

SNW対話イン宇部工業高等専門学校2026

基礎講演 「エネルギー問題の基礎」

日本原子力学会シニアネットワーク（SNW）連絡会

大西祥作

お願い(アドバイス)

誰しも意図をもって資料を作成しています。

公開されている資料をもとに事実のみを資料化する姿勢で臨みましたが、この資料も例外ではありません。

「事実とウソや間違い」との違い(時期・時代が異なることによる違いを含む)、
「事実と真実」の違いを見極める情報リテラシー(情報を探し、見極め、活用する能力)を身に着ける努力をしてください。

目次

第1部 日本をとりまくエネルギー状況

- ・ 人類とエネルギーのかかわり
- ・ 3Eトリレンマと世界人口
- ・ 世界の人口とエネルギー供給量
- ・ エネルギーの種類
- ・ 天然資源の確認埋蔵量比較
- ・ 日本の一次エネルギー供給構成
- ・ エネルギー自給率の推移
- ・ 資源確保の状況
- ・ 各種燃料価格の推移
- ・ 燃料輸入価格変動による電気料金の推移
- ・ 温室効果ガスによる地球温暖化のしくみ
- ・ 平均気温の変化
- ・ 温室効果ガスの地球温暖化への寄与度
- ・ 温室効果ガス濃度
- ・ 電源別CO²排出量
- ・ 世界のCO²排出量
- ・ 各国の温室効果ガス削減目標

第2部 日本のエネルギー政策

- ・ エネルギー政策の基本方針
- ・ 第7次エネルギー基本計画
- ・ 第7次エネルギー基本計画の方向性
- ・ 日本のエネルギーバランスフロー
- ・ 脱炭素化の方向性
- ・ 各電源の特徴
- ・ 日本のエネルギー問題に対する課題

(自習のための)参考資料

I 原子力発電の概要

- ・ 火力発電と原子力発電の違い
- ・ BWRとPWRの違い
- ・ 発電用原子炉のタイプ
- ・ 火力発電と原子力発電のエネルギーの違い
- ・ 原子力発電用ウラン
- ・ 軽水炉の固有安全性
- ・ 原子力発電所の新規制基準
- ・ 稼働状況
- ・ 原子力に対する世論調査結果
- ・ 原子燃料サイクル
- ・ 使用済燃料の貯蔵量
- ・ 放射性廃棄物の種類と処分の概要

(自習のための)参考資料

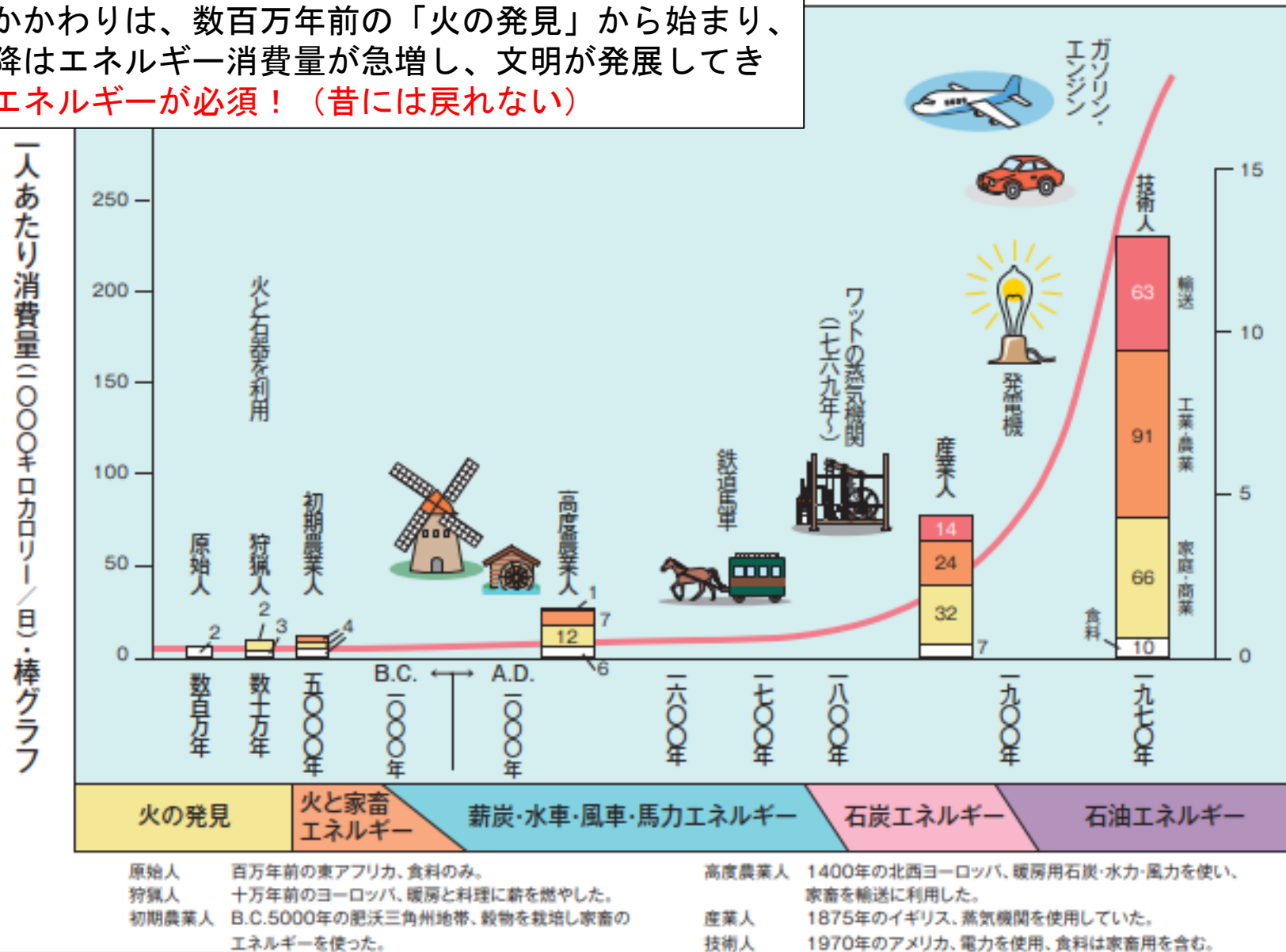
II 放射線の基礎

- ・ 放射線の種類と透過力
- ・ 放射線に関する単位
- ・ 放射線の減り方
- ・ 日常生活と放射線
- ・ 放射線のいろいろな利用
- ・ 放射線防護の基本
- ・ 放射線を一度に受けた時の症状
- ・ 線量限度について
- ・ 放射線物モニタリング情報共有・公表システム

第1部 日本をとりまくエネルギー状況

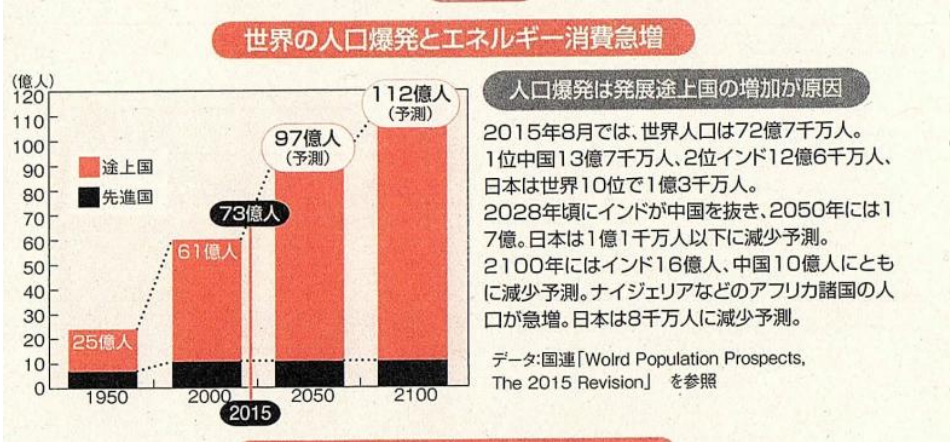
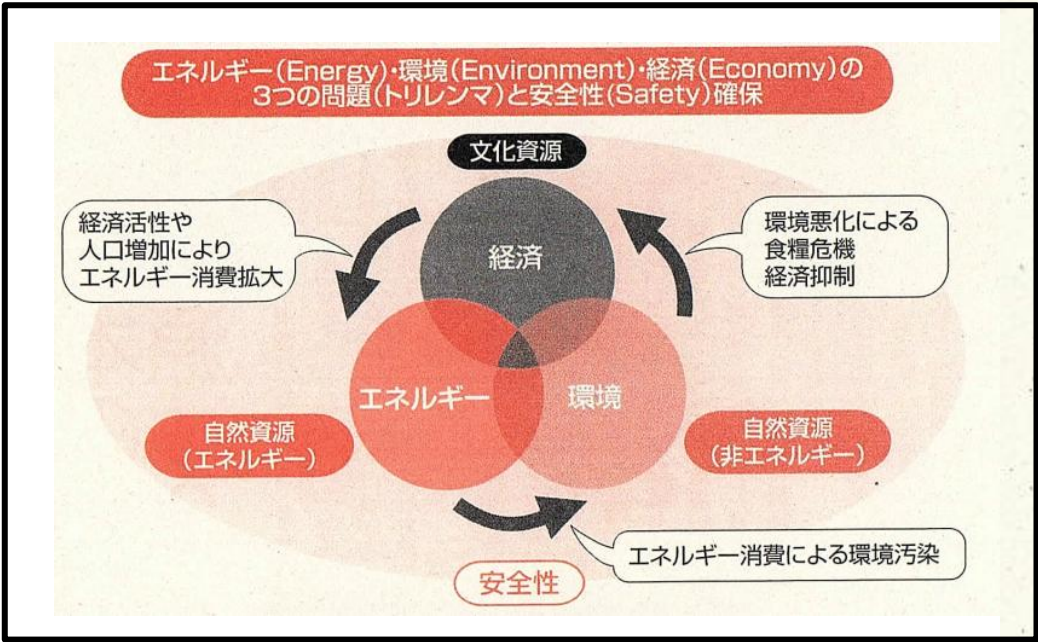
人類とエネルギーのかかわり

人類とエネルギーのかかわりは、数百万年前の「火の発見」から始まり、18世紀の動力革命以降はエネルギー消費量が急増し、文明が発展してきた。⇒ **現代人にはエネルギーが必須！（昔には戻れない）**



石油換算消費量(二〇〇万キロリットル/旦)・曲線グラフ

3Eトリレンマと世界人口



出典：とことんやさしいエネルギーの本（第二版）、山崎耕造、日刊工業新聞社

20220713毎日朝刊

出典：.2022年7月3日毎日新聞

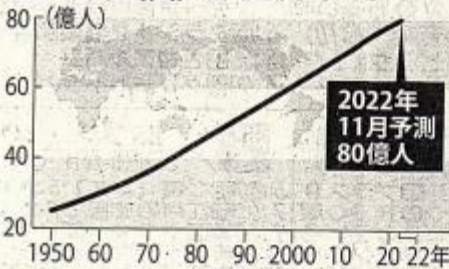
世界人口 11月に80億人

国連は11日、世界の人口が今年11月中旬に80億人を突破し、来年にはインドの人口が中国を追い抜いて世界最多になるとの推計を発表した。新型コロナウイルスの感染拡大の影響で、世界の平均寿命は2019年の72・8歳から昨年は71・0歳に下がったことも明らかにした。

11日の世界人口デーに合わせて報告書を発表した。それによると、22年時点のインドの人口は既に14億1200万人で、中国の14億2600万人に迫る。インドは50年の時点で16億68

国連推計 インド、中国抜き最多へ

世界人口の推移 ※国連による



00万人まで増加し、減少に転じる中国の13億1700万人を大きく上回るとの見通しを示した。

インドは、乳幼児死亡率が顕著に下がっている。一方、世界の人口は現在79億4200万人。人口の増加ペースは落ちており、20年には人口の増加率が1950年以来初めて年1%を下回った。報告書は、30年に85億人、50年に97億人、80年代に104億人でピークに達し、100年までその水準が続くと予想している。

【ニューヨーク隅俊之】

方、中国は15年に「一人っ子政策」の廃止を決定。21年には3人目の出産も認められ、教育費の高さなどを背景に少子化が加速する見通しは立っていない。

一方、世界の人口は現在79億4200万人。人口の増加ペースは落ちており、20年には人口の増加率が1950年以来初めて年1%を下回った。報告書は、30年に85億人、50年に97億人、80年代に104億人でピークに達し、100年までその水準が続くと予想している。

81.2億人

@2024年4月



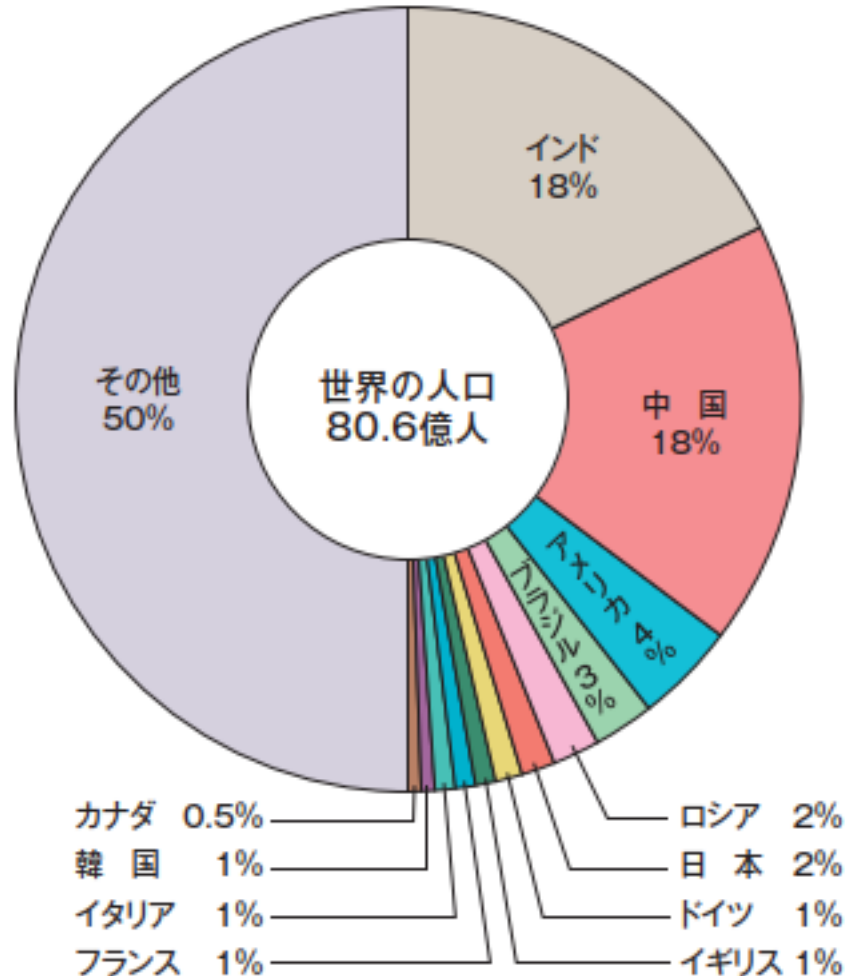
82.8億人

@2026年3月

出典：
https://worldpopulationclock.net/?utm_source=copilot.com

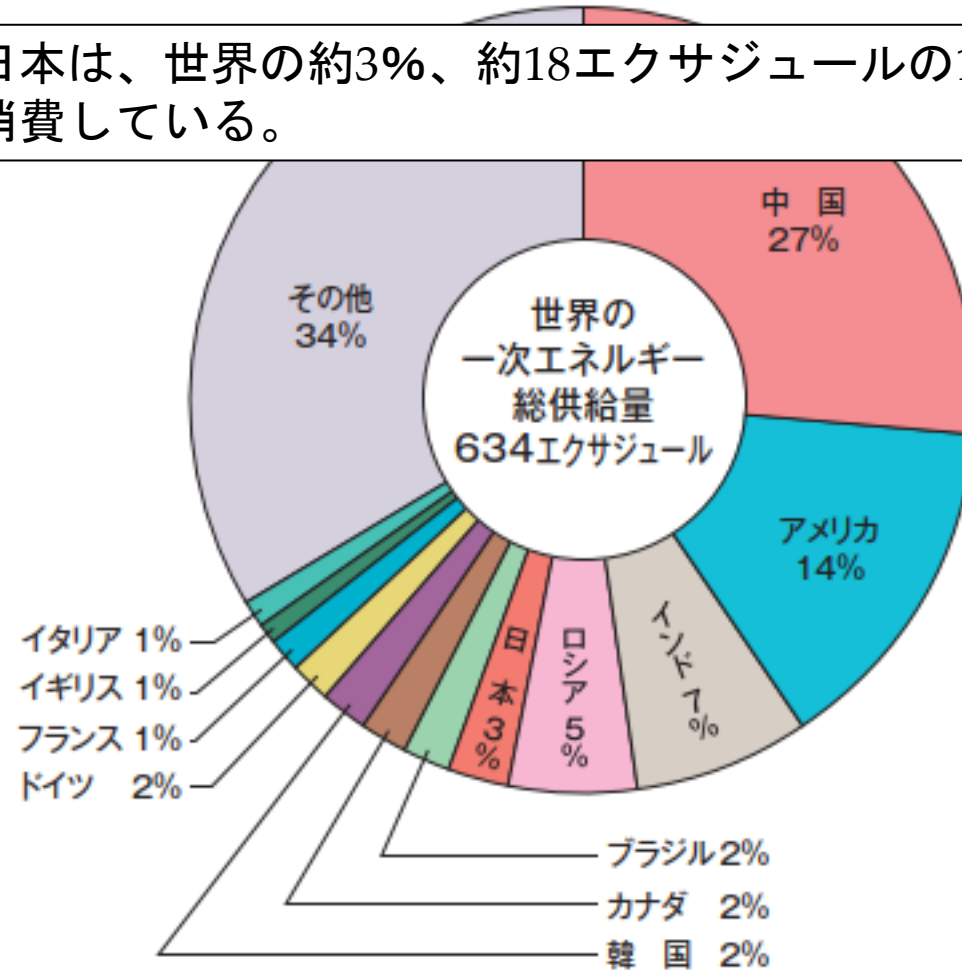
世界の人口とエネルギー供給量

世界の人口(2023年)



