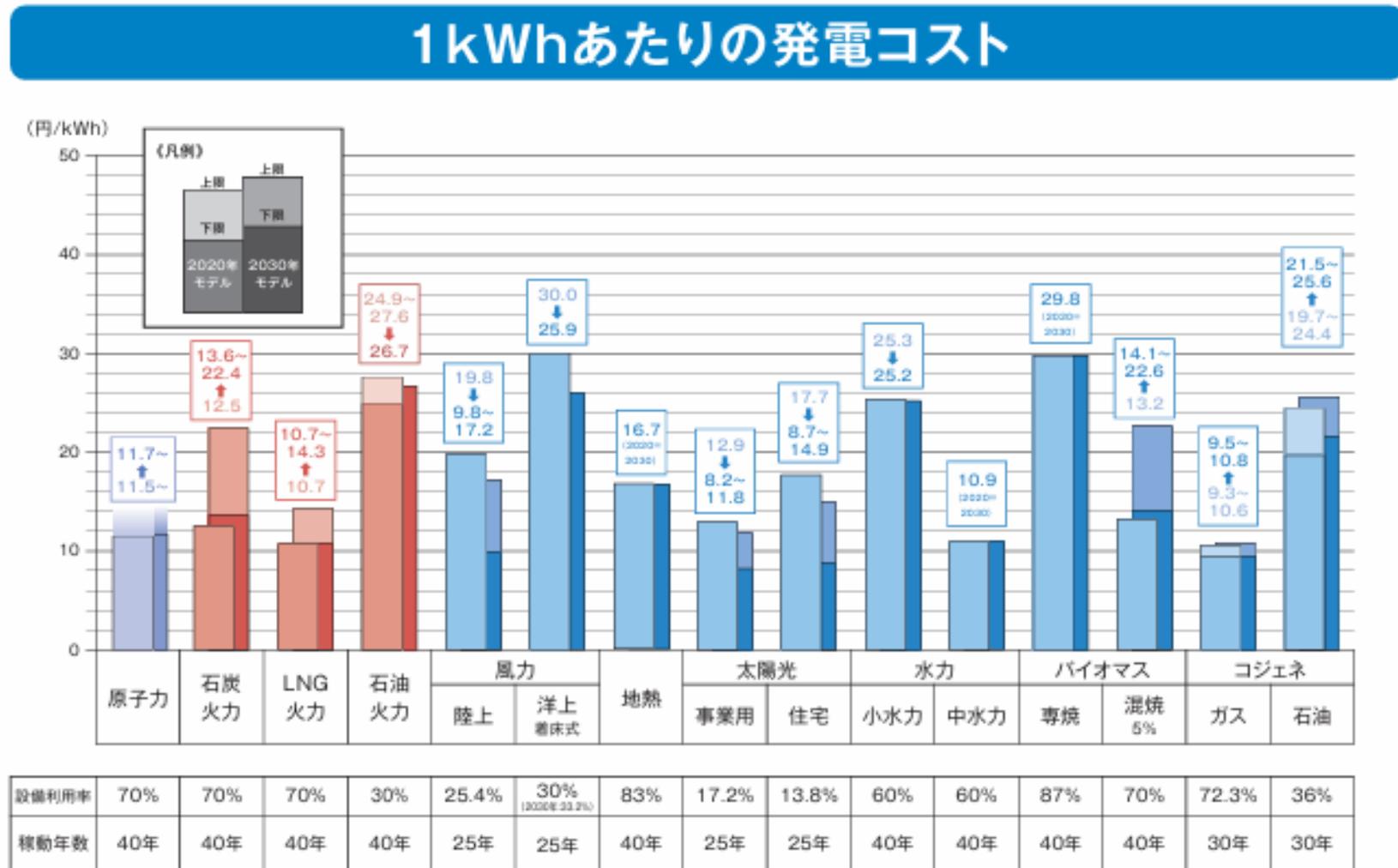


日本の温室効果ガス排出量（2022年度） 出典：資源エネルギー庁資料

2. エネルギーの S + 3E とは

- Safety (安全性)
安全が前提 (原子力の安全対策については後述)
- Energy Security (安定供給) (エネルギー安全保障)
- Economic Efficiency (経済効率性)
- Environment (環境適合性)