世界の一次エネルギー総供給量(2023年)

日本は、世界の約3%、約18エクサジュールの1次エネルギーを消費している。



1エクサジュール
= 10^{18} ジュール

エネルギーの種類 (1/2)

私たちの身の回りのエネルギーである電気、都市ガス、ガソリン、灯油などは「二次エネルギー」と言われ、「一次エネルギー」から生産されるものです。

■エネルギーの分類

●一次エネルギー（天然資源による分類）

- 化石燃料（世界は85%～90%依存）
 - 石炭、原油・石油、天然ガスなど
- 再生可能エネルギー（再エネ）
 - 水力、地熱、バイオ、太陽光、風力など
- 原子力エネルギー
 - 核分裂、核融合

●二次エネルギー（一次エネルギーから生産）

- ・電気、都市ガス※、水素、ガソリン、灯油など

エネルギーとは、「仕事をする力」(モノを動かす能力)であるのに対して、石油や石炭などの資源は、エネルギーのもととなるもの＝原料や材料のことです。

電気やガスなどは、石油や石炭、天然ガスなどの資源を使いやすいようにつくり変えたもの(変換)であり、自然界からとれた石油や石炭などの資源を「一次エネルギー」、変換・加工された電気や都市ガス、ガソリンなどを「二次エネルギー」とよんでいます。

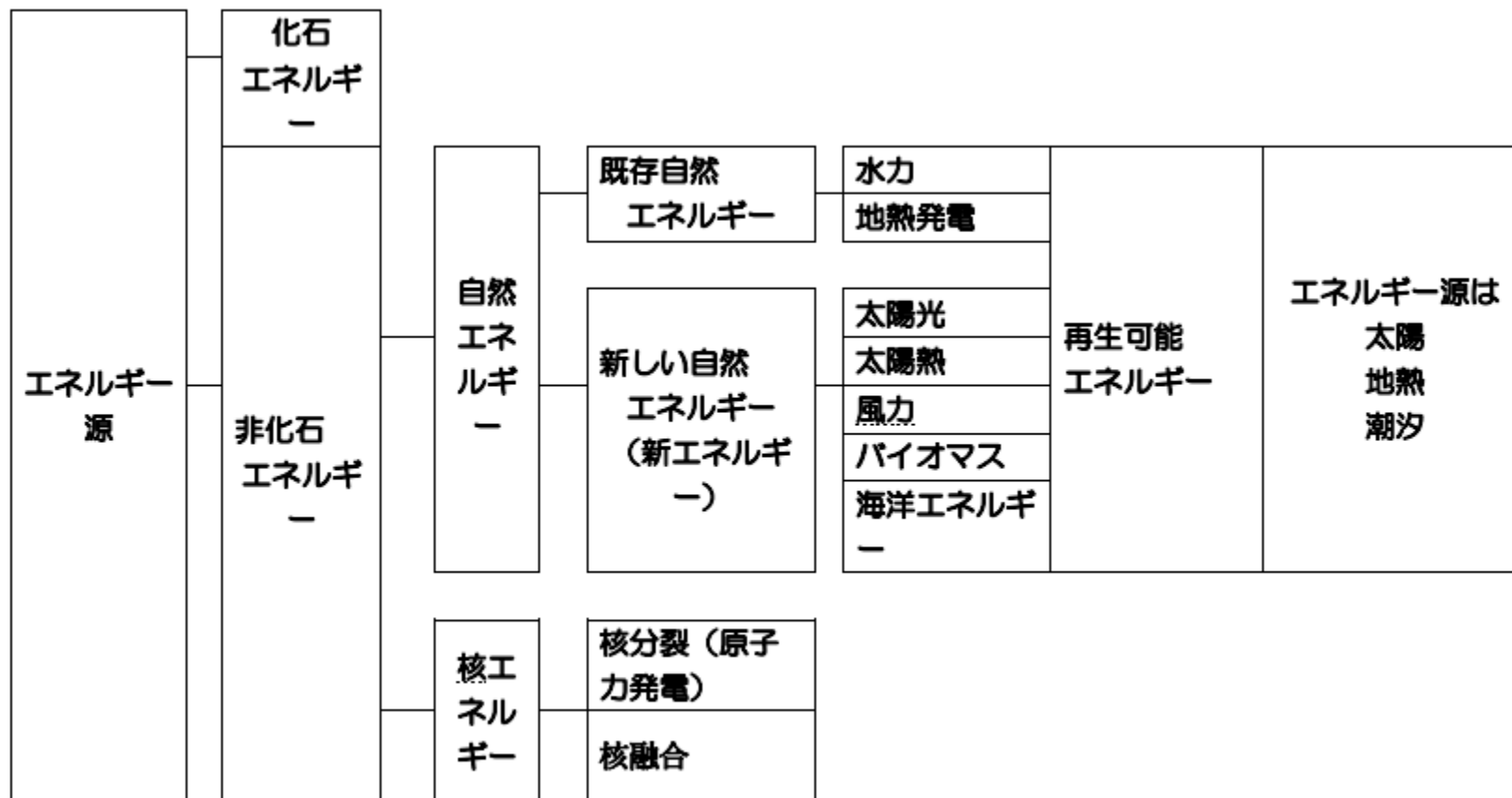
またエネルギーの分け方には、いろんな方法がありますが、代表的な分け方が「化石エネルギーとその他のエネルギー(非化石エネルギー)」とよばれるものです。



出典：四国電力HP

※天然ガスを精製・加工して作られる

エネルギーの種類 (2/2)



天然資源の確認埋蔵量比較

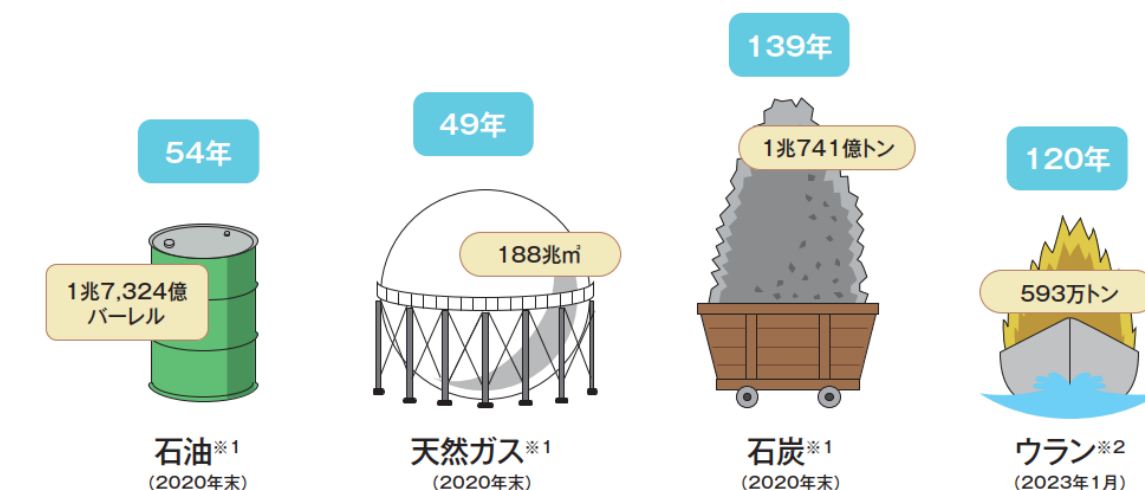
■**石油**は50年前もあと50年と言われたが今でもあと50年と言われるのは、価格が高騰し需要があれば掘削に投資できるから。

■**頁岩（シェール）に含まれる石油や天然ガス**を採掘する技術開発により米国で大量に生産され、米国は資源輸出国に。

■**石炭**は地球上に広く存在する資源で埋蔵量はまだ数百年ある。

■**化石燃料は有限であり、いずれは枯渇する運命。**

■**ウラン**は使用済み燃料を再処理し得られたプルトニウムを高速増殖炉により更にプルトニウムが増殖され約3000年分の燃料に出来る。



(注) 可採年数=確認可採埋蔵量/年間生産量
ウランの確認可採埋蔵量は費用130ドル/kgU未満

1-1-6

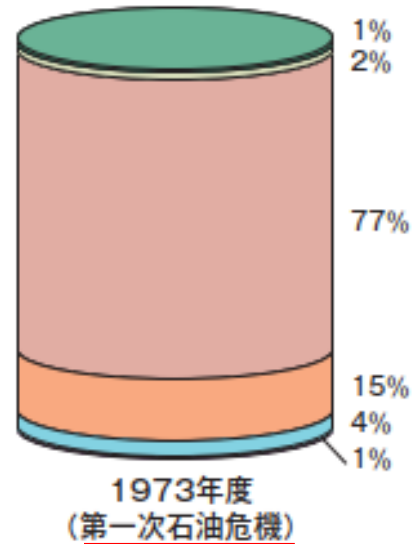
出典: (※1) 2025 Energy Institute Statistical Review of World Energy, (※2) OECD/NEA, IAEA [Uranium 2024] より作成

出典: 日本原子力文化財団原子力・エネルギー図面集

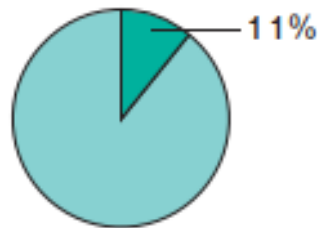
日本の一次エネルギー供給構成の推移

安定供給

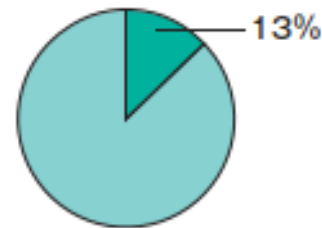
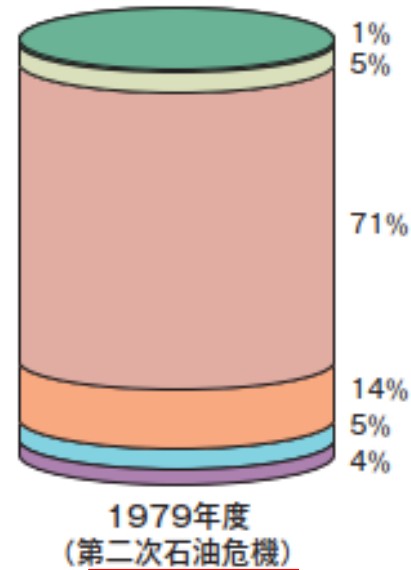
総供給量 16,133PJ



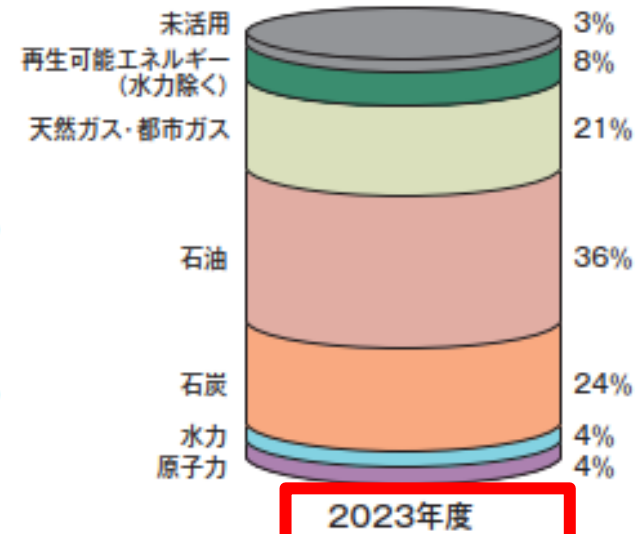
国産
エネルギー
比率



17,210PJ



17,575PJ



未活用：有効に利用できる可能性があるにもかかわらず、利用されてこなかったエネルギー
(例：工場の排熱)

化石燃料
依存度
81%

自給率
19%

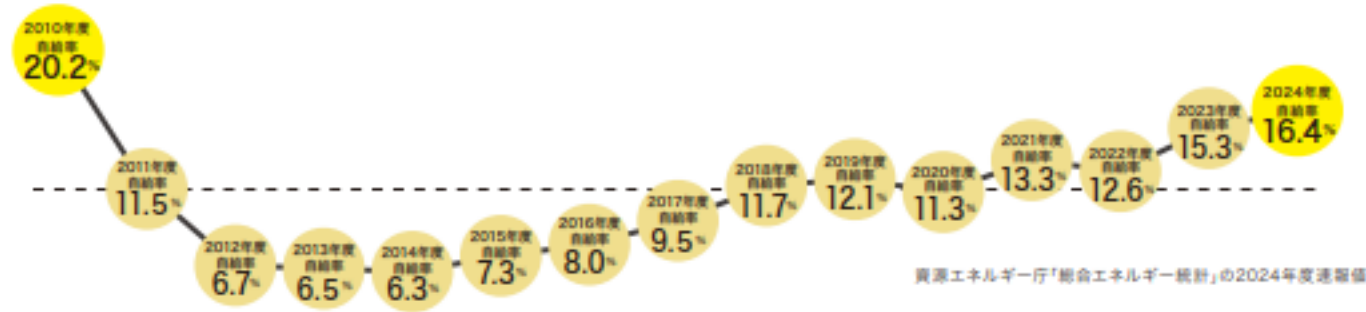
(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある
1PJ(=10¹⁵J)は原油約25,800kℓの熱量に相当(PJ:ペタジュール)
原子力はその特性上準国産エネルギーとして扱われる
「総合エネルギー統計」は、1990年度以降の数値について算出方法が変更されている

エネルギー自給率の推移

Q 日本は、国内の資源でどのくらいエネルギーを自給できていますか？

A 2024年度の日本の自給率は16.4%で、他のOECD諸国と比べても低い水準です。

我が国のエネルギー自給率

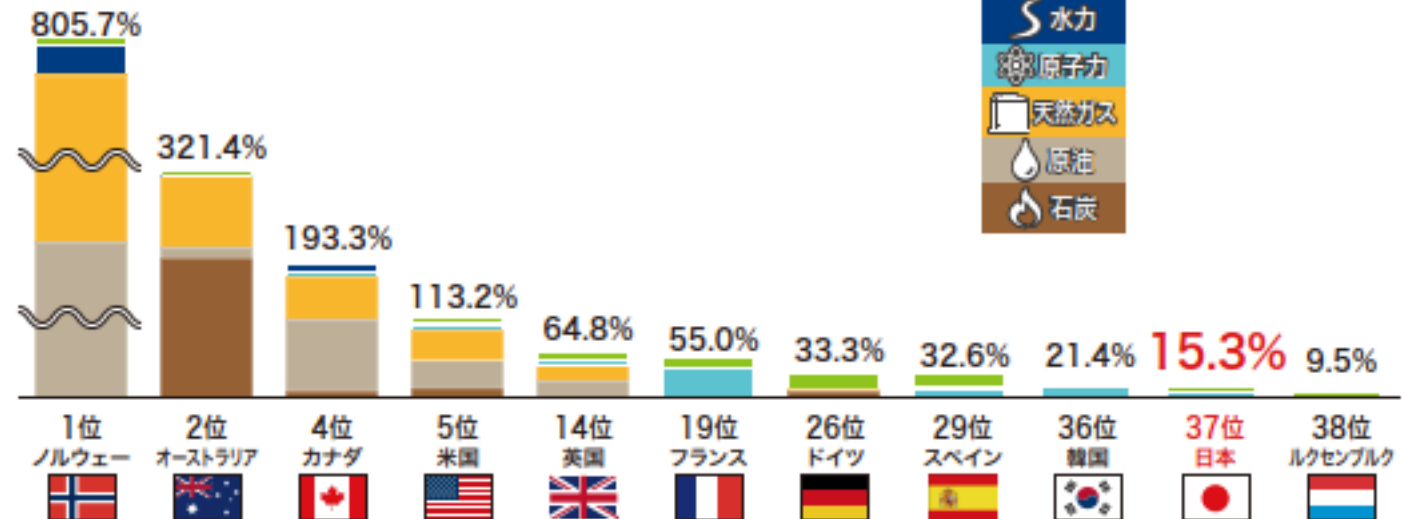


**2024年度の自給率
16.4%(速報値)**

一次エネルギー：石油、天然ガス、石炭、原子力、太陽光、風力などのエネルギーのもともとの形態

エネルギー自給率：国民生活や経済活動に必要な一次エネルギーのうち、自国内で産出・確保できる比率

主要国の一次エネルギー自給率比較(2023年)



出典：IEA「World Energy Balances 2025」の2023年推計値、日本のみ資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」の2023年度速報値。※表内の順位はOECD38カ国中の順位

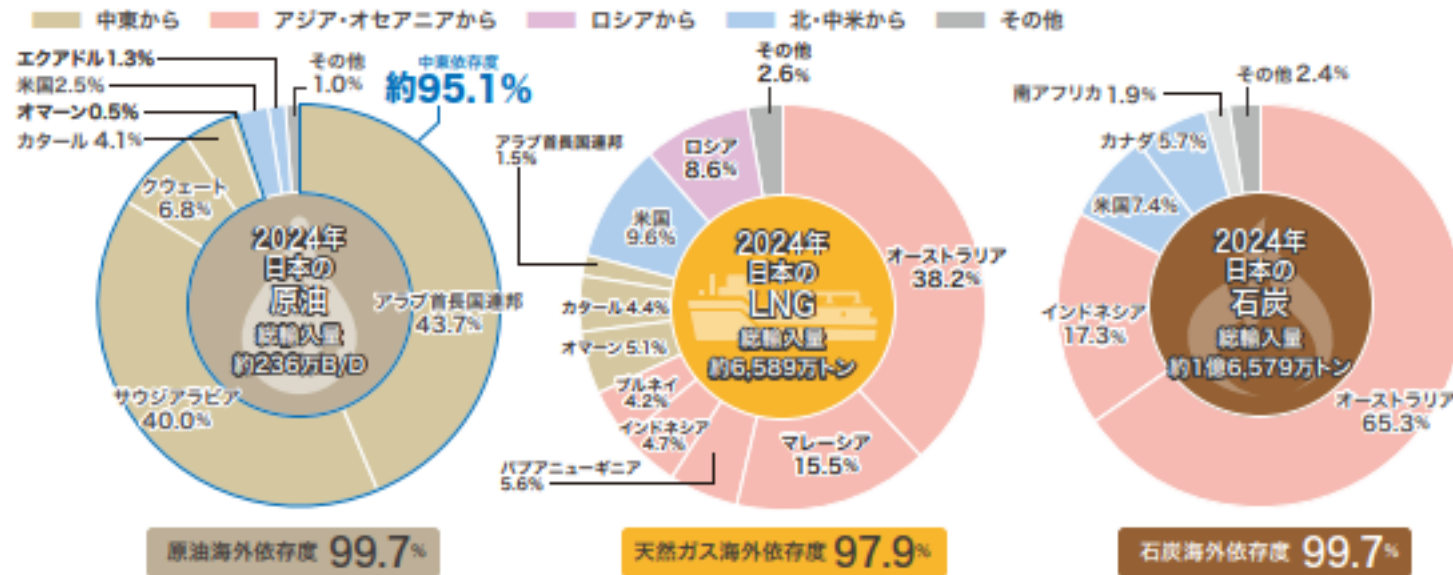
出典：日本のエネルギー2026年2月発行（資源エネルギー庁）

資源確保の状況

Q 日本はどのような国から化石燃料を輸入していますか？

A 原油は中東地域に90%以上依存しています。
LNGや石炭は、中東地域依存度は低いものの、アジアなど、海外からの輸入に頼っています。

日本の化石燃料輸入先(2024年)



出典：財務省貿易統計(海外依存度は総合エネルギー統計より、年度ベース)

化石燃料資源の安定確保に向けた取組：原油では、原油調達先である中東諸国との関係強化を進める。LNGでは、調達先の多角化、更なる権益獲得に向けた取組、メタンハイドレート等の国内資源開発の促進のほか、LNG長期契約の確保を促進するための措置の検討を行う。また、経済安全保障推進法に基づき天然ガスを特定重要物資に指定し、戦略的な余剰LNGの確保・運用を行うとともに、有事の際には、LNGの事業者間融通の枠組みにより対応。

出典：日本のエネルギー2026年2月発行（資源エネルギー庁）

化石燃料の海外依存度 (2024年度)

- ・ 原油：99.7%
中東95.1%
- ・ LNG：97.9%
- ・ 石炭：99.7%

各種燃料価格の推移

燃料価格が、電気料金やエネルギーコストに影響します。

過去の燃料価格の推移と現在の状況



出典：日本のエネルギー2026年2月発行（資源エネルギー庁）

安定供給

経済効率性
(コスト)

LNG輸入価格
(右軸)

石炭輸入価格
(左軸)

原油輸入価格
(左軸)

燃料輸入価格の変動による 電気料金の推移^{注)}

注) 再エネコストの負担も要因としてある

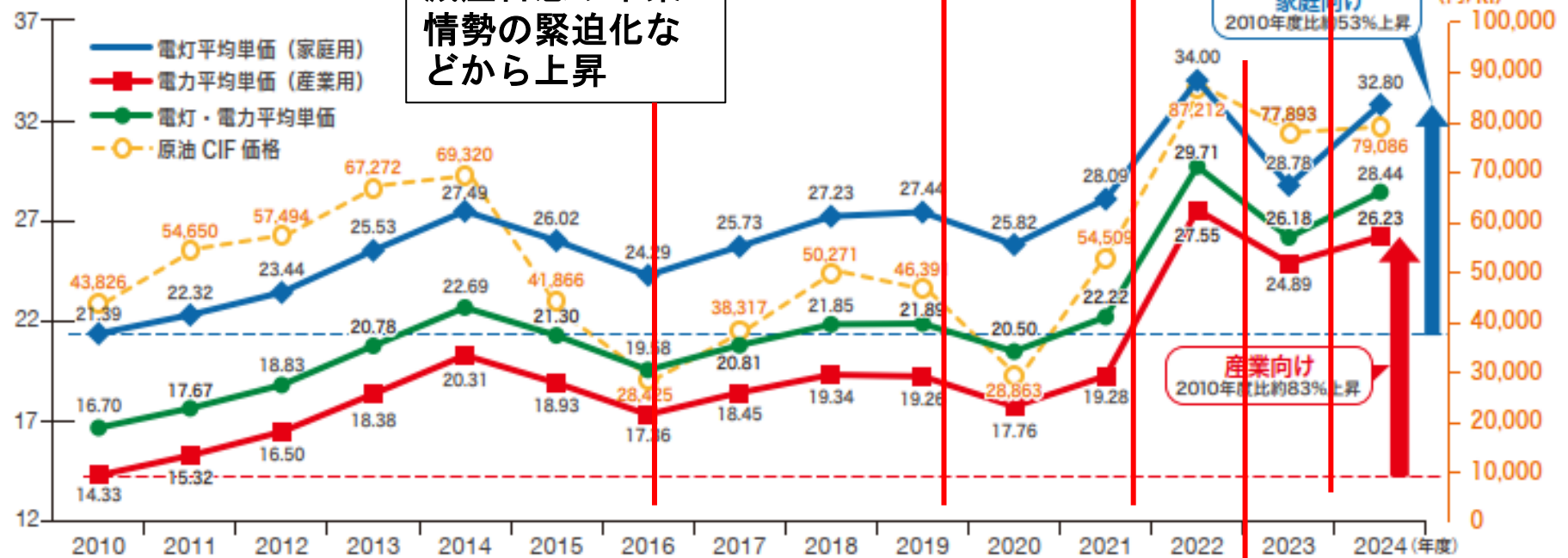
新型コロナウイルスの汚染拡大やOPECプラスの協議決裂などから下落

ウクライナ情勢をまぐる地政学的緊張の高まりなどを上げ上昇

円安進行や補助金縮小による実質コストの上昇

電気料金平均単価の推移

電気料金単価
(円 / kWh)



出典: 各電力会社決算資料、電力取引報等を基に作成

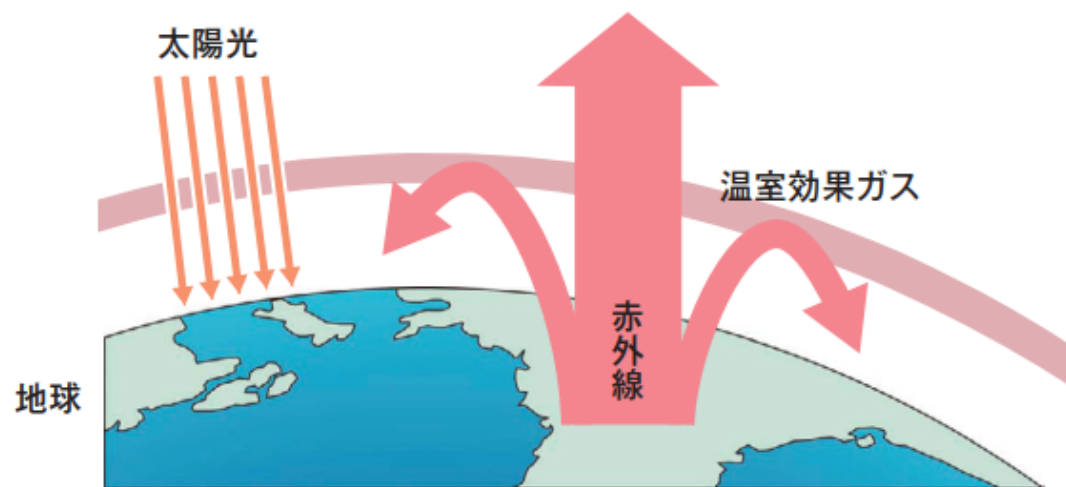
出典: 日本のエネルギー2026年2月発行 (資源エネルギー庁)

原油CIF価格: 輸入額に輸送料、保険料等を加えた貿易取引の価格

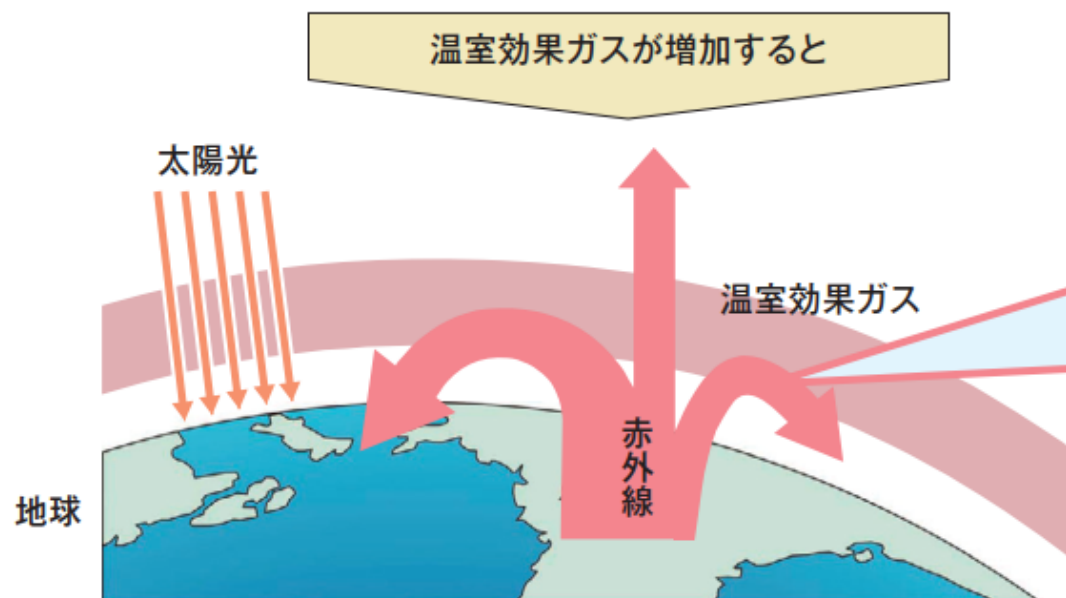
世界的な景気減速懸念や中国経済の伸び悩みなど、需要側の弱さが価格を押し下げた影響

温室効果ガスによる 地球温暖化のしくみ

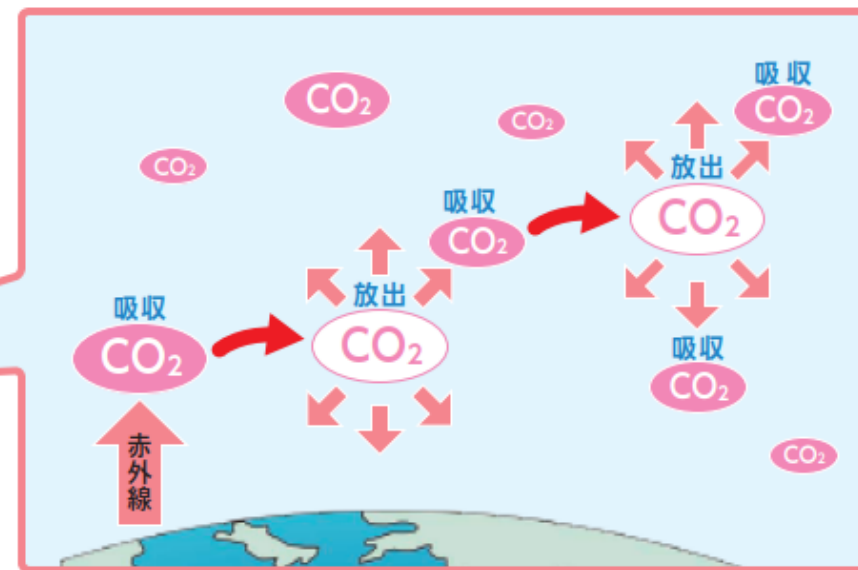
温室効果のしくみ



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

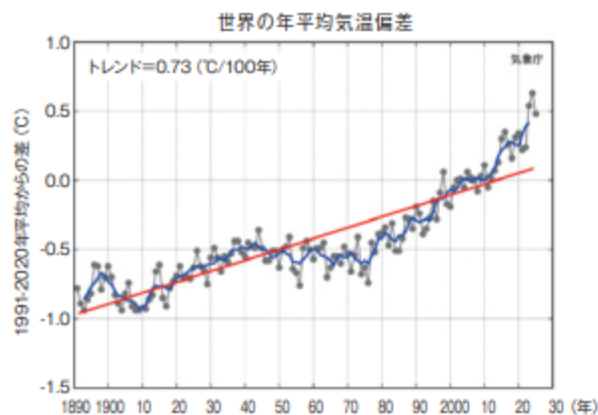


二酸化炭素 (CO₂) が増えることにより地表に向かう赤外線が増える。

平均気温の変化

平均気温の変化

世界の年平均気温の偏差(1891~2025年)



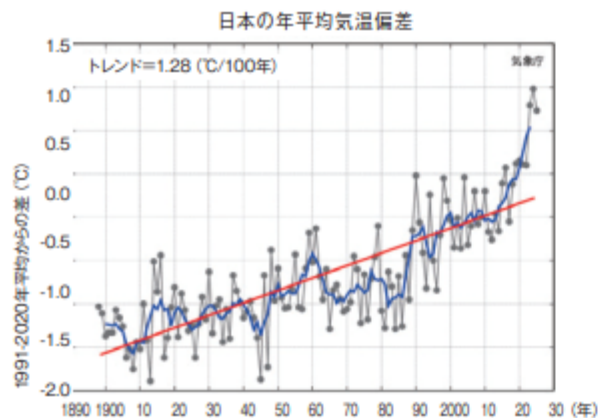
細線(黒) : 世界約2,300~2,600地点での平均気温の基準値(1991~2020年の30年平均値)からの偏差
(2025年は偏差+0.48°C)

太線(青) : 偏差の5年移動平均値

直線(赤) : 長期変化傾向
(100年あたり0.79°Cの割合で上昇)

約0.79°C/100年の割合で上昇

日本の年平均気温の偏差(1898~2025年)



細線(黒) : 国内15観測地点[※]での平均気温の基準値(1991~2020年の30年平均値)からの偏差
(2025年は平均差+1.23°C)

太線(青) : 偏差の5年移動平均値

直線(赤) : 長期変化傾向
(100年あたり1.44°Cの割合で上昇)

約1.44°C/100年の割合で上昇

※15観測地点: 網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木(高岡市)、飯田、銚子、境、浜田、彦根、宮崎、多度津、名瀬、石垣島

温室効果ガスの地球温暖化への寄与度

温室効果ガスの地球温暖化への寄与度

産業革命以降人為的に排出された温室効果ガスによる地球温暖化への寄与度(2008年度)

日本が排出する温室効果ガスの地球温暖化への直接的寄与度(2023年度)

GWP
同じ重さでCO2と比較した温暖化の効き方
(100年間平均)