○ 経済効率性：電源ごとの発電コスト比較



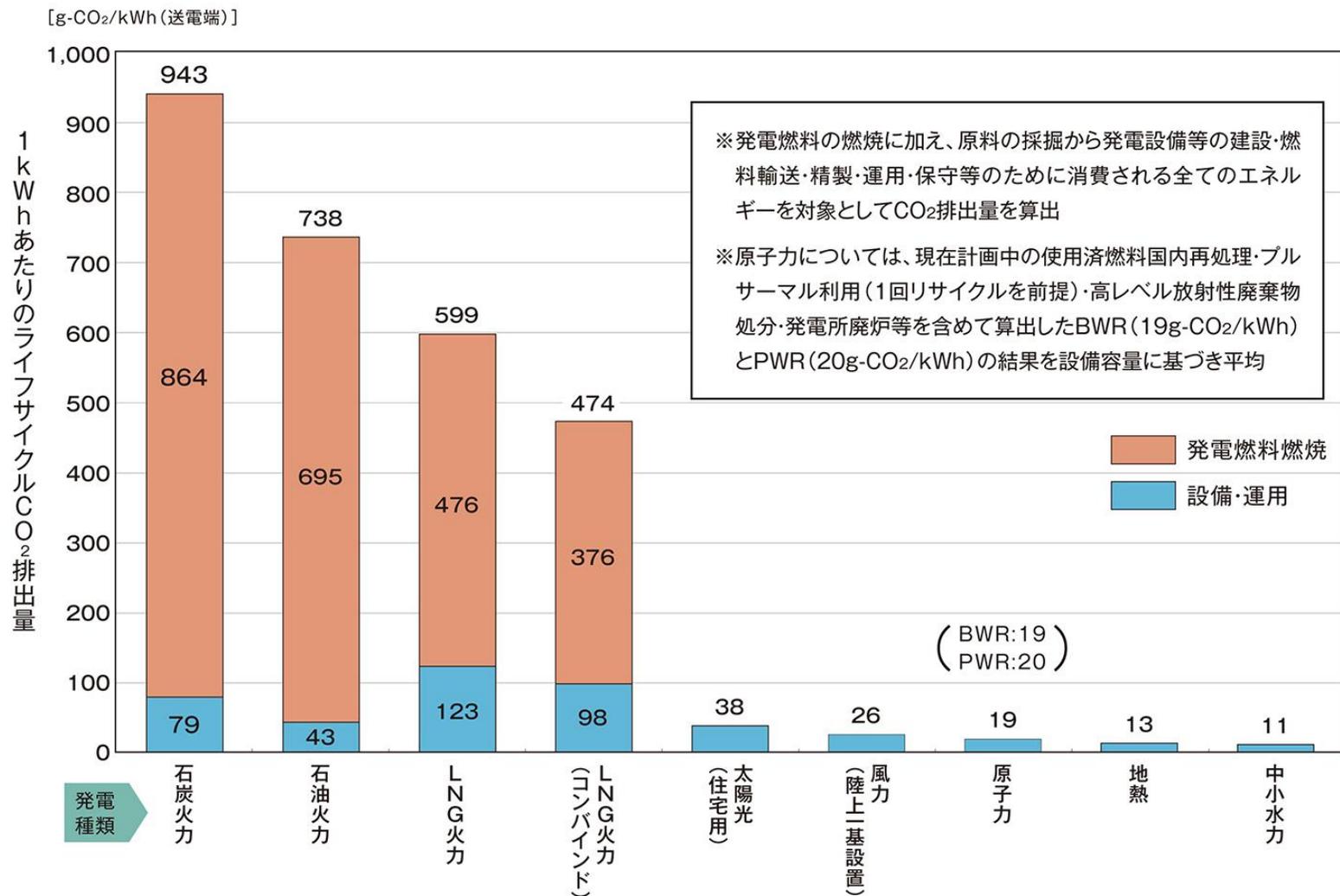
1-2-14

出典：発電コスト検証WG「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）」より作成

出典：日本原子力文化財団 原子力・エネルギー図面集

○ 環境適合性：電源ごとのCO₂排出量

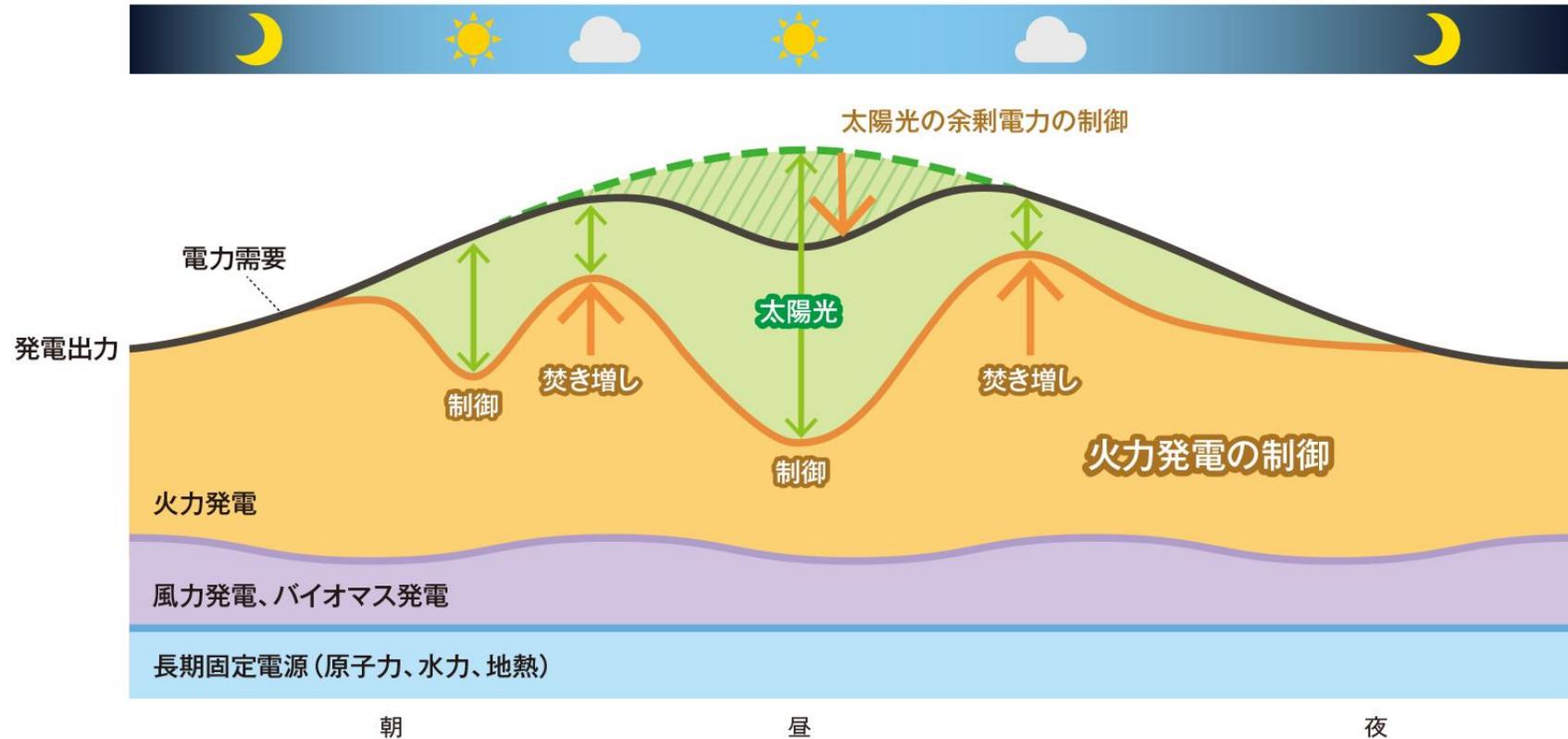
各種電源別のライフサイクルCO₂排出量



○ 安定供給：変動電源には安定電源が必要

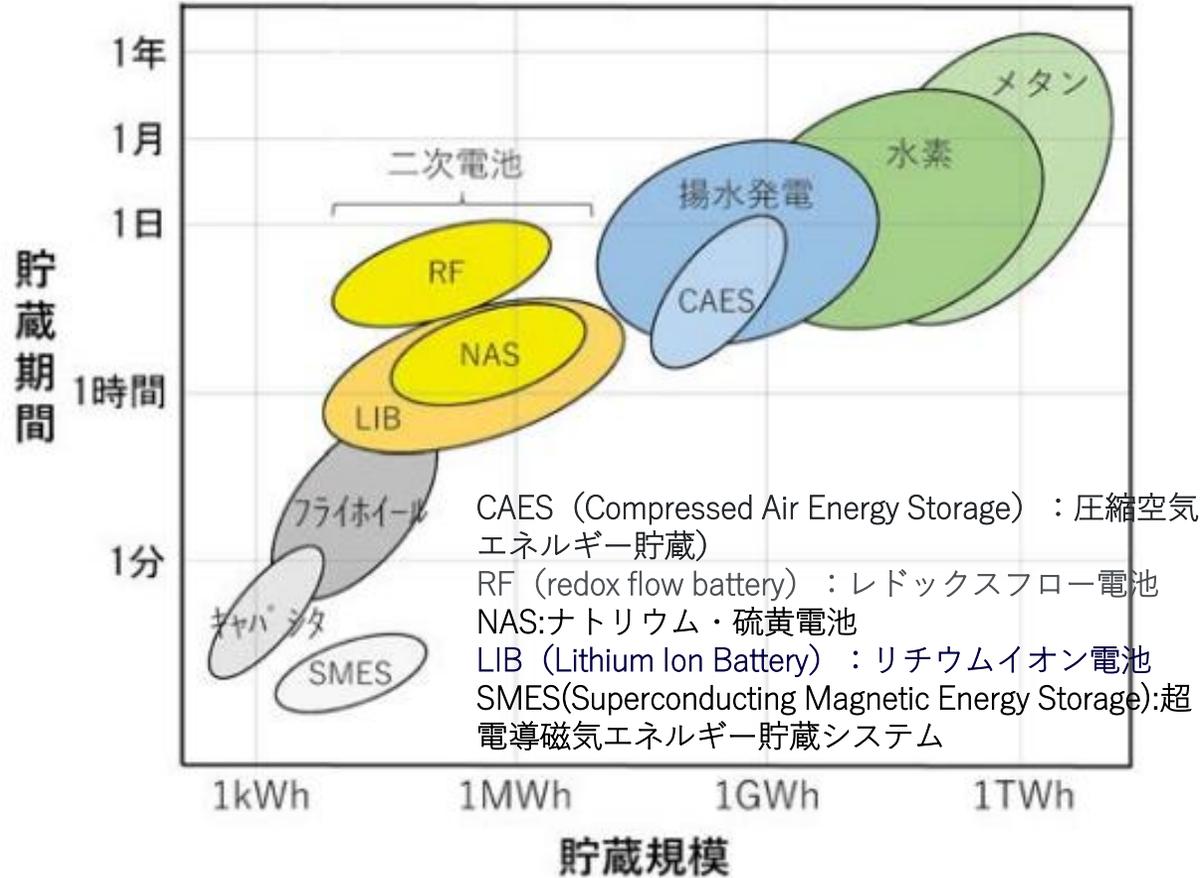
電力需要に対応した発電方法の組合せ

最小需要日(5月の晴天日など)の需給イメージ



電気を安定して使うには、常に発電量(供給)と消費量(需要)を同じにする必要があります。
そのため、再エネの出力の上下に対応出来る火力発電などで、発電量と消費量のバランスをとる必要があります。

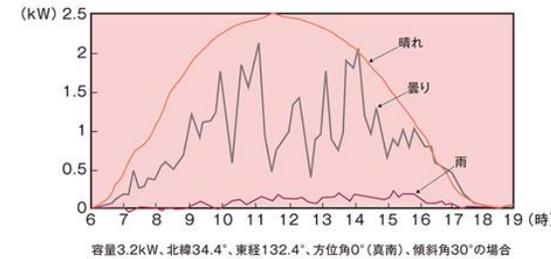
○ 変動電源（太陽光、風力）にはバッテリー対応では限界があり
バックアップ電源としての火力に頼らざるを得ない



各種電力貯蔵方式の貯蔵規模と貯蔵期間のスケール
出典：科学技術振興機構資料

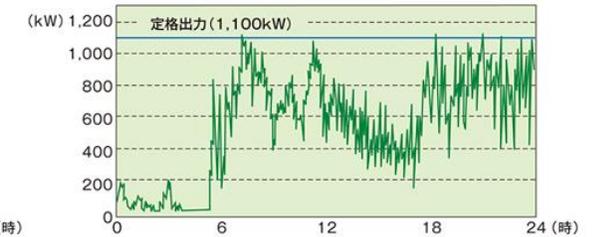
太陽光・風力発電の出力変動

太陽光発電の出力変動(春季)



太陽光発電は
時間と天気で
発電量が変わる

風力発電の出力変動(冬季)



風力発電は
風の強さで
発電量が変わる

3-1-3

原子力・エネルギー図面集

出典：電気事業連合会資料、北海道電力(株)ほりかつふ発電所より作成

出典：日本原子力文化財団 原子力・エネルギー図面集

○ 原子力エネルギーの3Eの特性まとめ 原子力白書（2022）より

<p>① 安定供給 (Energy Security)</p>	<ul style="list-style-type: none">• 優れた安定供給性と効率性（燃料投入量に対するエネルギー出力が圧倒的に大きく、数年にわたって国内保有燃料だけで生産が維持できる準国産エネルギー源）+ 高い技術自給率（国内にサプライチェーンを維持）+ レジリエンス向上への貢献（回転電源としての価値、太平洋側・日本海側に分散立地）
<p>② 経済効率性 (Economic Efficiency)</p>	<ul style="list-style-type: none">• 運転コストが低廉（安全対策費用や事故費用、サイクル費用が増額してもなお低廉）• 燃料価格変動の影響を受けにくい（数年にわたって国内保有量だけで運転可能）
<p>③ 環境適合 (Environment)</p>	<ul style="list-style-type: none">• 運転時にCO₂を排出しない• ライフサイクルCO₂排出量が少ない