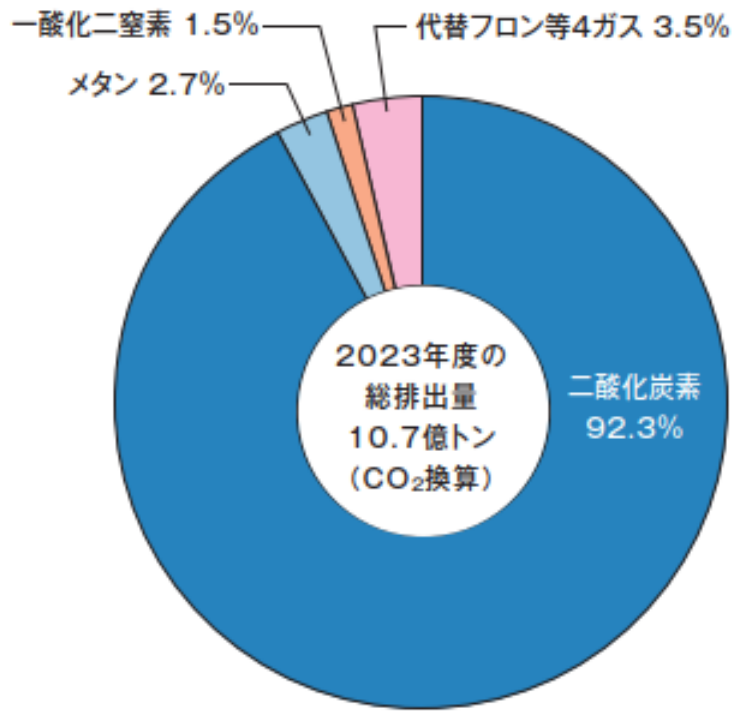
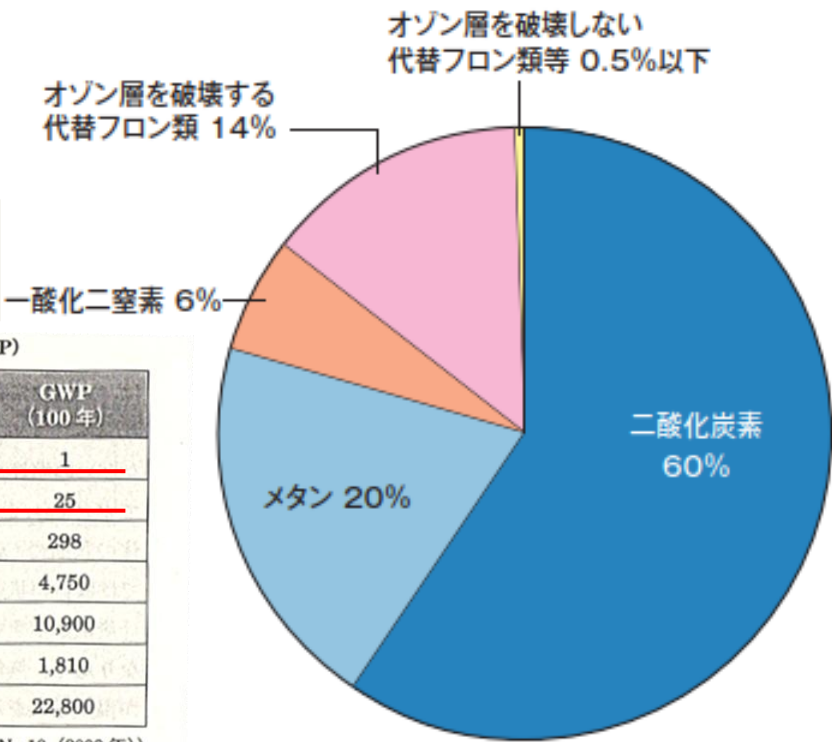
表 3・1 温室効果ガスと地球温暖化係数 (GWP)

化学式	大気濃度 (2005 年 / ppb)	大気寿命 (年)	GWP (100 年)
CO ₂	379,000	—	1
CH ₄	1,774	12	25
N ₂ O	319	114	298
CCl ₃ F	0.251	45	4,750
CCl ₂ F ₂	※ 0.538	100	10,900
CHCl ₂ F	0.169	12	1,810
SF ₆	0.006	3,200	22,800

(出典：地球環境センターニュース、Vol.18、No.10 (2008 年))

※ :フロン

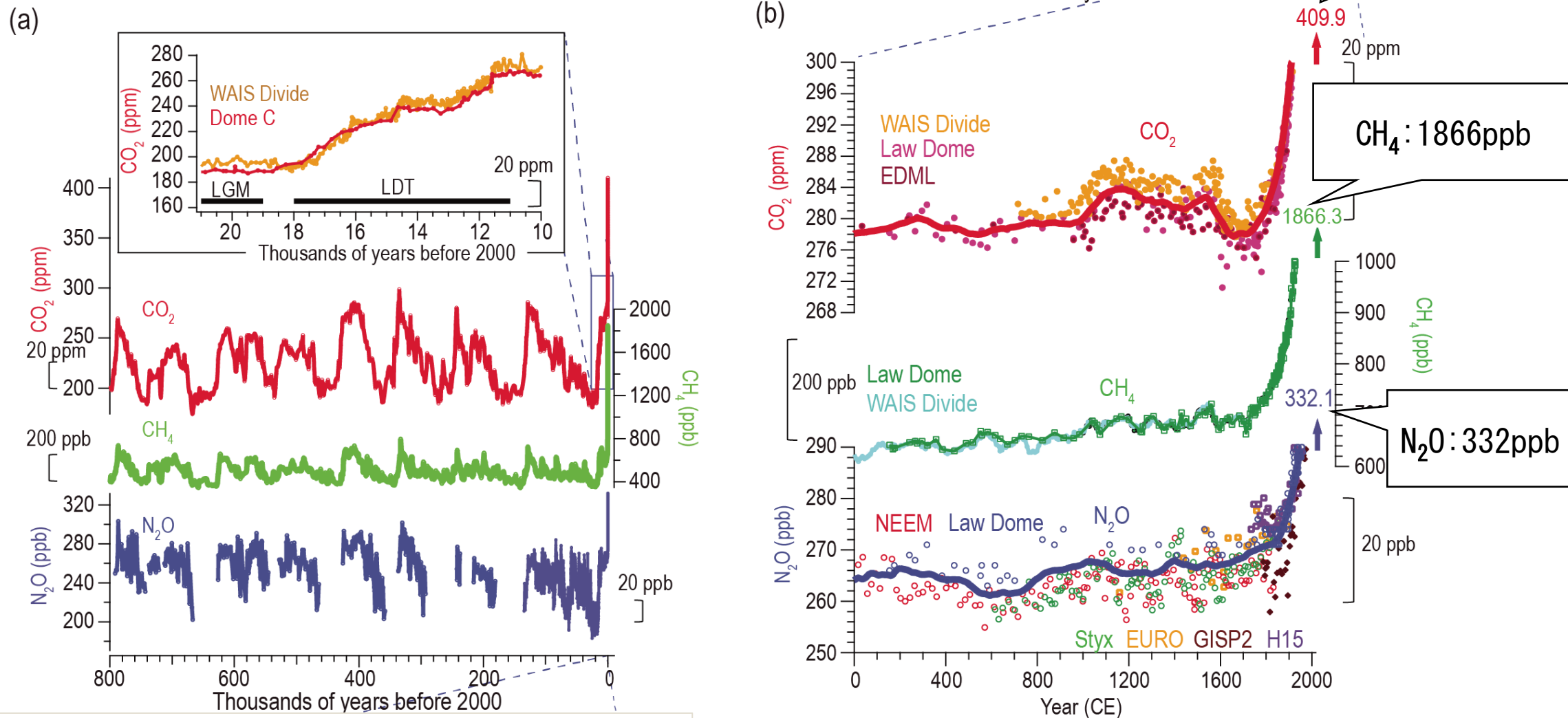
出典：よくわかる環境科学、鈴木孝弘、オーム社



出典：日本原子力文化財団原子力・エネルギー図面集

温室効果ガス濃度

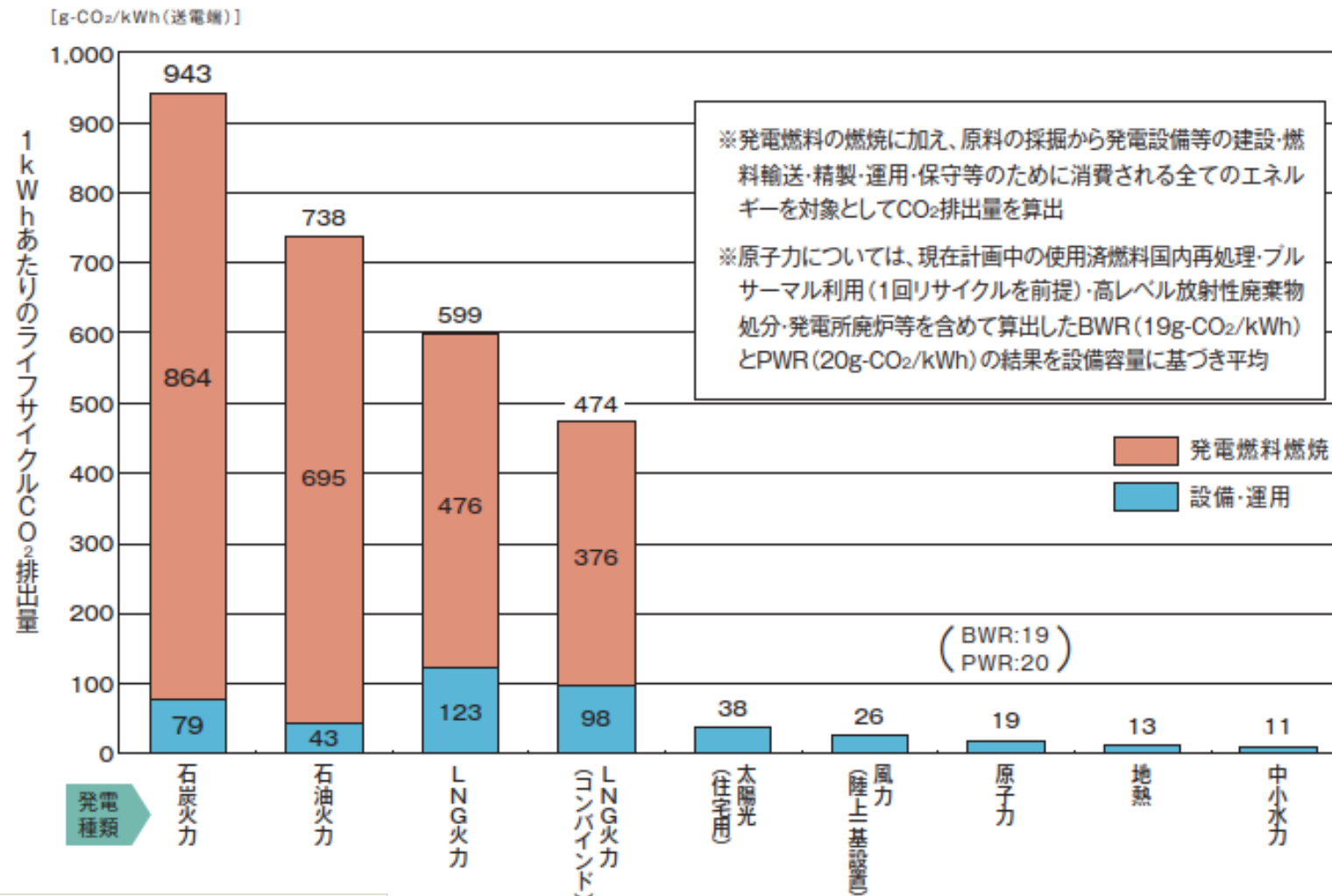
Evolution of well-mixed greenhouse gases



出典：IPCC第六次評価報告書 WG1 2章 図2.4 [IPCC_AR6_WGI_Figure_2_4.png \(1066 × 2287\)](#)

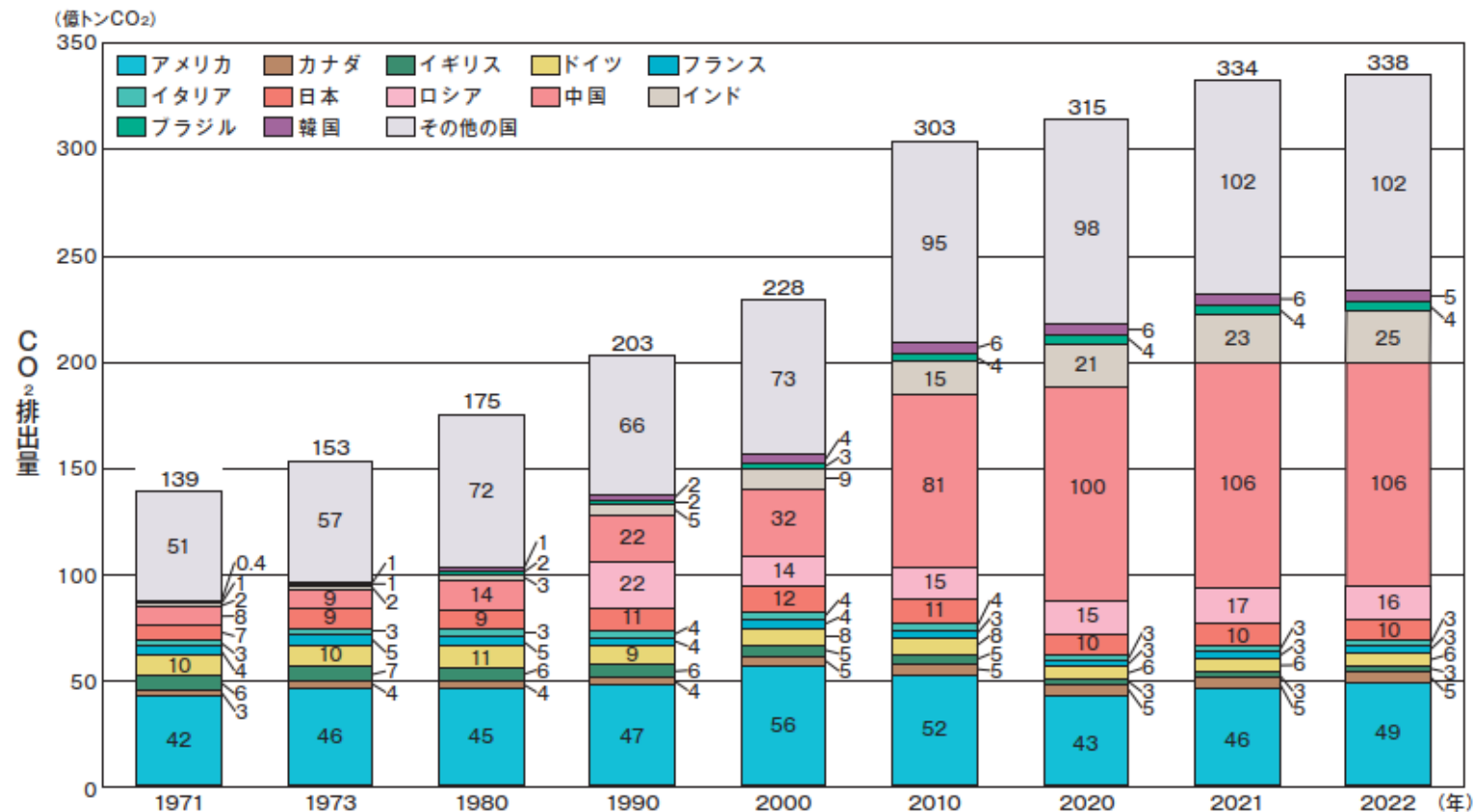
電源別CO₂排出量

各種電源別のライフサイクルCO₂排出量



世界のCO₂排出量

世界のCO₂排出量の推移



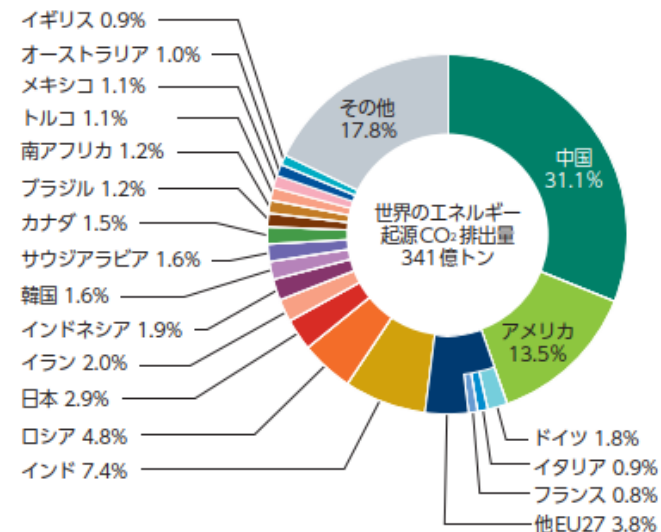
(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある
ロシアについては1990年以降の排出量を記載。1990年以前については、その他の国として集計

2-1-4

出典：(一財) 日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧2025」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

図 1-1-6 世界のエネルギー起源 CO₂ の国別排出量 (2022年)



資料：国際エネルギー機関 (IEA) 「Greenhouse Gas Emissions from Energy Highlights」 2024 EDITION を基に環境省作成

出典：令和7年版 環境白書第2部1章、環境省

各国の温室効果ガス削減目標

日本・EU・英国・米国・中国・インドの カーボンニュートラル表明状況

	日本	EU	英国	中国	インド	米国
						
2020	↓	↓	↓	↓	↓	2025年1月に「パリ協定」から離脱する大統領令に署名
2030	2013年度比で46%減、さらに2035年度、2040年度において、それぞれ60%、73%削減	1990年度比で少なくとも55%減(NDC)	1990年度比で少なくとも68%減(NDC)	2030年までにCO ₂ 排出を減少に転換(国連演説)	2005年度比で33~35%削減(NDC)	
2040	↓	↓	↓	↓	↓	
2050	カーボンニュートラル(法定化)	カーボンニュートラル(長期戦略)	カーボンニュートラル(法定化)	↓		
2060				カーボンニュートラル(国連演説)	↓	
2070					カーボンニュートラル(COP26で宣言)	

出典:経済産業省資料より作成

第2部 日本のエネルギー政策

エネルギー政策の基本方針

S+3E (エス プラス スリーイー)

基本方針

Q エネルギー政策の基本方針はどうなっていますか？

A 安全性(Safety)の確保を大前提に、エネルギー安定供給(Energy Security)を第一として、経済効率性の向上(Economic Efficiency)と環境への適合(Environment)を図るべく、取組を進めています(S+3E)。
日本は、すぐに使える資源に乏しく、国土を山と深い海に囲まれているといった地理的制約を抱えています。エネルギー安定供給と脱炭素を両立する観点から、再生可能エネルギーを主力電源として最大限導入するとともに、特定の電源や燃料源に過度に依存しないようバランスのとれた電源構成を目指していきます。

S+3Eの大原則

安全性 Safety
安全性の確保が大前提



安定供給
Energy Security

2040 年度にエネルギー自給率 3 ～ 4 割程度
を見込む (2024 年度 16.4%)

経済効率性
Economic Efficiency

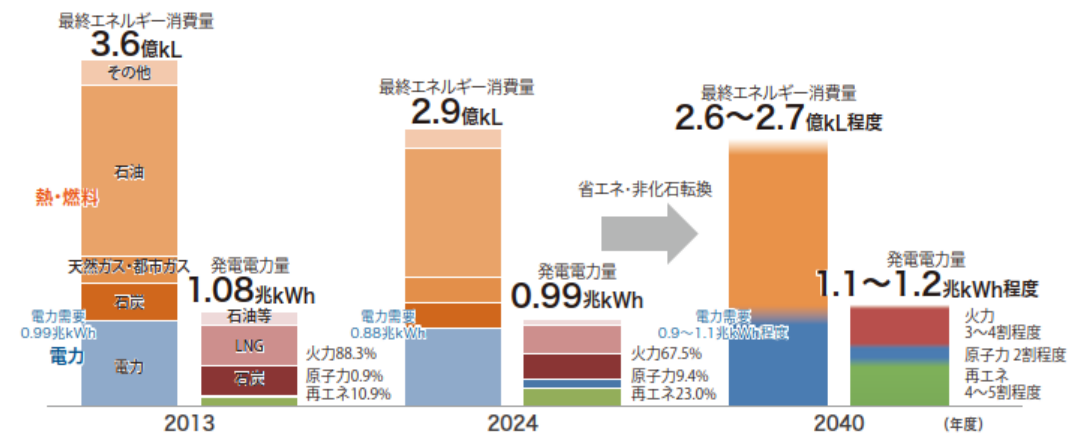
国際的に遜色ない価格

環境適合
Environment

世界全体での1.5℃目標と整合的で、野心的
な削減目標(2013年度比)である2035年度
▲60%、2040年度▲73%を目指す

第7次エネルギー基本計画@2025.2

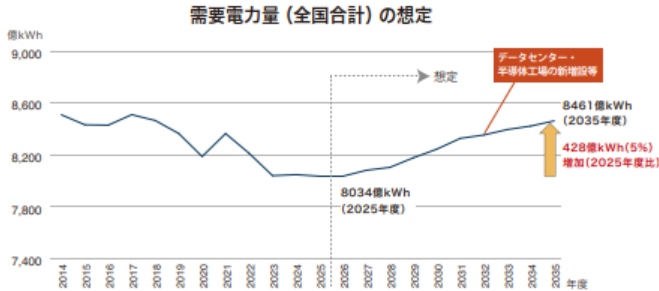
エネルギー需給の見通し(イメージ)



(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、送配電損失と所内電力量を差し引いたものが電力需要。
出典：総合エネルギー統計(2024年度速報)、2040年度におけるエネルギー需給の見通しを元に資源エネルギー庁作成

デジタル化の進展等による電力需要

人口減少や節電・省エネ等により家庭部門の電力需要は減少傾向でしたが、足下では増加に転じ、今後もデータセンターや半導体工場の新増設等による産業部門の電力需要の増加により、省エネ等の進展を考慮してもなお、全体として電力需要は増加に転じると見込まれています。



※現時点でのデータセンター・半導体工場の申込状況をもとに想定、将来の新増設申込の動向により変わる可能性がある。
出典：電力広域的運営推進機関・EP 2026年度 全国及び供給区域ごとの需要想定について

エネルギー自給率
一次エネルギーのうち、
自国内で産出・確保できる比率

	2023年度 (速報値)	2040年度 (見通し)
エネルギー自給率	15.2%	3～4割程度
発電電力量	9854億kWh	1.1～1.2兆kWh程度
電源構成		
再エネ	22.9%	4～5割程度
太陽光	9.8%	23～29%程度
風力	1.1%	4～8%程度
水力	7.6%	8～10%程度
地熱	0.3%	1～2%程度
バイオマス	4.1%	5～6%程度
原子力	8.5%	2割程度
火力	68.6%	3～4割程度
最終エネルギー消費量	3.0億kL	2.6～2.7億kL程度
温室効果ガス削減割合 (2013年度比)	22.9% ※2022年度実績	73%

出典：エネルギー基本計画の概要 令和7年2月資源エネルギー庁

第7次エネ基では2050年の割合は参考値としても示されていない。

1
出典：日本のエネルギー2026年2月発行（資源エネルギー庁）

$1\text{P(ペタ)}\text{J}=10^{15}\text{J}=0.0262\times 10^6\text{原油換算kL}$

第7次エネルギー基本計画の方向性（エネルギーミックスと脱炭素電源の最大限の活用）

1. エネルギー政策の基本的視点(S+3E)

- 1) エネルギー政策の要諦である、S+3E（安全性、安定供給、経済効率性、環境適合性）の原則は維持。
- 2) 安全性を大前提に、エネルギー安定供給を第一として、経済効率性の向上と環境への適合を図る。

2. 2040年に向けた政策の方向性

- 1) DXやGXの進展による電力需要増加が見込まれる中、それに見合った脱炭素電源を国際的に遜色ない価格で確保できるかが我が国の産業競争力に直結する状況。

2040年度に向けて、本計画と「GX2040ビジョン」を一体的に遂行。

GX(グリーントランスフォーメーション)

脱炭素技術や再エネ導入で産業構造を転換し、持続的成長を実現する取り組み。

DX(デジタルトランスフォーメーション)

デジタル技術で業務やビジネスモデルを革新し、生産性と価値創出を高める変革

- 2) すぐに使える資源に乏しく、国土を山と深い海に囲まれるなどの我が国の固有事情を踏まえれば、エネルギー安定供給と脱炭素を両立する観点から、再生可能エネルギーを主力電源として最大限導入するとともに、特定の電源や燃料源に過度に依存しないようバランスのとれた電源構成を目指していく。

- 3) エネルギー危機にも耐えうる強靱なエネルギー需給構造への転換を実現するべく、徹底した省エネルギー、製造業の燃料転換などを進めるとともに、再生可能エネルギー、原子力などエネルギー安全保障に寄与し、脱炭素効果の高い電源を最大限活用する

- 4) 2040年に向け、経済合理的な対策から優先的に講じていくといった視点が不可欠。S+3Eの原則に基づき、脱炭素化に伴うコスト上昇を最大限抑制するべく取り組んでいく。

日本のエネルギー・バランス・フロー (2023年度)

【第11-1-3】日本のエネルギー・バランス・フロー概要(2023年度)

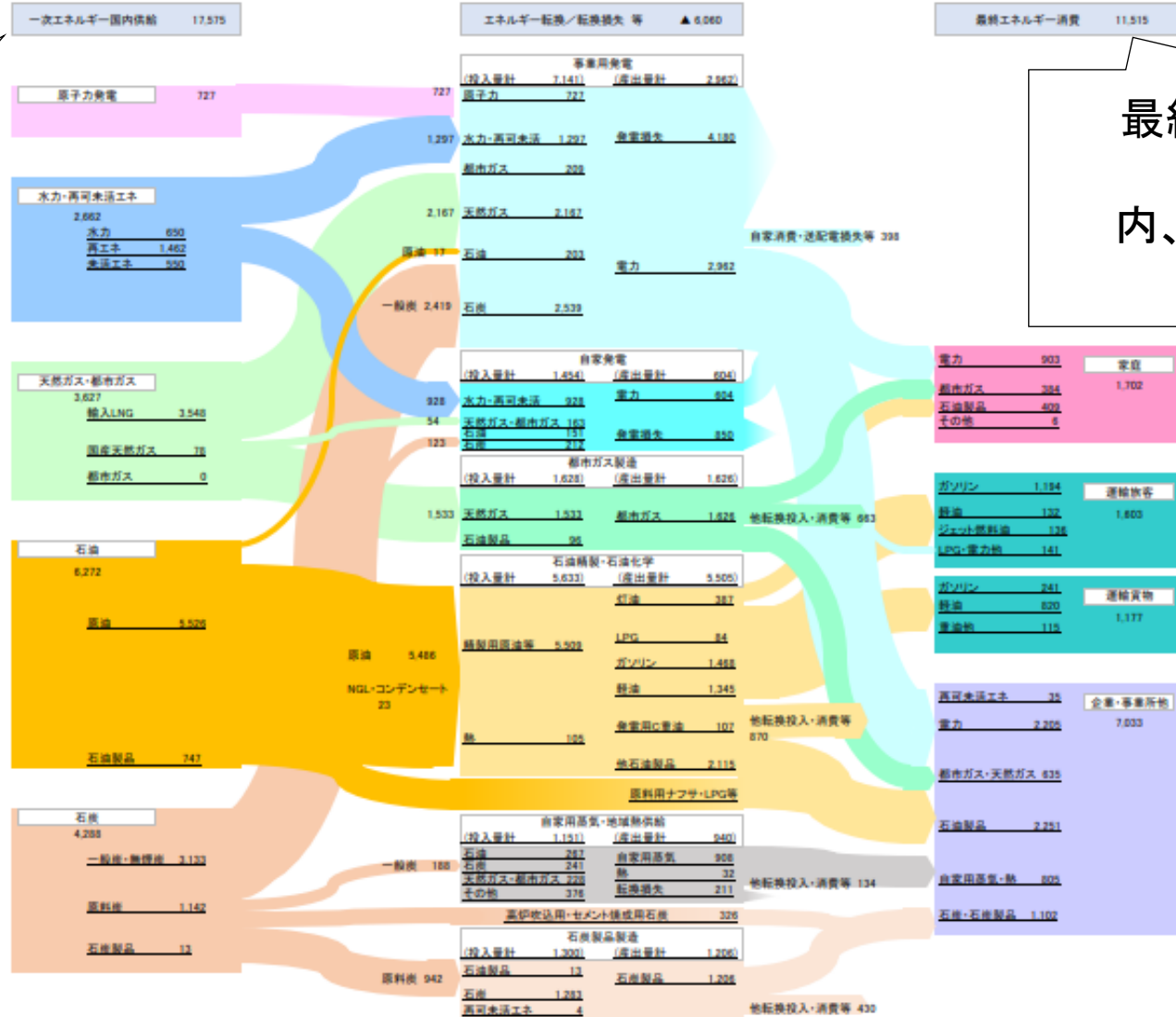
単位：10¹⁵J (ペタジュール)

一次エネルギー国内供給
約17.6 × 10¹⁸J (エクサジュール)

日本の一次エネルギー供給を
100とすると最終エネルギー
消費は約**65**で、約**35**が発電等
の段階で**損失**している。

最終エネルギー消費
約11.5 × 10¹⁸J
内、**電力は3.1 × 10¹⁸J**
(8610億Kwh)

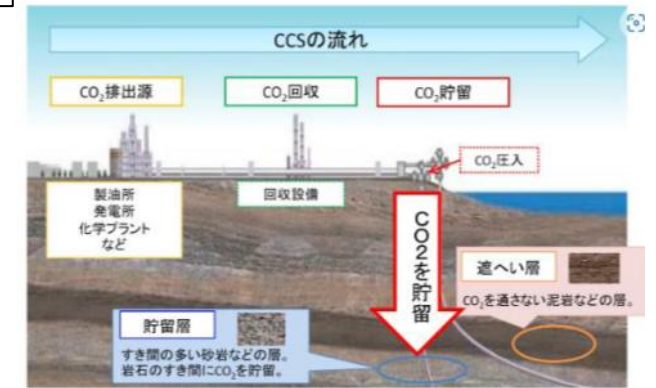
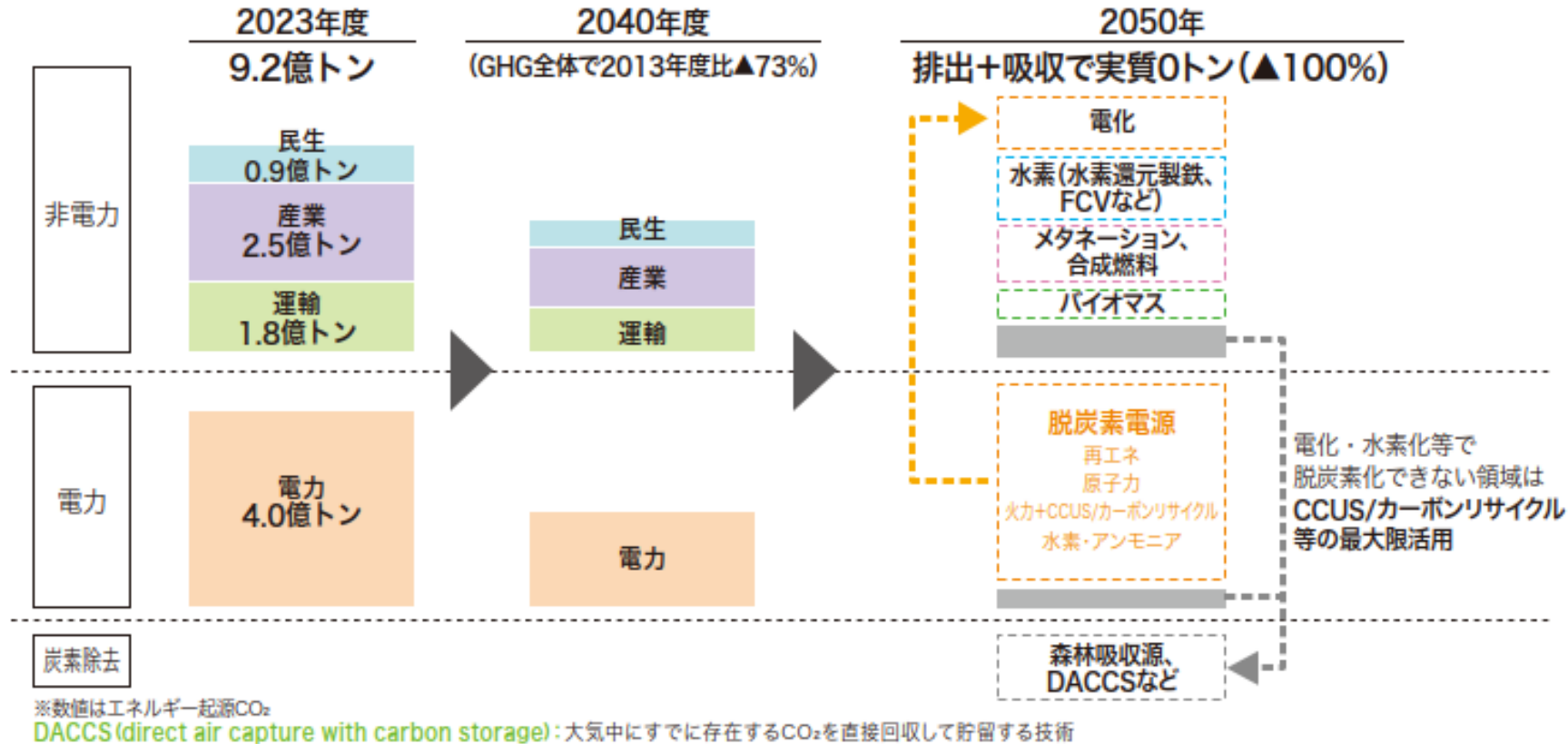
**電力は最終エネル
ギー消費の約3割
である。**



脱炭素化の方向性（電源の脱炭素化と電化・非化石転換）

2050年に向けた更なる脱炭素化の方向性

カーボンニュートラルへの転換イメージ



CCS

(Carbon dioxide Capture and Storage)
:発電所や化学工場などから排出されたCO₂を、ほかの気体から分離して集め、地中深くに貯留・圧入する技術

CCUS

(Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)
:分離・貯留したCO₂を利用しようというもの

DACCS

(direct air capture with carbon storage)
:大気中にすでに存在するCO₂を直接回収して貯留する技術

BECCS

(bioenergy with carbon dioxide capture and storage)
:バイオマス燃料の使用時に排出されたCO₂を回収して地中に貯留する技術

出典：経済産業省HP [エネルギーの基礎用語](https://www.meti.go.jp/energy/)
～CO₂を集めて埋めて役立てる「CCUS」～
スペシャルコンテンツ | 資源エネルギー庁
([meti.go.jp](https://www.meti.go.jp/))

出典：日本のエネルギー2026年2月発行（資源エネルギー庁）

各電源の特徴（1/2）

●原子力発電の特徴

	原子力発電
安全性	- 放射性物質を扱うため、徹底した安全確保、厳重な放射線管理が必要 - 放射性廃棄物の適切な処理・処分が必要
安定供給	- ウラン燃料は少量で大きなエネルギーを得ることができ、一定出力で安定的に長期間の発電が可能のため、頻繁に輸入する必要がない - 資源の量に限りがある - 資源の埋蔵地域が世界に広く分布している - ウラン燃料は、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も可能なため、準国産エネルギーとして扱われる
環境保全	発電時にCO ₂ を排出しない
経済性	発電コストに占める燃料費の割合が火力発電より小さく、燃料価格の変動による影響を受けにくい

●火力発電の特徴

	火力発電		
	石炭	石油	天然ガス(LNG)
安全性	燃料の輸送中や保管中に燃料が流出したり、火災が発生したりしないよう適切な管理が必要		
安定供給	資源の量に限りがある 日本ではほぼ全量を輸入に頼っている		
	資源の埋蔵地域が世界に広く分布している	資源の埋蔵地域が中東にかたよっている	資源の埋蔵地域にかたよりが小さい
環境保全	発電時にCO ₂ を排出する		
	火力発電の中ではCO ₂ 排出量が多い	CO ₂ 排出量は天然ガスよりは多いが石炭より少ない	火力発電の中ではCO ₂ 排出量が比較的少ない
経済性	熱量当たりの単価が最も安い	- 価格の変動が大きい - 他の化石燃料に比べ高い	価格の変動が大きい