図 2-1 原子力エネルギーの3Eの特性

(出典)資源エネルギー庁「2030年度におけるエネルギー需給の見通し(関連資料)」(2021年)に基づき作成

3. 準国産エネルギーとしての原子力

- 少量のウラン燃料で莫大なエネルギーを取り出す
- 原料のウランは輸入するが、国内の濃縮工場と製造工場が発電所用の燃料となる
- 国内にある原子燃料で発電できる余裕（備蓄効果）が大きい
（燃料を原子炉に一度入れると数年間使える）
- 使用済み燃料の再処理により、ウランとプルトニウムを再利用できる

○ 準国産エネルギー資源としての原子燃料

- 少量のウラン燃料で莫大なエネルギーを取り出す
- 100万kWの発電所を1年間運転するための燃料

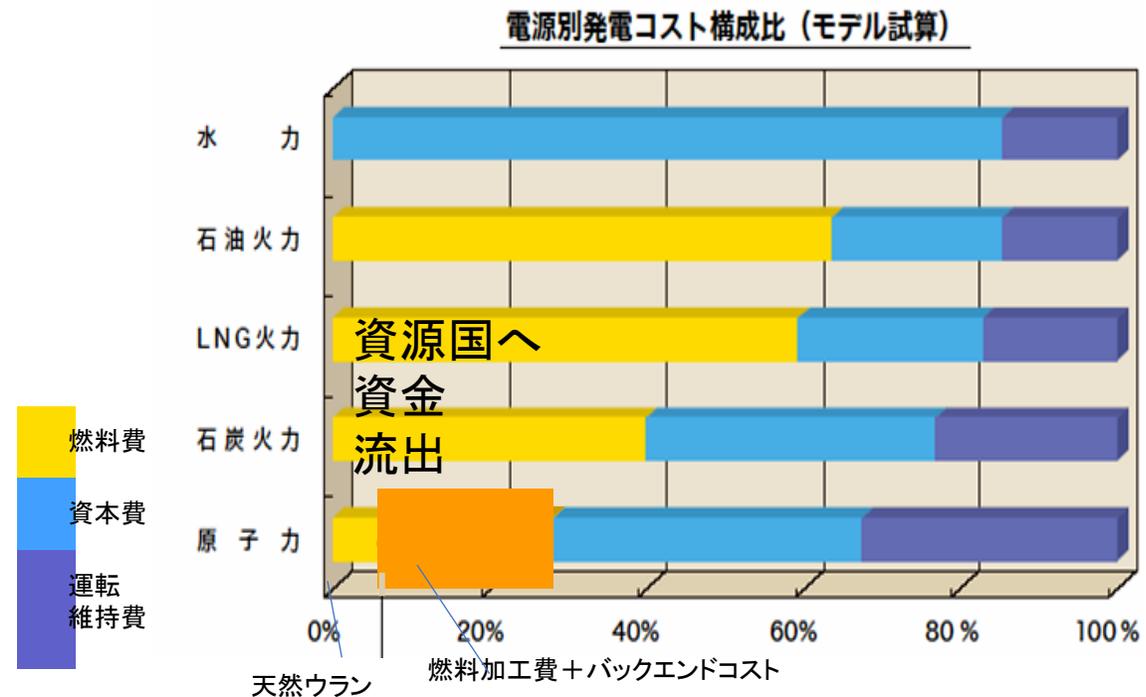
濃縮ウラン：21トン

天然ガス：95万トン

石油：155万トン

石炭：235万トン

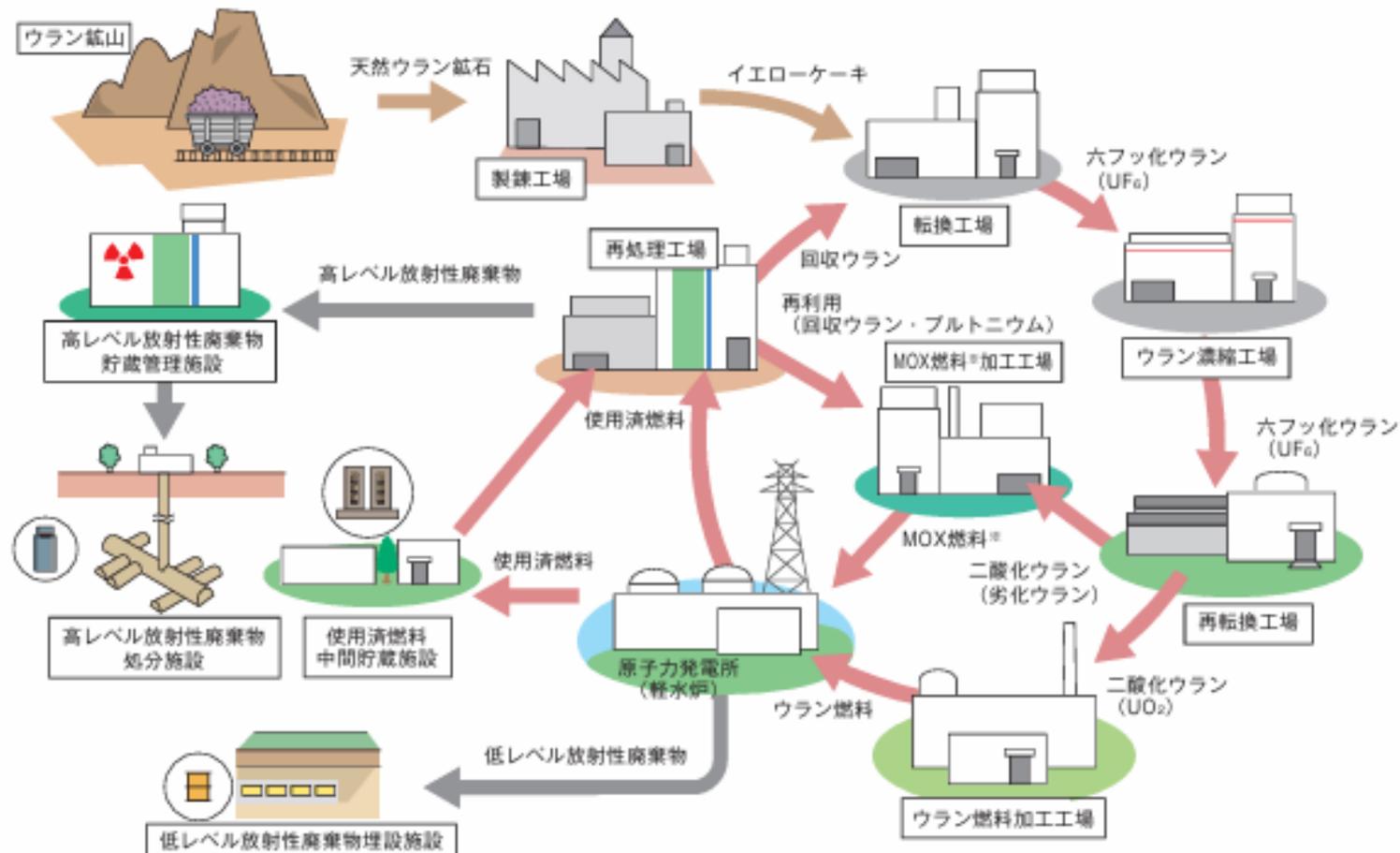
- 化石燃料は資源国へ資金流出の割合が大きい
- 原子力用燃料加工は国内で行う



出典：資源エネルギー庁資料

○ 原子燃料サイクルは国内の技術・事業所で進められる

原子燃料サイクル



※MOX (Mixed Oxide) 燃料：プルトニウムとウランの混合燃料

出典：日本原子力文化財団 原子力・エネルギー図面集

○ 原子力は燃料投入量に対するエネルギー出力が圧倒的に大きく 備蓄効果大きい

① 安定供給：優れた安定供給性と効率性

- 原子力は、燃料投入量に対するエネルギー出力が圧倒的に大きく（燃料交換後1年以上、発電の継続が可能）、数年にわたって国内保有燃料だけで生産が維持できる。

**火力・原子力発電所(100万kW)と
同量の発電量を得るための面積**

原子力	約0.6km ²
火力	約0.5km ²
太陽光	約58km ² <small>※山手線の内側の面積が約63km²</small>
風力	約214km ²

**原子力発電所(100万kW)の年間発電量
を代替する場合に必要な燃料**

原子力 (濃縮ウラン)	21トン
天然ガス	950,000トン
石油	1,550,000トン
石炭	2,350,000トン

国内在庫日数

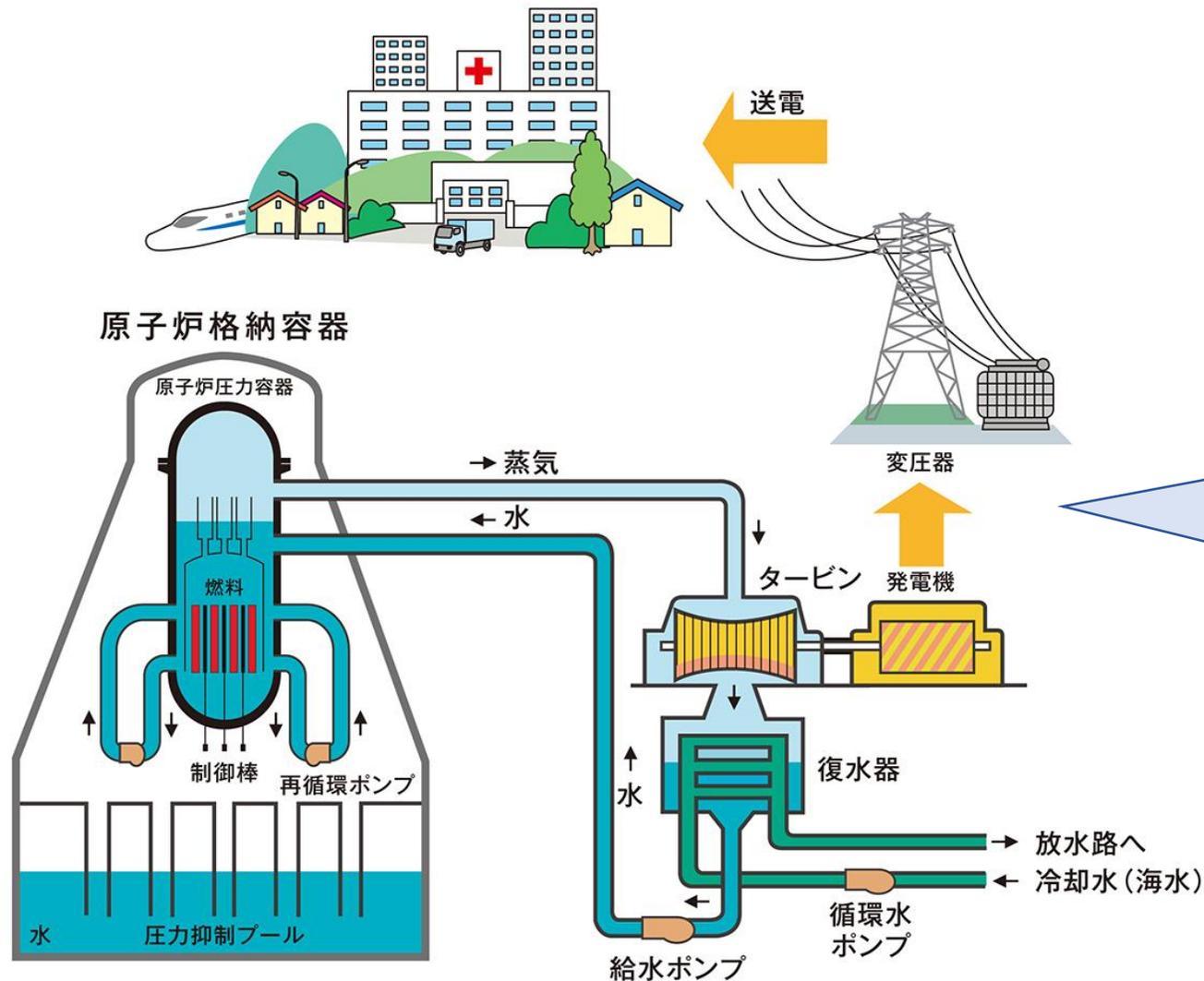
原子力 (ウラン)	約2.9年分
天然ガス	約20日分
石油	約200日分
石炭	約29日分

※ウラン在庫については電力中央研究所「原子燃料の潜在的備蓄効果」より
 ※電力調査統計等より作成
 (洋上在庫含まず、電力会社の発電用在庫で計算)

4. 原子力発電のしくみと燃料サイクル

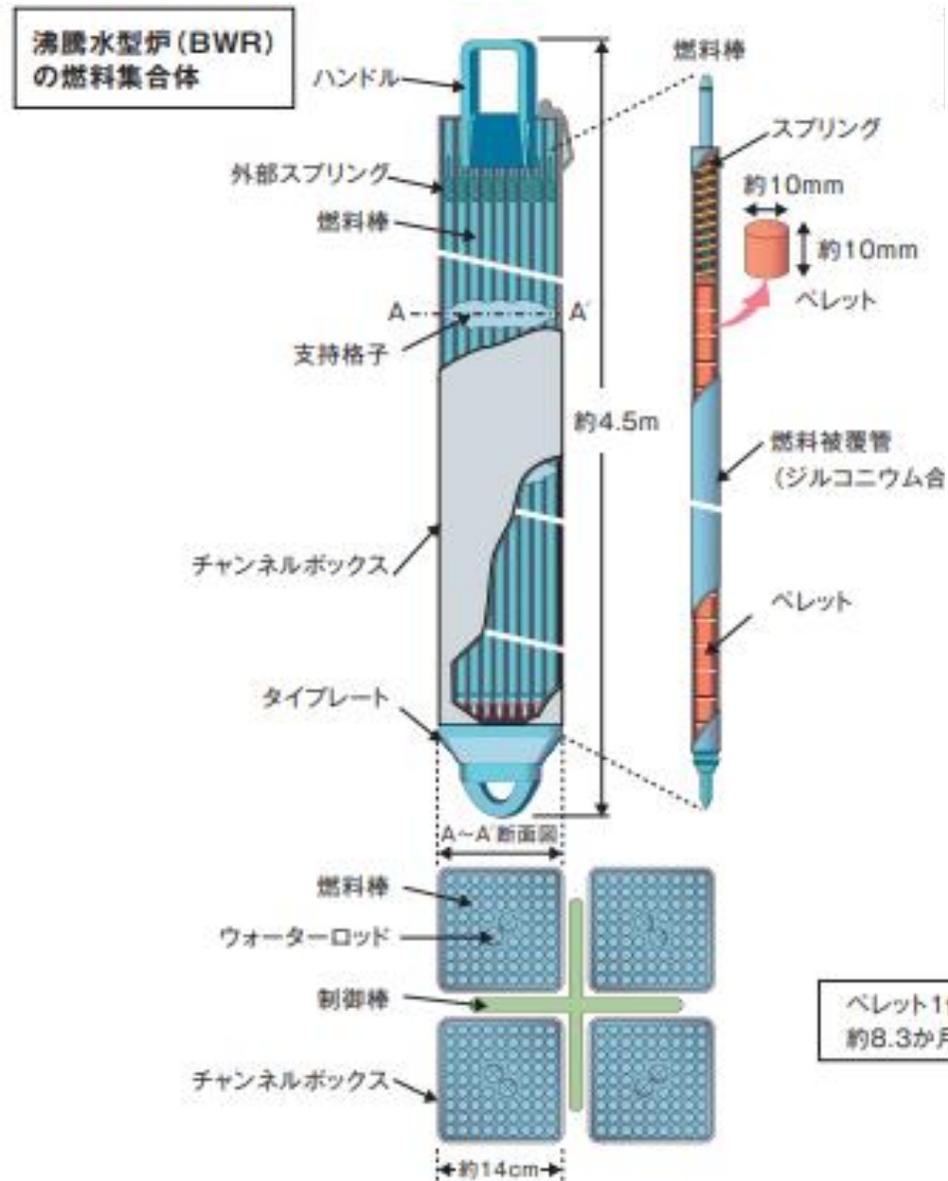
- 沸騰水型原子力発電のしくみ
- ウラン燃料と核分裂反応
- 原子燃料サイクル
- 放射性廃棄物の処理・処分

沸騰水型炉 (BWR) 原子力発電のしくみ

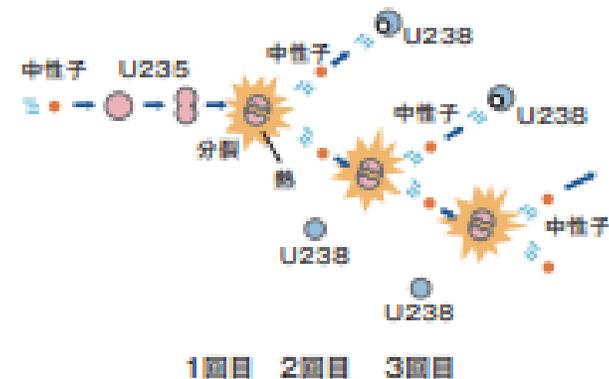
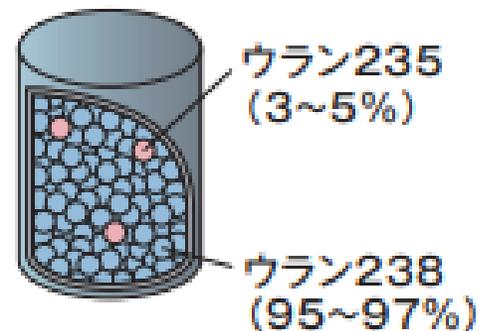