出典：原子力総合パンフレット2026年版，2025年12月発行（日本原子力文化財団）



出典：とことんやさしいエネルギーの本（第二版）
（山崎耕造、日刊工業新聞社）

各電源の特徴(2/2)

● 水力発電の特徴

	水力発電	
	一般水力	揚水式
安全性	- 放水時の水難事故への注意喚起が必要 - 台風や豪雨による決壊のリスクがある	
安定供給	- 資源が枯渇することのない国産エネルギー 〈ダム式〉必要なときにすぐ発電できる(ダムに貯まっている水の量によっては発電できないこともある) 〈流れ込み式〉河川に流れる水をそのまま利用するので発電量を自由に変えられないが、1日を通してほぼ一定の発電をおこなえる	- 電気を水の位置エネルギーのかたちで蓄えておく「蓄電池」の働きがある - 起動・停止が短時間でできるため、電気が不足したときに、緊急に発電できる
環境保全	- 発電時にCO₂を排出しない - ダムを建設するときに環境を破壊するおそれがある	
経済性	〈ダム式〉流れ込み式に比べてダムの建設に費用がかかる 〈流れ込み式〉ダムを必要としないので建設費用をおさえられる - 燃料を使わないので発電コストが安い	- ダムの建設に費用がかかる - 揚水時に必要な電気の量が10とすると、7くらいの電気しか発電できない

● 再生可能エネルギーの特徴

	地熱発電	風力発電	太陽光発電
安全性	蒸気の中には火山性ガス(硫化水素など)が含まれるので、周辺環境への影響を及ぼさないよう対策が必要	自然災害によって発電設備が壊れ、周辺地域へ被害を及ぼさないよう保守点検が必要	自然災害によって発電パネルが壊れ、周辺地域へ被害を及ぼさないよう保守点検が必要
安定供給	資源が枯渇することのない国産エネルギー - 火山の多い日本には豊富な熱資源がある - 昼夜を通して発電でき、天候にも左右されない	- 風の向きや強さで発電出力が大きく変化するため、供給量が安定しない - 出力の変動に対応するため、蓄電池との併用が期待されている	- 発電量が天候に左右されるため、供給量が安定しない - 出力の変動に対応するため、蓄電池や電気自動車との併用が期待されている
環境保全	発電時にCO ₂ を排出しない 高温の地熱を得られる場所が国立・国定公園内や温泉地の周辺などに多く、景観を損なわないよう配慮が必要	- 騒音や低周波振動が発生する - 風車のブレードに鳥が巻きこまれてしまうことがある	- 太陽光パネルの反射光が周辺環境に影響を与える場合がある - 土地造成によって、土地の安定性に影響を与える場合がある
経済性	建設計画から運転開始まで時間がかかる	- たくさん発電するためには多くの風車を建てる土地が必要 - 太陽光の適地と風力の適地が競合する	- たくさん発電するためには広大な面積が必要 - 太陽光の適地と風力の適地が競合する

日本のエネルギー問題に対する課題

1.再生可能エネルギー※1

1) 課題

- ①主電源化に向けて発電コストの低減が必要
- ②長期に安定した電源となることも必要（事業の継続性の確保）
- ③再生可能エネルギーを電力系統に接続する際に発生する系統制約の解消
- ④発電量が季節や天候に左右されるため需要と供給のバランスが崩れる

2) 課題への対応

①再エネの主電源化を図る施策の実施

（再エネの入札制度導入やFIP制度の導入、電力の系統整備や調整力の確保、北海道からの海底直流送電の整備、洋上風力の導入、次世代太陽電池（ペロブスカイト太陽電池）の社会実装等）

FIP:あらかじめ設定された基準価格から参照価格（市場取引により期待される収入）を控除した額に再エネ電気供給量を乗じたプレミアムが事業者に交付される制度

2.原子力発電

1) 課題

- ①既設原子力発電所の再稼働の遅れ
- ②新增設・リプレースの兆しがない

（2025年7月に関西電力が美浜発電所後継機向け自主的調査再開を発表のみ）

- ③高レベル放射性廃棄物の処理処分問題の解決及び核燃料サイクルの確立が見通せない

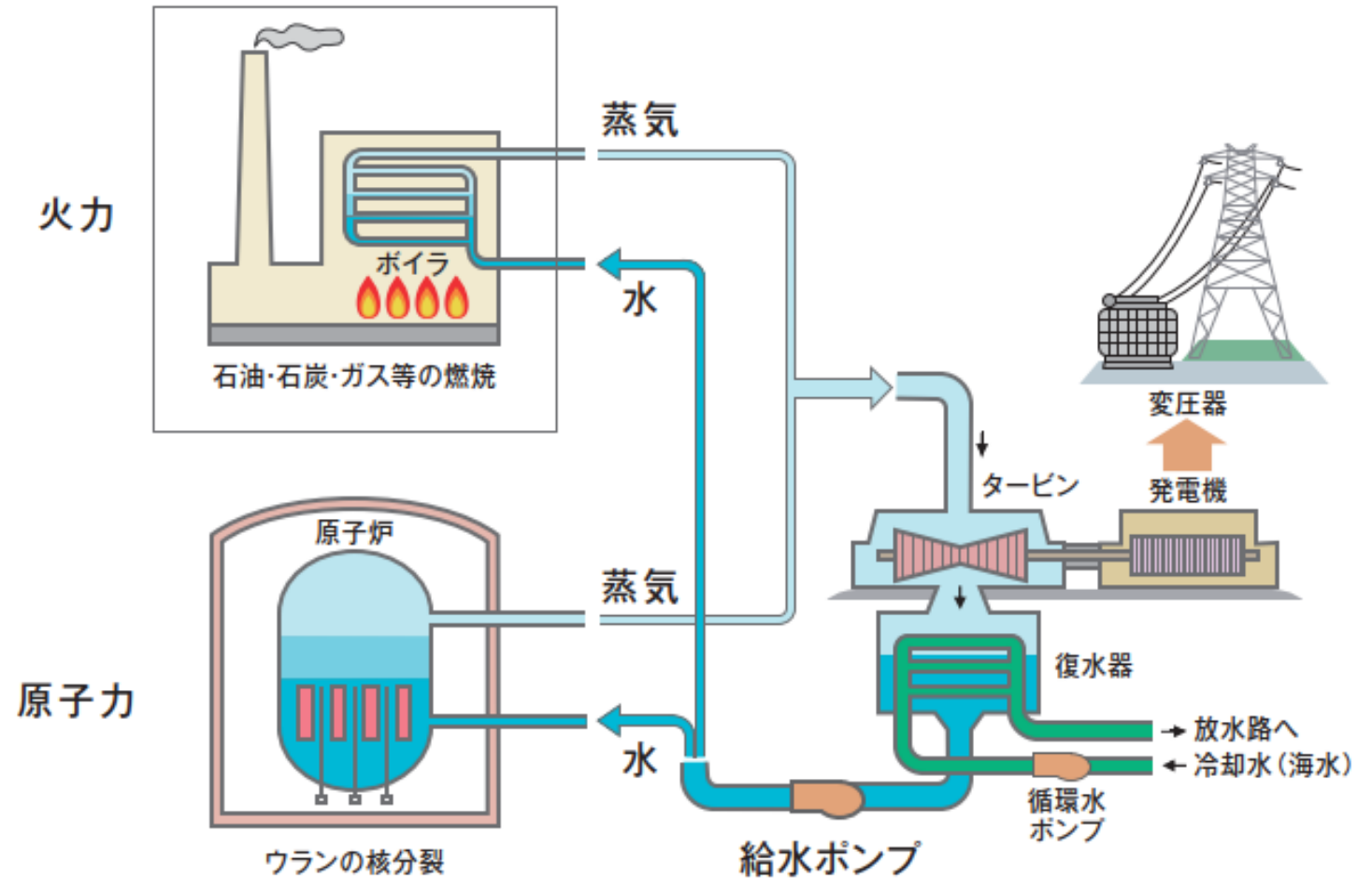
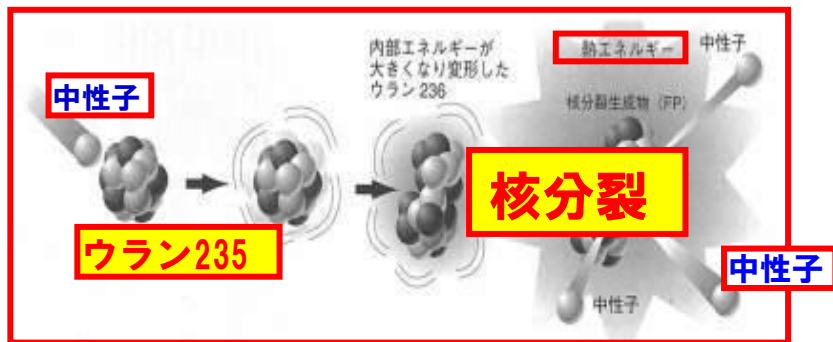
2) 課題への対応

- ①まずは原子力に対する社会的受容性の改善を図る

（自習のための）参考資料

I 原子力発電の概要

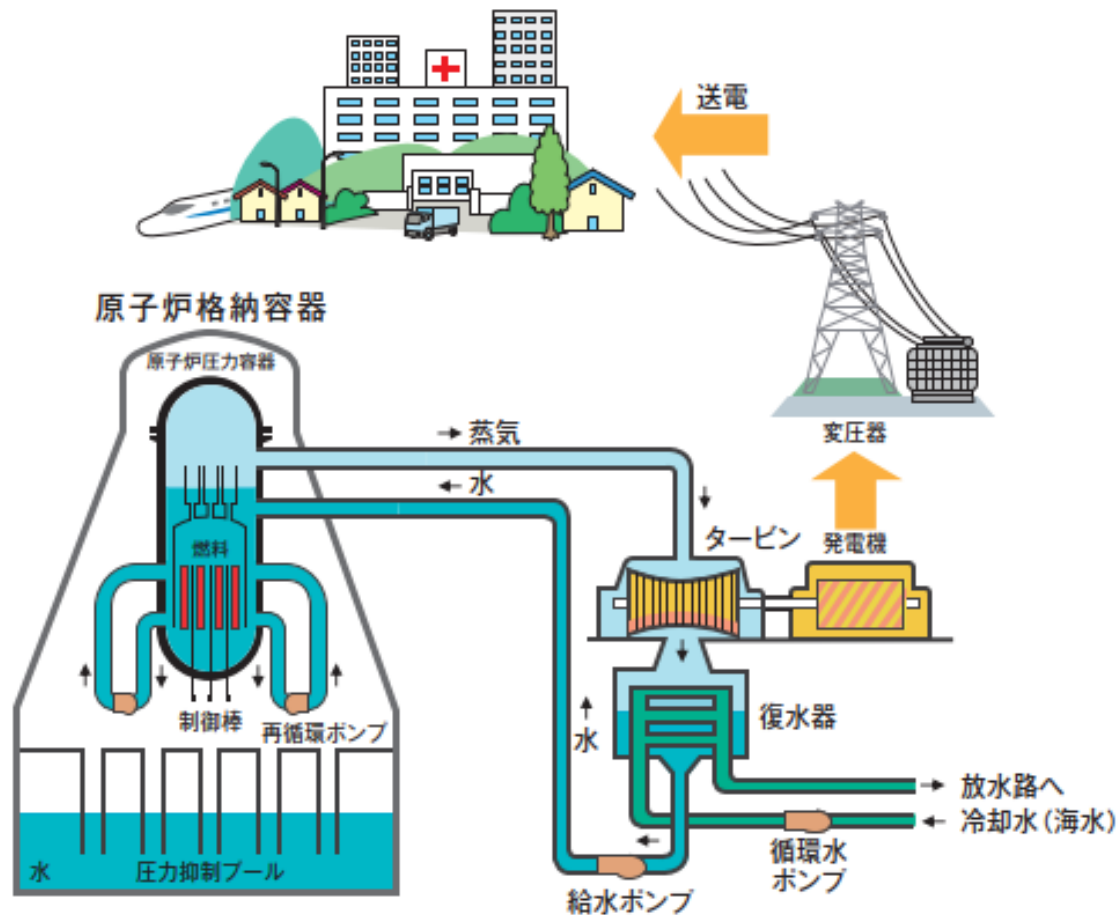
火力発電と原子力発電の違い



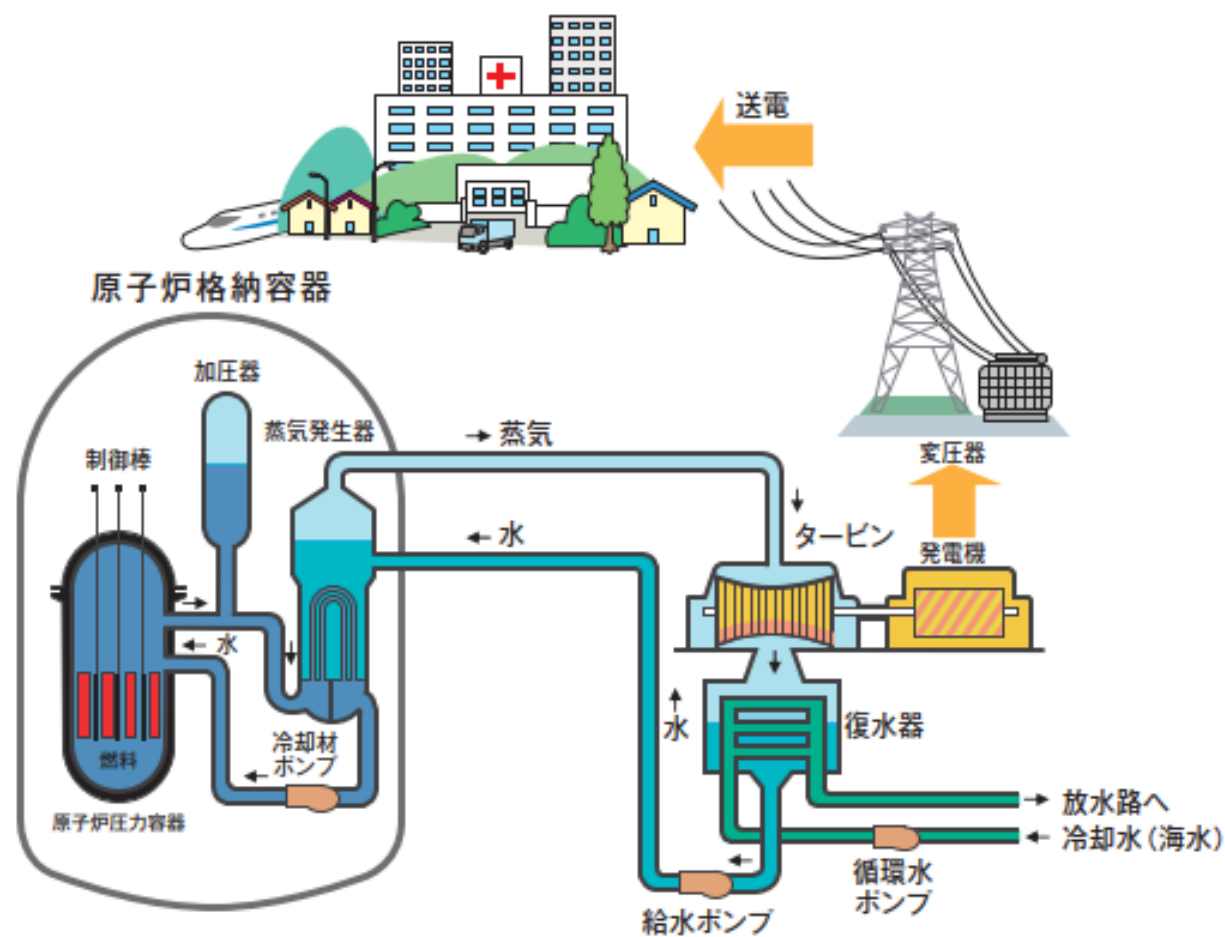
出典：日本原子力文化財団原子力・エネルギー図面集

BWRとPWRの違い

沸騰水型炉 (BWR) 原子力発電のしくみ



加圧水型炉 (PWR) 原子力発電のしくみ



発電用原子炉のタイプ

番号	分類	炉型	燃料	減速材	冷却材	特徴
1	軽水炉	加圧水型	濃縮ウラン、 プルトニウム	軽水	軽水	世界の主流
2		沸騰水型				
3	重水炉	CANUD炉	天然ウラン	重水	重水	カナダ
4		軽水冷却型	濃縮ウラン、 プルトニウム	重水	軽水	新型転換炉の実証炉 「ふげん」は廃炉
5	軽水冷却黒鉛減速炉	LWGR(RBMK)	濃縮ウラン	黒鉛	軽水	旧ソ連
6	ガス炉	GCR (マグノックス炉)	天然ウラン	黒鉛	炭酸ガス	イギリス、日本発の商業炉(東海発電所)
7		HTTR	濃縮ウラン	黒鉛	ヘリウム	日本、炉心出口最高温度 950℃
8	高速(増殖)炉	FBR	プルトニウム・ウラン混合酸化物燃料	—	液体金属	もんじゅは冷却材としてナトリウムを使用
9	核融合炉	トカマク型 慣性閉じ込め式等	重水素 三重水素(トリチウム)	—	軽水 ヘリウム 液体金属	連鎖反応が起こらず 万一の場合は、反応がストップ 放射性廃棄物が非常に少ない