水を直接加熱して蒸気に変え、その蒸気でタービンを回して電気を作ります。

○ ウラン燃料と核分裂反応



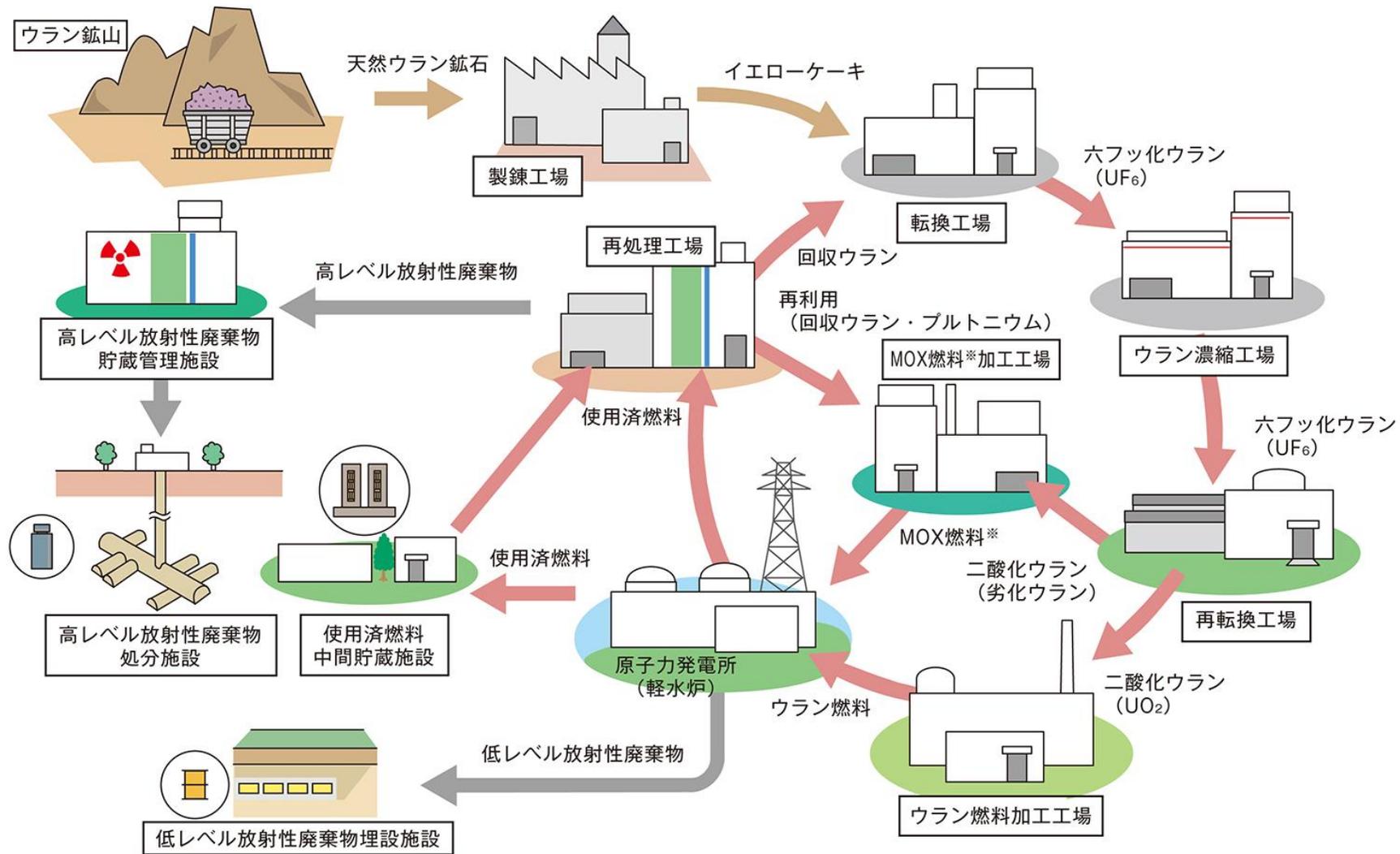
ウラン235の割合が低く、中性子がウラン238に吸収される等の理由により核分裂が一定の規模で継続する



ペレット(ウラン酸化物のセラミックス固体)内で、ウラン235が核分裂して、主に核分裂生成物の運動エネルギーが熱エネルギーとなる。

天然ウラン(U235が約0.7%、U238が約99.3%)から濃縮によりウラン燃料(U235が約3~5%)をつくる。

原子燃料サイクル

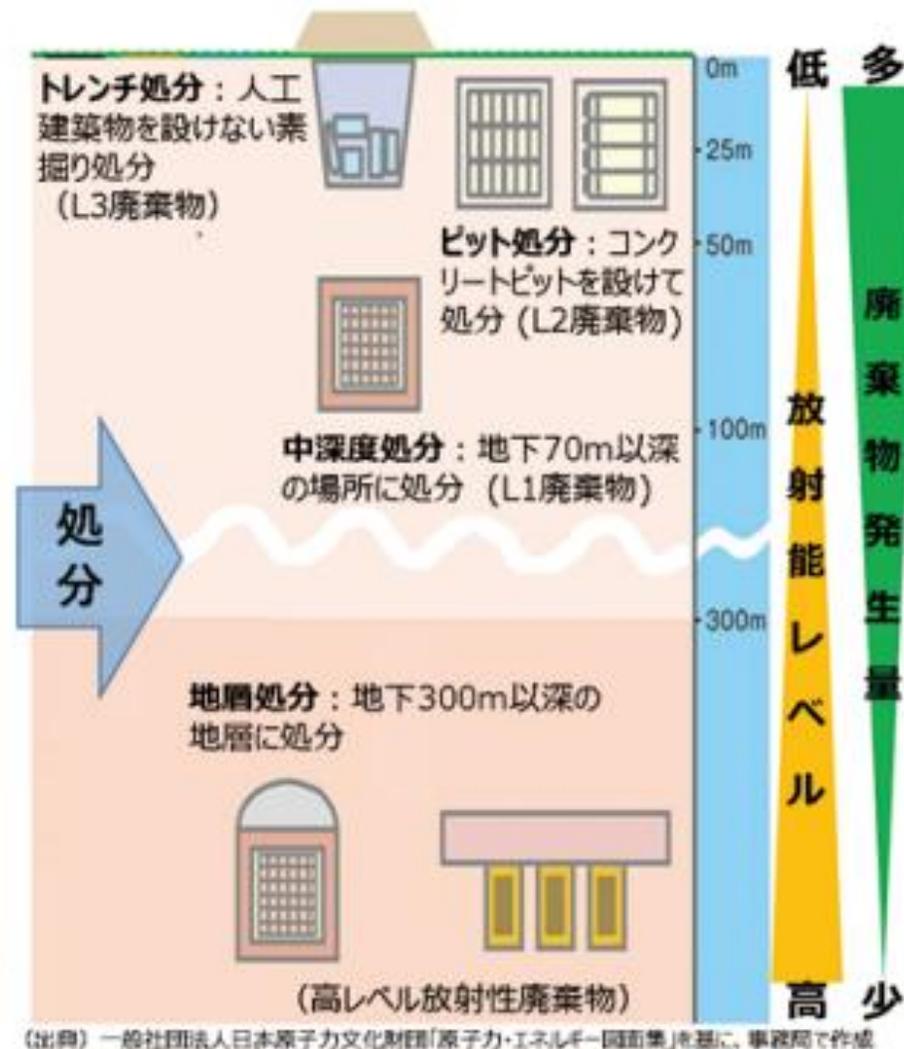


※MOX (Mixed Oxide) 燃料：プルトニウムとウランの混合燃料

○ 放射性廃棄物の種類と処分方法 原子力白書（2022）より

発生源	廃棄物の種類	例	
原子力発電所、 研究開発施設等	汚染されていない廃棄物	大部分の廃棄物	
	放射能レベルが基準以下のもの（クリアランス物）	コンクリート、 金属など	
	低レベル 放射性 廃棄物 (注)	放射能レベルが極めて低いもの（L3廃棄物）	コンクリート、 金属など
		放射能レベルが比較的低いもの（L2廃棄物）	フィルター、 廃器材など
放射能レベルが比較的高いもの（L1廃棄物）		制御棒、 炉内構造物	
使用済燃料 再処理施設	高レベル放射性廃棄物	ガラス固化体	

注：低レベル放射性廃棄物には、上記のほか、ウラン廃棄物や更に放射能レベルが高いTRU廃棄物と呼ばれるものも含まれる。



(出典) 一般社団法人日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」を基に、事務局で作成

図 6-13 放射性廃棄物の種類と処分方法

(出典) 第 43 回原子力委員会資料第 2 号 内閣府「低レベル放射性廃棄物等の処理・処分を巡る動向等について」(2021 年)に基づき作成

○ 廃棄物の種類と量

- 放射性廃棄物の量は一般廃棄物や産業廃棄物比べて非常に少ないが、放射能をもつために別に管理・処分
- 放射能の高レベルと低レベルを分けて管理
- 高レベルは量が少ないが半減期が長いので特別に地層処分

日本で発生する廃棄物の量

	発生廃棄物量(トン/日)		備考
一般廃棄物	主に家庭から排出される生ゴミ、粗大ゴミ およびオフィスから排出される紙くず等	117,057	平成29年度実績
産業廃棄物	事業活動に伴って生じた廃棄物のうち、 廃プラスチック、廃酸、廃アルカリ等	1,060,274	平成28年度実績
放射性廃棄物	原子力施設の運転、保守等に伴って 発生する放射性的の廃棄物	高レベル 1.4	平成12~18年 推定
		低レベル 44	平成29年度実績

5. 原子力発電所の安全対策と再稼働

- 東日本大震災の影響と安全対策
- 福島第一原子力発電所の事故概要
- 新規制基準による安全対策の強化
- 女川発電所の状況
- 女川発電所の安全対策と再稼働

○ 東日本大震災の影響と安全対策

- **東京電力福島第一原子力発電所**は東日本大震災の地震直後では止める、冷やす、閉じ込める機能が働いたが、その後の津波により電源が失われ冷やす機能が損なわれ炉心溶融を伴う原子力事故に至った。
- **東京電力福島第二原子力発電所**は電源が利用できたので止める、冷やす、閉じ込めるが機能し、安全に停止した。
- **東北電力女川原子力発電所**は東日本大震災の震源に最も近かったが、止める、冷やす、閉じ込めるが機能し、安全に停止した。
- 原子力事故を教訓とした**新規制基準に適合し**、地震と津波の対策を見直し、**シビアアクシデント**※対策を強化した。

※原子力施設の設計想定を大幅に超えて過酷な状態に至る事故のこと

東日本大震災の影響を受けた原子力施設の現状

(2014年12月現在)



+
震央

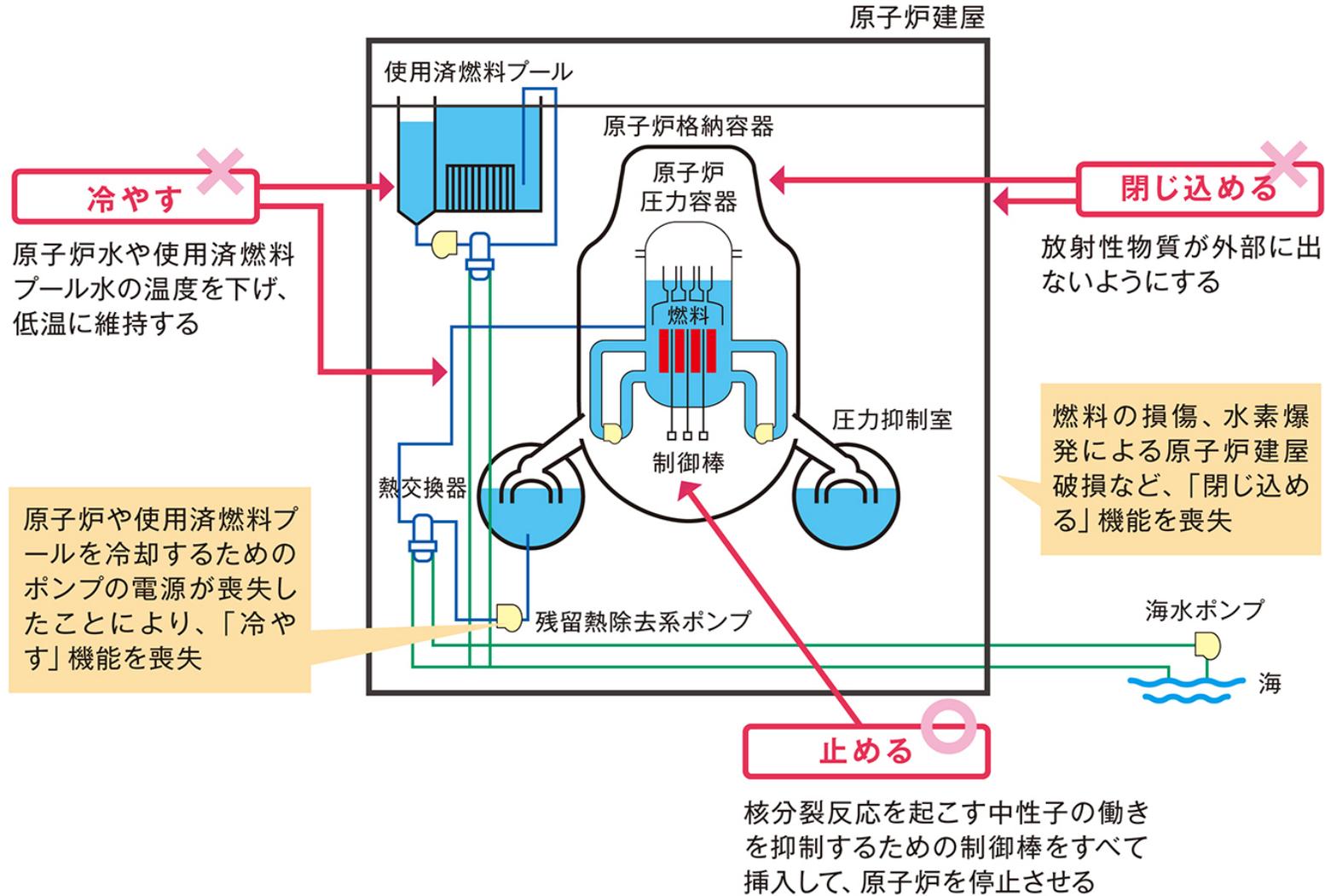
*1~4号機は、燃料取

*冷温停止状態の定義

- 圧力容器底部の温度が... 下がっていること
- 格納容器からの... 放出を管理し、追加的放出による公衆の被曝量を大幅に抑制していること(評価時点における格納容器からの追加的放出による敷地境界における被ばく線量1ミリシーベルト/年が目標)
- 上記2条件を維持するために、循環注水冷却システムの中期的安全を確保していること

福島第一原子力発電所(1~4号機)以外の発電所に安全上の問題はありませんでした。

福島第一原子力発電所の事故概要



○ 女川原子力発電所の状況

女川原子力発電所は、震度6弱の地震と最大13m高さの津波に襲われたが、原子炉は安全に停止した。

出典：東北電力・発電所パンフレット「あの日を、未来へつなぐー女川原子力発電所の備えと教訓ー2011.3.11」

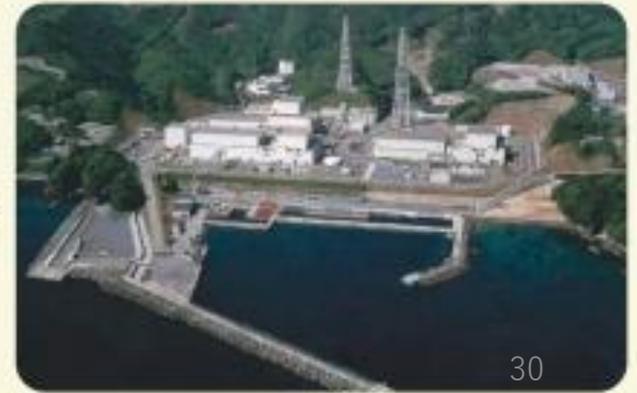
マグニチュード9.0 国内史上最大の揺れを観測。

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、国内史上最大のマグニチュード9.0が観測され、女川原子力発電所が位置する牡鹿半島全体では約1mにわたって地盤沈下するなど、甚大な被害が引き起こされました。女川原子力発電所では震度6弱・地震加速度567.5ガルを記録し、最大約13mの高さの巨大津波が押し寄せましたが、原子炉は安全に停止しました。震源地から約130kmと、最も近い原子力発電所だったにも関わらず、なぜ安全を確保することができたのでしょうか。

2011.3.11
東日本大震災の状況



震度6弱、最大約13mの津波が押し寄せた女川原子力発電所。「止める」「冷やす」「閉じ込める」が機能し、安全に停止した。



○ 女川発電所の地震後の状況



IAEA（国際原子力機関）調査団（平成24年7月30日～8月9日（現地調査期間））

女川原子力発電所の施設は、地震の規模、揺れの大きさ、長い継続時間にかかわらず「驚くほど 損傷を受けていない」



発電所構内の体育館では地域の方々を受け入れました。（3月14日には364人に）

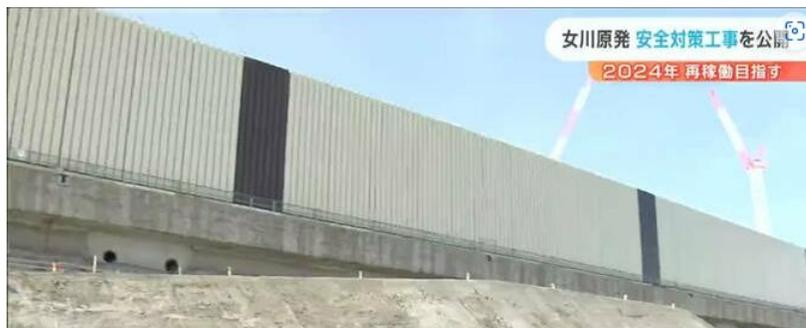
女川原子力発電所構内の体育館

○ 女川発電所の安全対策の基本概念



出典：東北電力HP

○ 女川発電所の安全対策と現在の状況



海拔29m,全長800mの防潮堤



ガスタービン発電設備



大容量送水ポンプ車



大容量電源装置



代替非常用冷却海水ポンプに
よる冷却機能確保訓練



全電源喪失時を想定したシミュ
レーターによる運転訓練

○ 東北電力女川原子力発電所の状況

1号機（定格 52万4千 kW）

- ・ 2020年3月 廃止措置許可
(34年間の計画)

2号機（定格 82万5千 kW）

- ・ 安全対策工事
- ・ 規制委員会の審査合格
- ・ **2024年11月 再稼働（発電再開）**
- ・ **2024年12月 営業運転開始**
(BWR型で初)
- ・ 2025年7月 長期管理計画認可
(30年超運転のための10年間管理
計画)