火力発電と原子力発電のエネルギーの違い

【火力発電＝化学反応エネルギー】

石油や石炭は炭素や水素が酸素と化学反応し燃焼。

石油1グラムで42キロジュール、石炭1グラムで27キロジュールの熱量発生。

【原子力発電＝核分裂反応エネルギー】

ウラン235に中性子が吸収し、核分裂し熱エネルギーを発生。

アインシュタインの特殊相対性理論「質量がエネルギーに変換」

$$E = MC^2$$

1個のウラン235の核分裂で約200MeVのエネルギーが発生 (200MeV = 3.2×10^{-11} J)

E: 熱エネルギー (1cal=4.18J、J=kgm²/s²)、M: 消失質量 (Kg)、

C: 光の速度=3×10⁸m/s

ウラン235の1グラムで86.4×10⁶キロジュールの熱量発生。

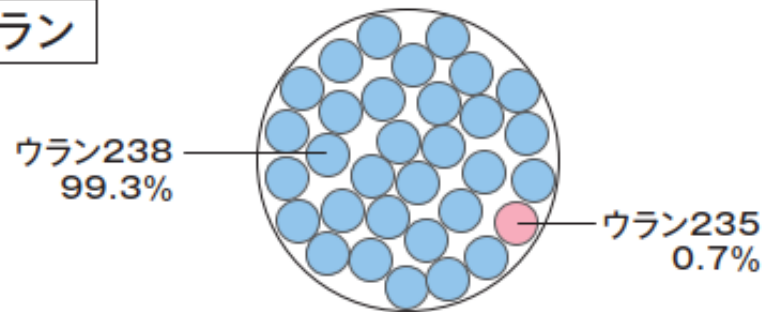
(約1メガワット・日)

ウラン235の核分裂エネルギーは石油の約200万倍、石炭の約300万倍という膨大なエネルギーを発生する。

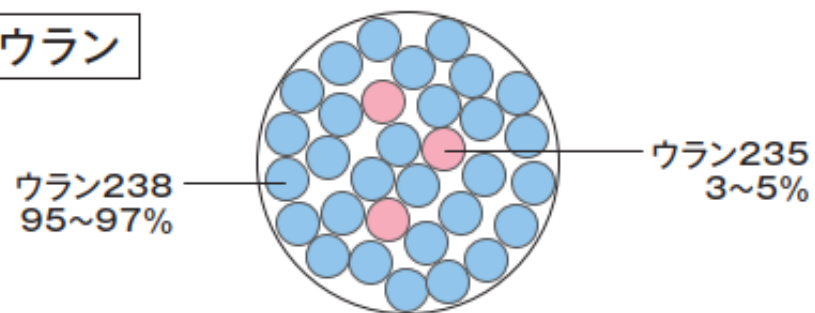
原子力発電用ウラン

天然ウランと濃縮ウラン

天然ウラン



低濃縮ウラン



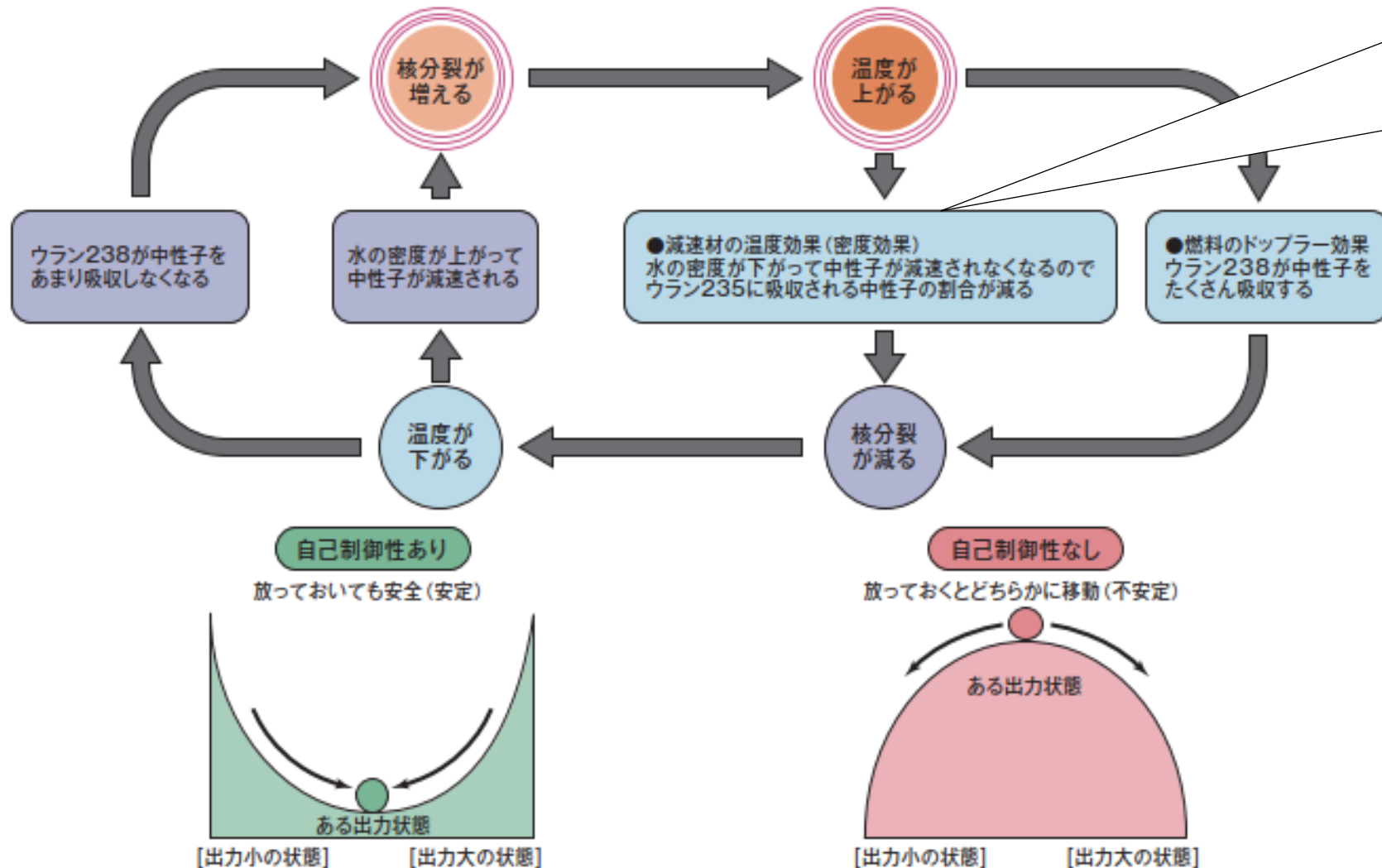
原子力発電と原子爆弾の違い

	ウラン235とウラン238の割合と核分裂連鎖反応	核分裂数の制御の方法
原子力発電の場合	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 ウラン235 (3~5%) ウラン238 (95~97%) 1回目 2回目 3回目	制御棒が多数設置されており、また自己制御性があるため急激に核分裂数が増加することはない
原子爆弾の場合	ウラン235の割合がほぼ100%と高いため、中性子が他の物質に吸収されず、核分裂が次々に起こり、一瞬のうちに爆発的なエネルギーが放出される ウラン235 (ほぼ100%) 1回目 2回目 3回目	制御棒が設置されておらず、自己制御性がないため、急激に増加する核分裂を止めることはできない

出典：日本原子力文化財団原子力・エネルギー図面集

軽水炉の固有安全性

原子炉の固有の安全性(自己制御性)



密度効果(ボイド効果)

原子炉の出力が上がると、燃料の周りの水温が上がり水が膨張して密度が小さくなり、核分裂で発生した中性子と水が衝突しにくくなって中性子のスピードも落ちにくくなる。⇒核分裂しやすいウラン235が中性子を吸収しにくくなって原子炉の出力が自然に下がる。

ドップラー効果

原子炉の中の燃料の温度が上昇すると燃料の中の核分裂しにくいウラン238が、より多くの中性子を吸収します。そうすると、核分裂しやすいウラン235は、中性子を吸収する割合が減り、核分裂の反応が減っていく。⇒原子炉の出力が自然に下がっていく。

原子力発電所の新規制基準

原子力発電所の新規制基準

〈従来の規制基準〉

シビアアクシデントを防止するための
基準（いわゆる設計基準）
（単一の機器の故障を想定しても
炉心損傷に至らないことを確認）

自然現象に対する考慮
火災に対する考慮
電源の信頼性
その他の設備の性能
耐震・耐津波性能

設計基準の強化
外的事象に対する
考慮の拡大

〈新規制基準〉

意図的な航空機衝突への対応	新設
放射性物質の拡散抑制対策	新設
格納容器破損防止対策	
炉心損傷防止対策 （複数の機器の故障を想定）	
内部溢水に対する考慮（新設）	強化又は新設
自然現象に対する考慮 （火山・竜巻・森林火災を新設）	
火災に対する考慮 （難燃性ケーブルの使用等）	
電源の信頼性（独立の2回線確保等）	
その他の設備の性能 （通信設備の強化等）	強化
耐震・耐津波性能（防潮堤の設置等）	

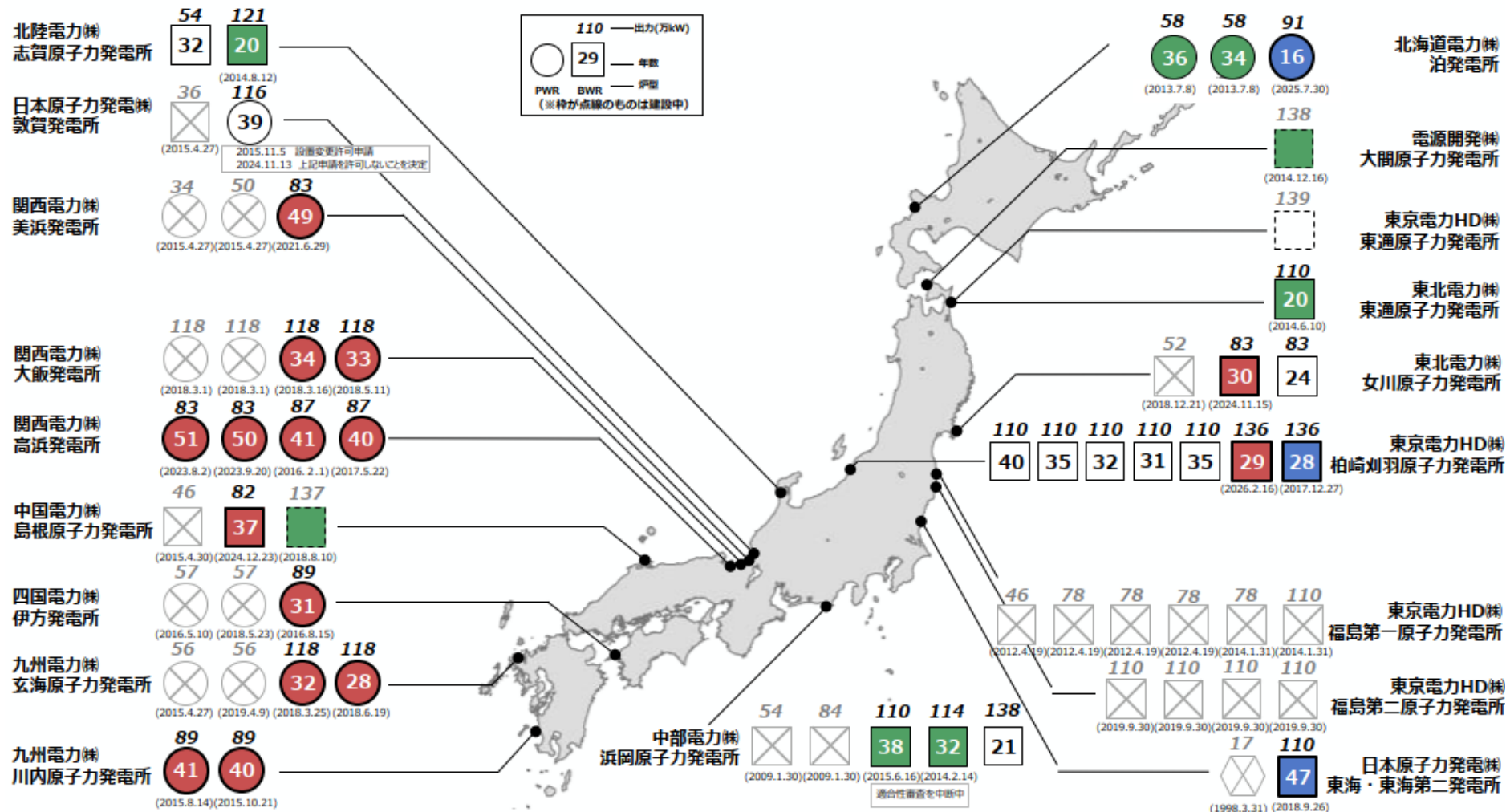
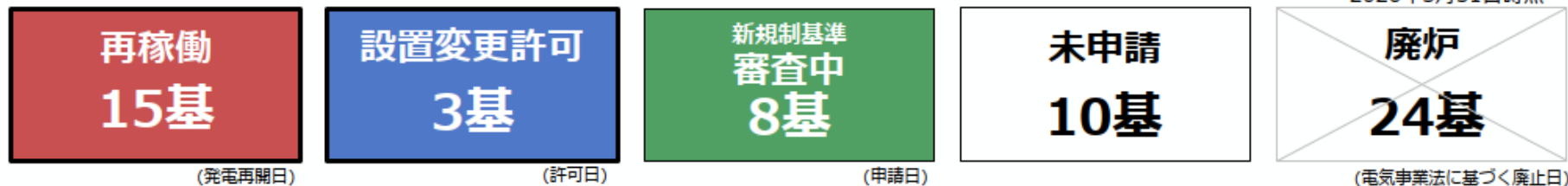
（テロ対策）
（シビアアクシデント対策）

出典：日本原子力文化財団原子力・エネルギー図面集

稼働状況

原子力発電所の現状①

2026年3月31日時点



原子力に関する世論調査結果（2024年度）

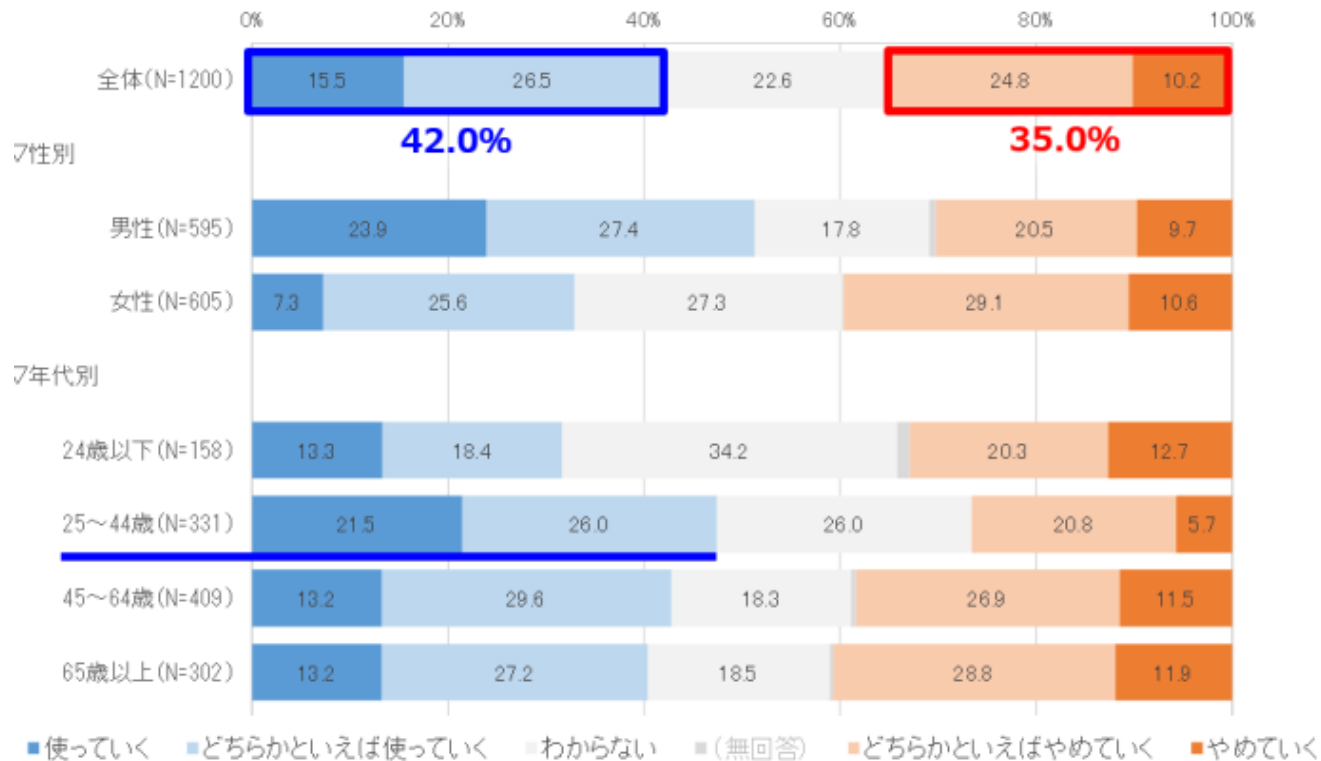
問8-1 今後日本は、原子力発電をどのように利用していけばよいと思いますか。（○は1つだけ）