3号機（定格 82万5千 kW）

- ・ 2025年1月 審査申請に備え
地質調査方針



6. 我が国の方針（第7次エネルギー基本計画）

2025年2月

＜総論＞ ● DXやGXの進展に伴い、**電力需要の増加が見込まれる**
● **再生可能エネルギーや原子力などの脱炭素電源を最大限活用することが必要不可欠。**

＜原子力＞

● 原子力は、優れた**安定供給性、技術自給率を有し、他電源と遜色ないコスト水準で変動も少なく、また、一定出力で安定的に発電可能**等の特長を有する。こうした特性は**データセンターや半導体工場等の新たな需要ニーズにも合致**することも踏まえ、国民からの信頼確保に努め、安全性の確保を大前提に、必要な規模を持続的に活用していく。

● **立地地域との共生に向けた政策や国民各層とのコミュニケーションの深化・充実、核燃料サイクル・廃炉・最終処分**といった**バックエンドプロセスの加速化**を進める。

6. 我が国の方針（第7次エネルギー基本計画）

<原子力> 続き

●**再稼働**については、安全性の確保を大前提に、**産業界の連携、国が前面に立った理解活動、原子力防災対策等、再稼働の加速に向け官民を挙げて取り組む。**

●**新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発・設置**については、地域の産業や雇用の維持・発展に寄与し、地域の理解が得られるものに限り、**廃炉を決定した原子力発電所を有する事業者の原子力発電所のサイト内での次世代革新炉への建て替え**を対象として、六ヶ所再処理工場の竣工等の**バックエンド問題の進展も踏まえつつ具体化を進めていく**。その他の開発などは、各地域における再稼働状況や理解確保等の進展等、今後の状況を踏まえて検討していく。

●**次世代革新炉（革新軽水炉・小型軽水炉・高速炉・高温ガス炉・フュージョンエネルギー）の研究開発**等を進めるとともに、**サプライチェーン・人材の維持・強化**に取り組む。

○ 我が国は多様なエネルギー源をバランス良くミックスして活用を



考えよう、エネルギーの未来

～2050年カーボンニュートラル実現のために①～



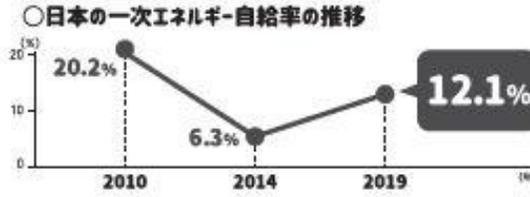
日本のエネルギーをめぐる現状

エネルギー政策のポイント

**エネルギー
自給率**

約1割

自給率は
OECD諸国35/36位



電気料金

2割上昇

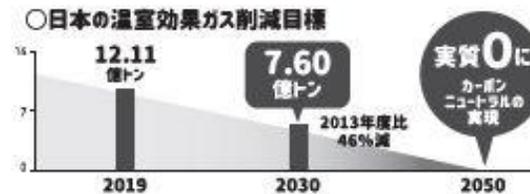
燃料費の増加等が
主な原因



CO₂排出

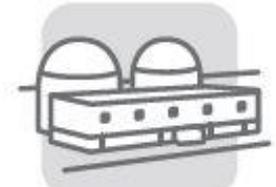
実質0に

CO₂を出さない再エネや
原子力の活用が有効



安全性
+
安定供給
+
経済効率性
+
環境適合

エネルギーの安全性を大前提に
3つのバランスを取る



原子力発電

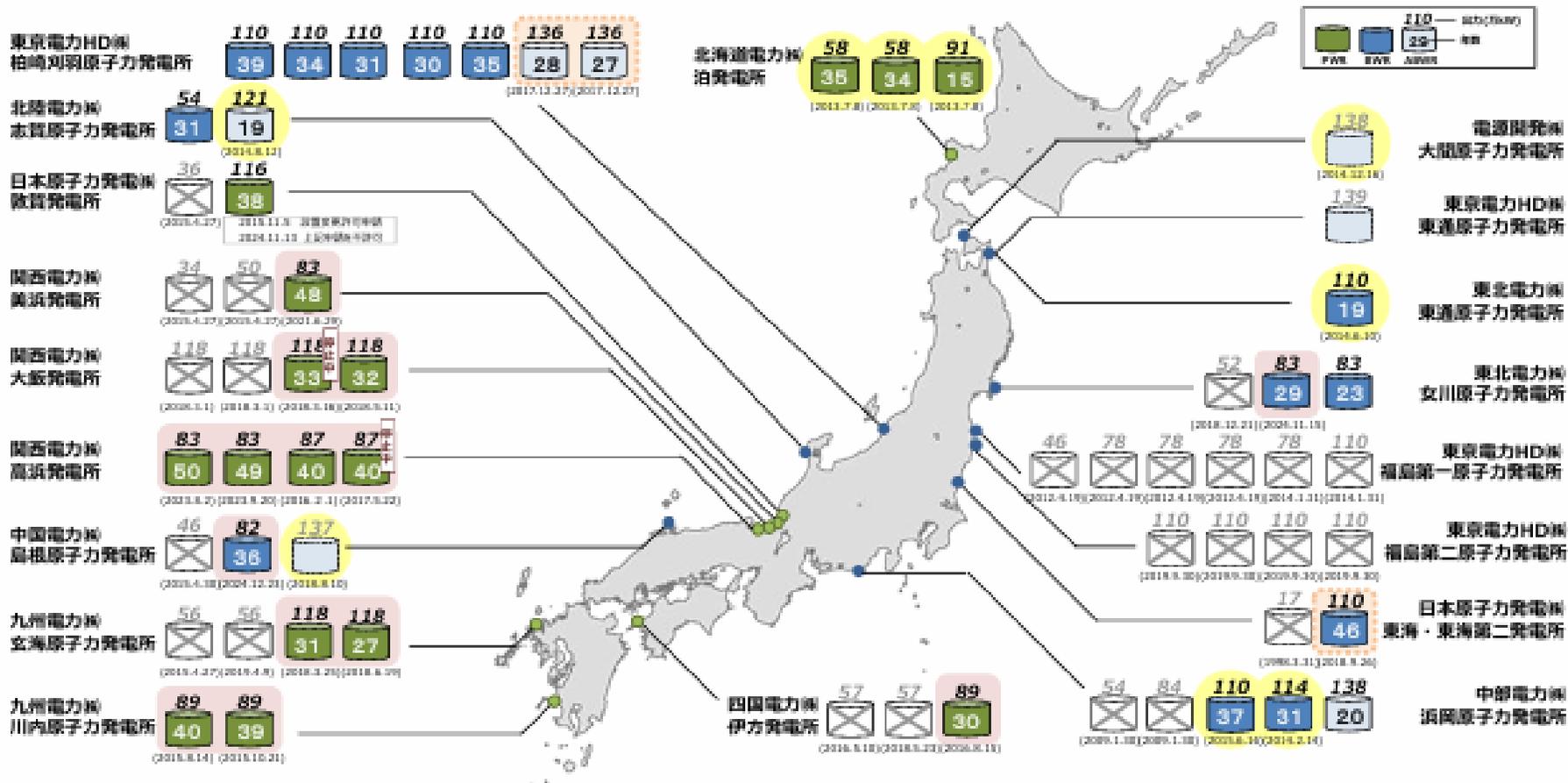
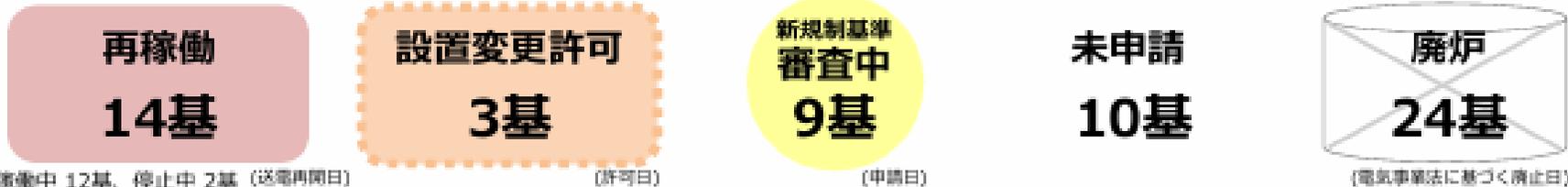
多様なエネルギー源を
バランスよく活用する

これからのエネルギーについて、もっと詳しく知りたい方はコチラ <https://yab.yomiuri.co.jp/adv/energy/>



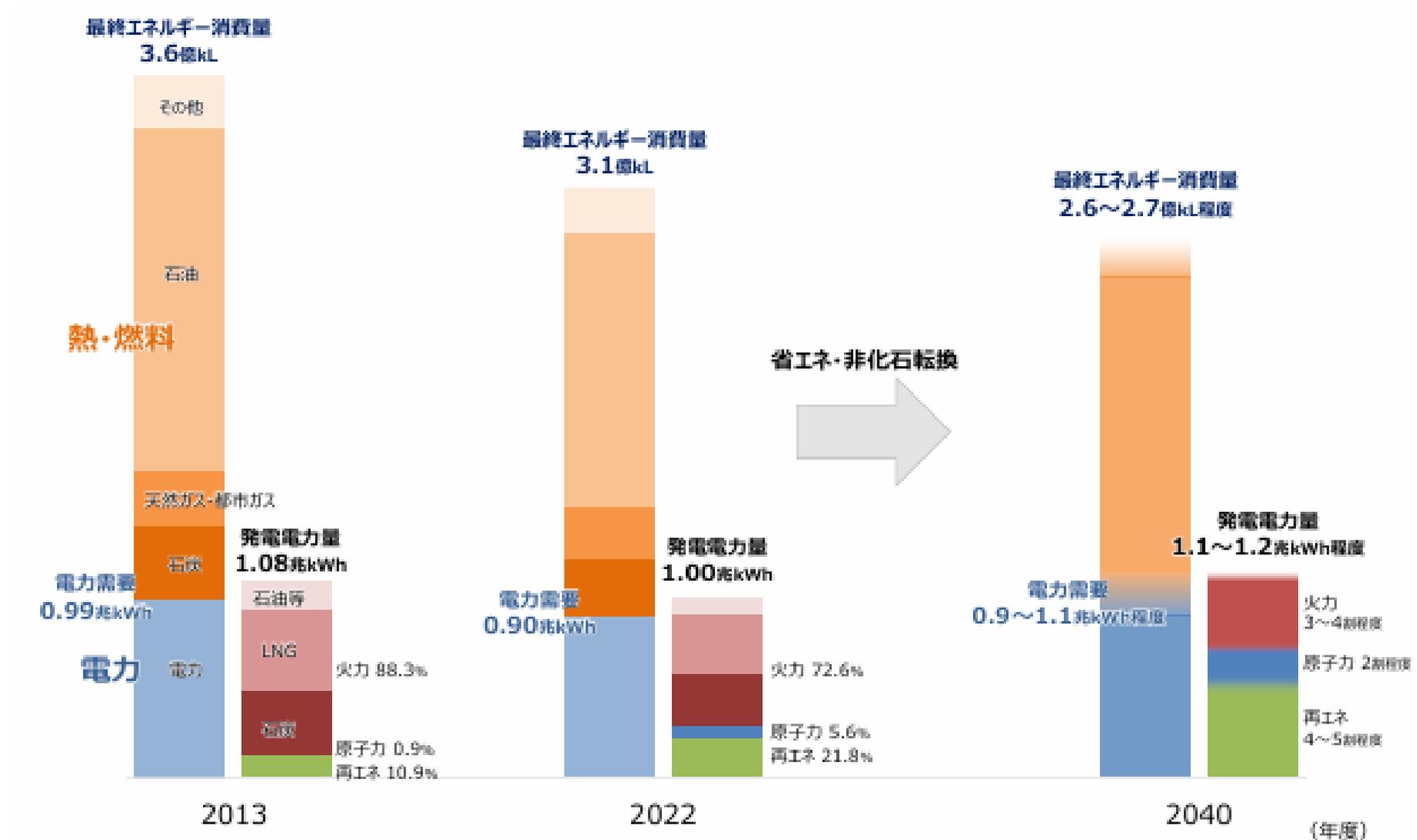
原子力発電所の現状

2025年6月19日時点



出典：資源エネルギー庁資料

○ エネルギー需給の見通し（第7期エネ基、資源エネルギー庁資料）



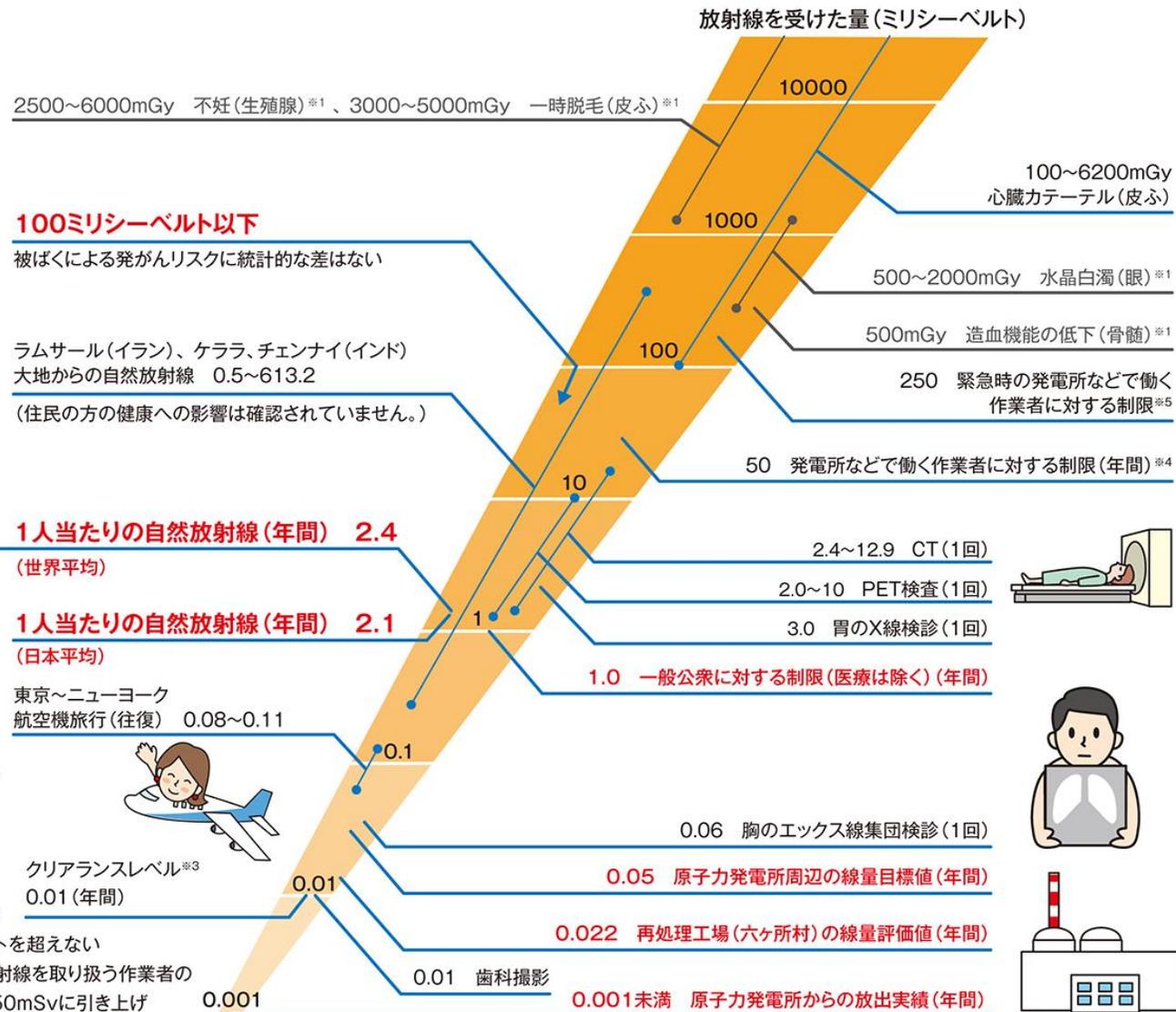
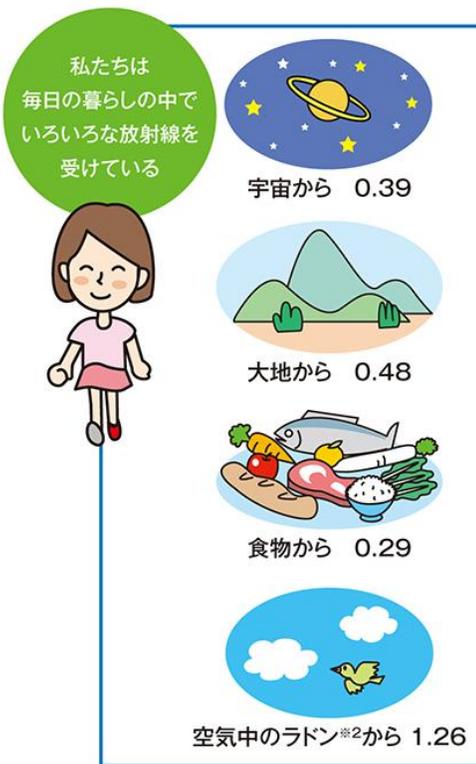
(注) 左のグラフは最終エネルギー消費量、右のグラフは発電電力量であり、送配電損失量と所内電力量を差し引いたものが電力需要。

7. 結び

- 我が国の方針
 - S + 3E を満たすエネルギーミックスが重要
 - 再生可能エネルギーの主力電源化、
 - 準国産エネルギー源としての原子力の最大限の活用、
 - および火力発電の炭素低減技術開発
- 地域における東北電力女川原子力発電所2号機の再稼働
 - 新規制基準に対応した安全対策の強化
 - 火力発電燃料の節約による電気料金増の抑制
 - メンテナンス業務など地元経済への貢献

ご清聴ありがとうございました

日常生活と放射線



※1 放射線障害については、各部位が均等に吸収線量1ミリグレイのガンマ線を全身に受けた場合、実効線量1ミリシーベルトに相当するものとして表記

※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者に対する線量は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

※5 電離放射線障害防止規制等の改正により、緊急時の放射線を取り扱う作業者の緊急作業従事期間中の線量限度を2016年4月より250mSvに引き上げ

放射線のいろいろな利用