- 当面の原子力利用について容認する考えは過半数超の58.1%
（「増加＋維持」は18.3%＋「しばらく利用するが、徐々に廃止していくべきだ」の39.8%）、
「即時廃止」が4.9%、「わからない」が33.1%
- 当面の原子力利用について容認する考えが過半数超であることから
原子力発電は、現状においては利用すべき発電方法と認識されていることが確認できる
- 「わからない」は、増加傾向で過去最大値の33.1%、2014年からは+12.5%
- 2016→2023年度で「即時、廃止」の割合が減少し、2021→2023年度で「増加＋維持」の割合が増加しており、2024年度は2023年度の傾向を維持している

原子力に関する世論調査結果（2024年度）

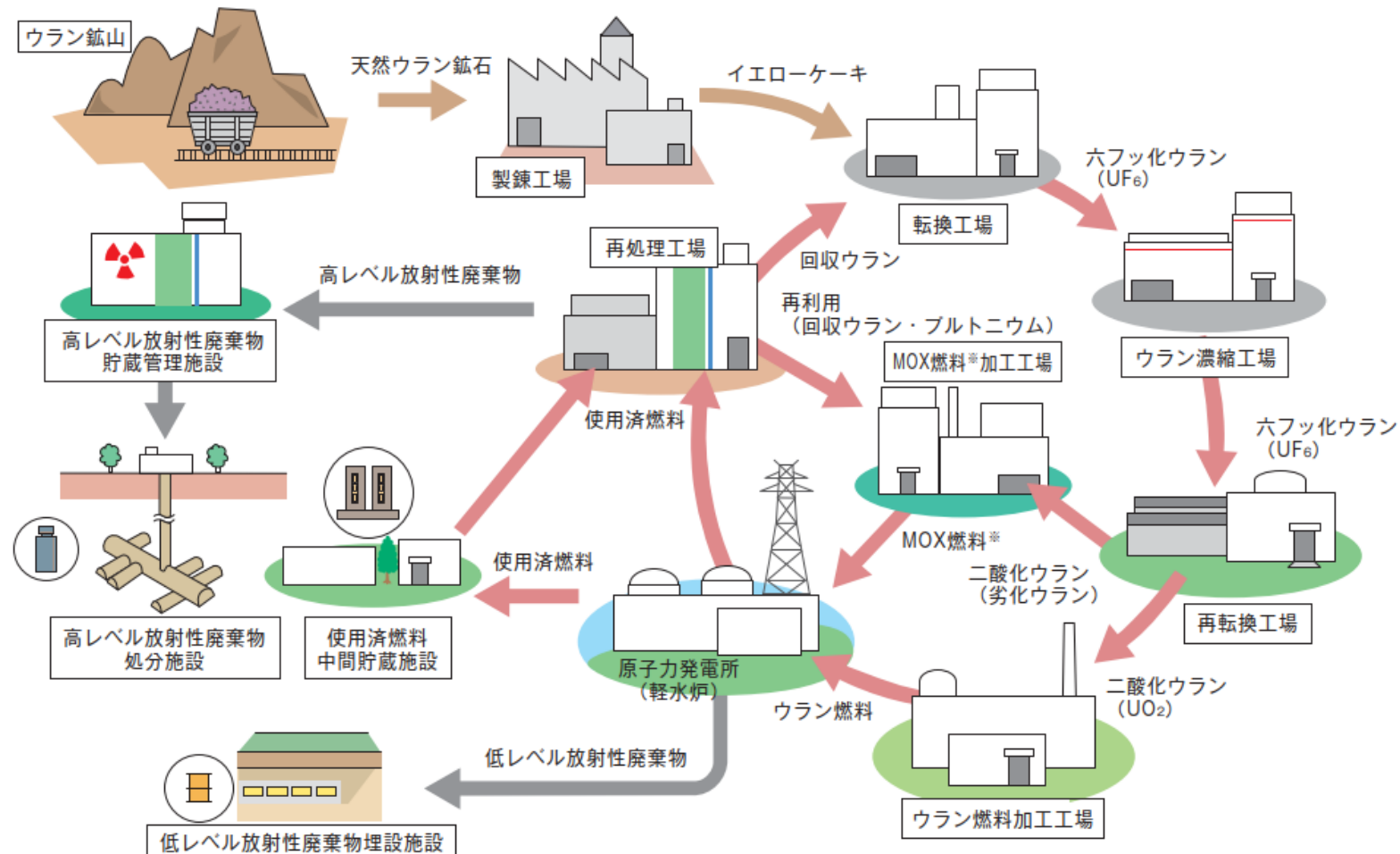
問8 今後日本は、原子力発電をどのように利用していけばよいと思いますか。（○は1つだけ）



- 今後の原子力発電の利用に関して、
肯定的意見42.0%、
否定的意見35.0%、
「わからない」22.6%。
肯定的意見やや優勢。
- 男性は肯定的意見が多く、逆に女性は否定的意見が多い。25～44歳に肯定的な意見が多い。

原子燃料サイクル

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

使用済燃料の貯蔵量

各原子力発電所の使用済燃料の貯蔵量

電力会社	発電所名	1炉心(tU)	1取替分(tU)	2025年9月	
				使用済燃料貯蔵量(tU)	法的要求容量(tU)
北海道電力	泊	170	50	400	1,070
東北電力	女川	200	40	490	860
	東通	130	30	100	440
東京電力	福島第一	580	140	2,130	2,260
	福島第二	0	0	1,650	1,880
	柏崎刈羽	960	230	2,370	2,910
中部電力	浜岡	410	100	1,130	1,300
北陸電力	志賀	210	50	150	740
関西電力	美浜	70	20	510	620
	高浜	290	100	1,540	1,730
	大飯	180	60	1,910	2,100
中国電力	島根	100	20	480	700
四国電力	伊方	70	20	770	980
九州電力	玄海	180	60	1,280	1,540
	川内	150	50	1,140	1,340
日本原子力発電	敦賀	90	30	630	910
	東海第二	130	30	370	440
合 計		3,920	1,030	17,060	21,820

(注1) 法令要求上は、貯蔵容量から1炉心分を差し引いた容量が必要。なお運転を終了したプラントについては、貯蔵容量と同じとしている。

(注2) 浜岡1,2号炉、伊方1号炉は廃止措置中であり、燃料搬出が完了しているため、法的要求容量から除外している。

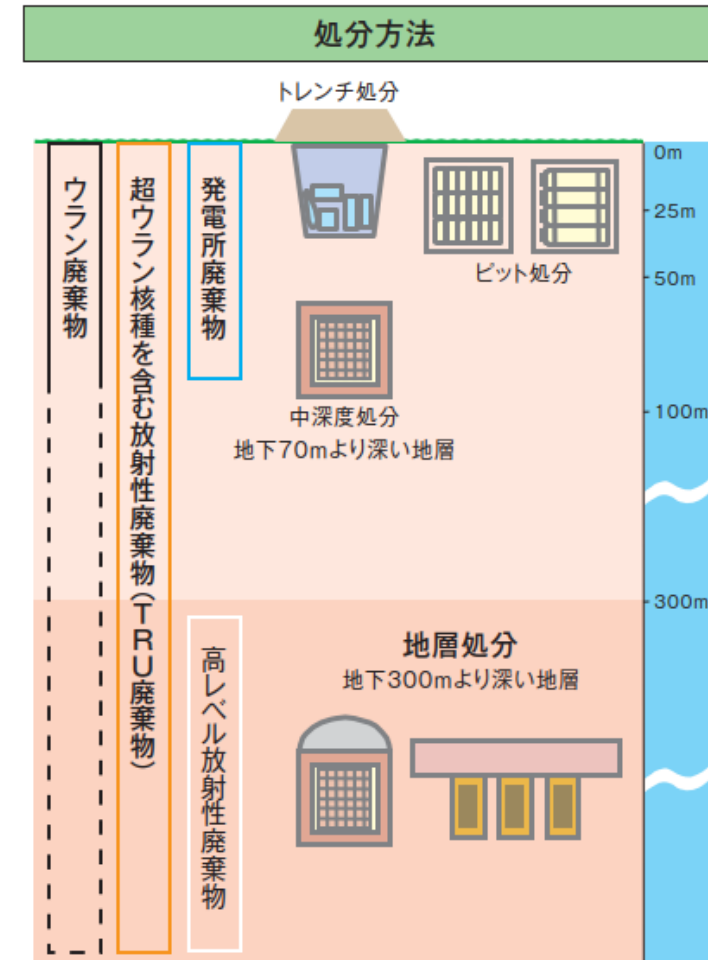
(注3) 福島第一については、廃炉作業中であり、第1回推進協議会時点(2015年9月末値)を参考値とし、その後の廃炉作業に伴う乾式キャスク仮保管設備拡張等は除外している。

(注4) 四捨五入の関係で合計値は、各項目を加算した数値と一致しない部分がある。

放射性廃棄物の種類と処分の概要

放射能レベルに応じた深度や障壁（バリア）を選び、トレンチ・ピット処分、中深度処分、地層処分に分けて処分が行われる。

発生源	廃棄物の種類		
原子力発電所	低レベル放射性廃棄物	発電所廃棄物	放射能レベルの 極めて低い廃棄物
			放射能レベルの 比較的低い廃棄物
			放射能レベルの 比較的高い廃棄物
ウラン濃縮・ 燃料加工施設	低レベル放射性廃棄物	ウラン廃棄物	
MOX燃料 加工施設		超ウラン核種を含む 放射性廃棄物（TRU廃棄物）	
再処理施設		高レベル放射性廃棄物	



(自習のための) 参考資料

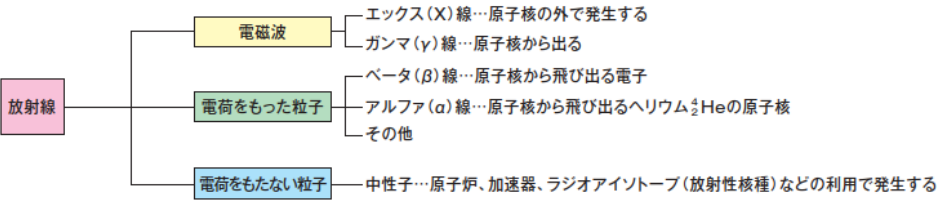
Ⅱ 放射線の基礎

放射線の種類と透過力

放射線の種類

アルファ (α) 壊変 (崩壊)	アルファ線 (He原子核)	(例) $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{222}_{86}\text{Rn} + \alpha$
ベータ (β) 壊変 (崩壊)	ベータ線 (電子)	(例) $^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow ^{24}_{12}\text{Mg} + \beta$
ガンマ (γ) 線の放出	ガンマ線 (電磁波)	

● 陽子 ● 中性子

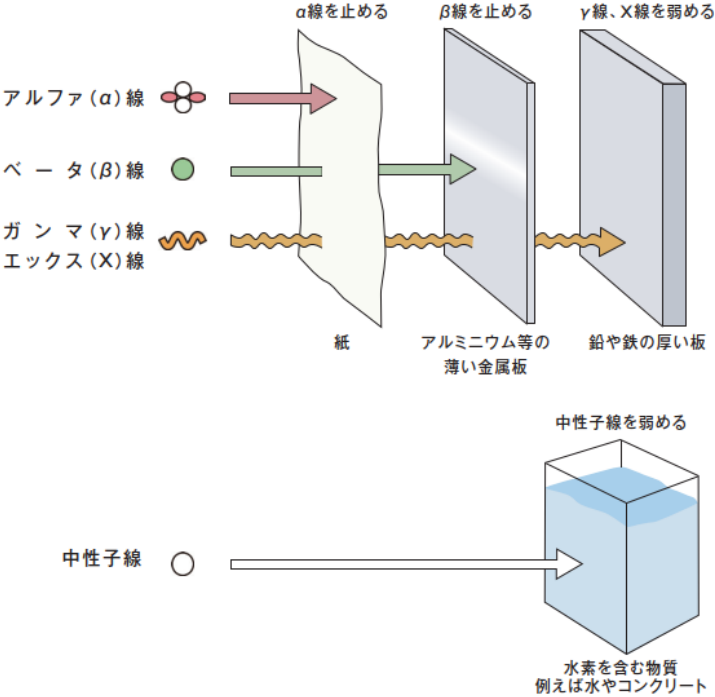


6-1-5

原子力・エネルギー図面集

出典：日本原子力文化財団原子力・エネルギー図面集

放射線の種類と透過力



6-1-6

原子力・エネルギー図面集

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料（平成29年度版）」より作成

放射線に関する単位

線量 $H = Q \cdot D$

Q:放射線荷重係数
(放射線の種類やエネルギーによる影響度合)

等価線量 S_v

(生体組織Tに対する
特定の放射線によるH)

$H_T = Q_x \cdot D_T$

Q_x の例

X線 : 1

アルファ線 : 20

実効線量 S_v ※

(身体のすべての生体組織
にわたり重み付け)

$H_E = \sum_T W_T \cdot H_T$

W_T : 組織荷重係数

例 : 肺 0.12

名 称	単 位 名 (記 号)	定 義
放射能の単位 国際単位系 (SI)		
放射能	ベクレル (Bq)	1秒間に原子核が壊変する数を表す単位
放射線量の単位 国際単位系 (SI)		
吸収線量 (D)	グレイ (Gy)	放射線が物や人に当たったときに、どれくらいのエネルギーを与えたのかを表す単位 1グレイは1キログラムあたり1ジュールのエネルギー吸収があったときの線量
線 量 ($H = Q \cdot D$)	シーベルト (Sv)	放射線が人に対して、がんや遺伝性影響のリスクをどれくらい与えるのかを評価するための単位 (1シーベルト=1000ミリシーベルト)
エネルギーの単位 国際単位系 (SI)		
エネルギー	ジュール (J)	放射線等のエネルギーを表す単位 ($1J = 6.2 \times 10^{18} eV$)

放射能の減り方

$$N = N_0 \exp(-\lambda t)$$

$$(dN/dt = -\lambda N)$$

$$T = \ln 2 / \lambda$$

$$N = N_0 (1/2)^{t/T}$$

ここで

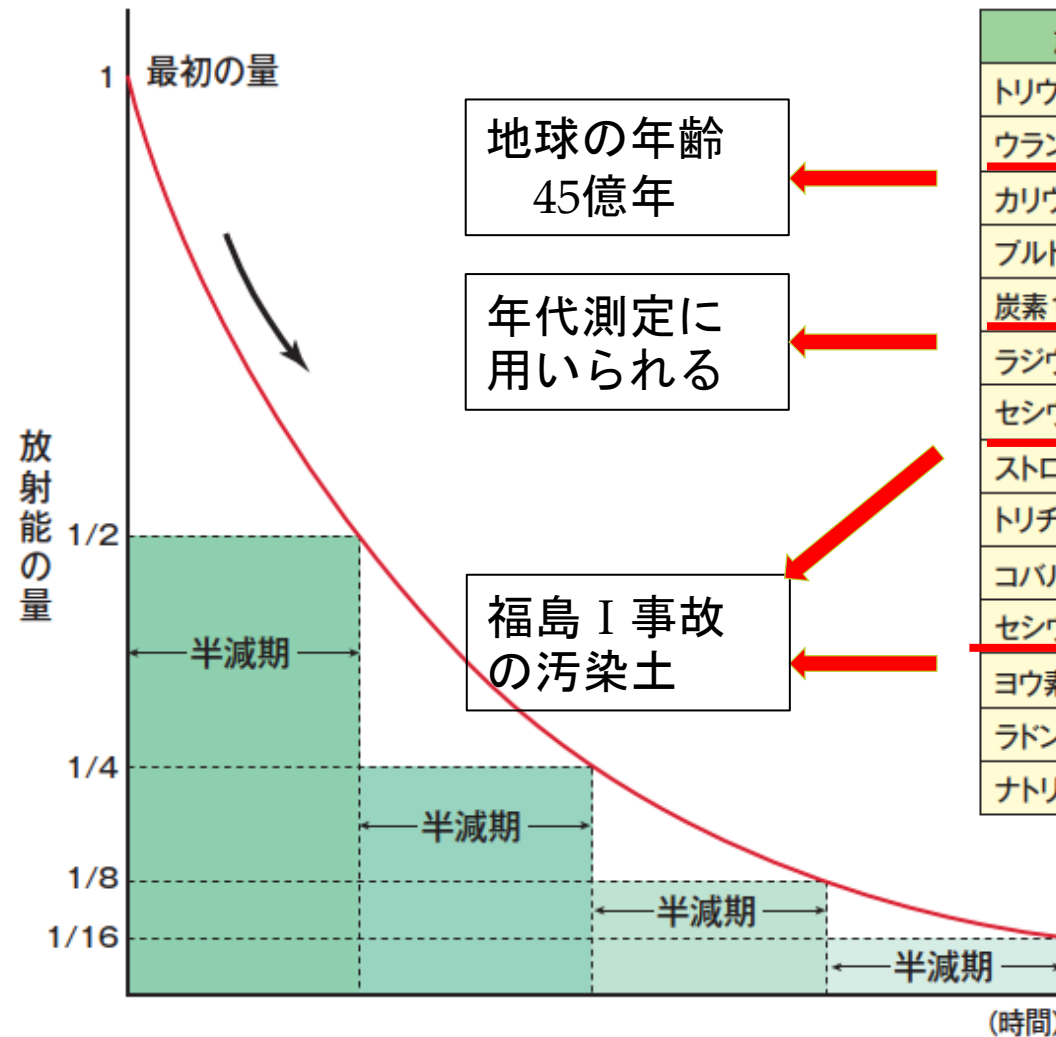
N : 初めの原子数

N_0 : t 時間後の原子数

λ : 壊変定数

T : 半減期

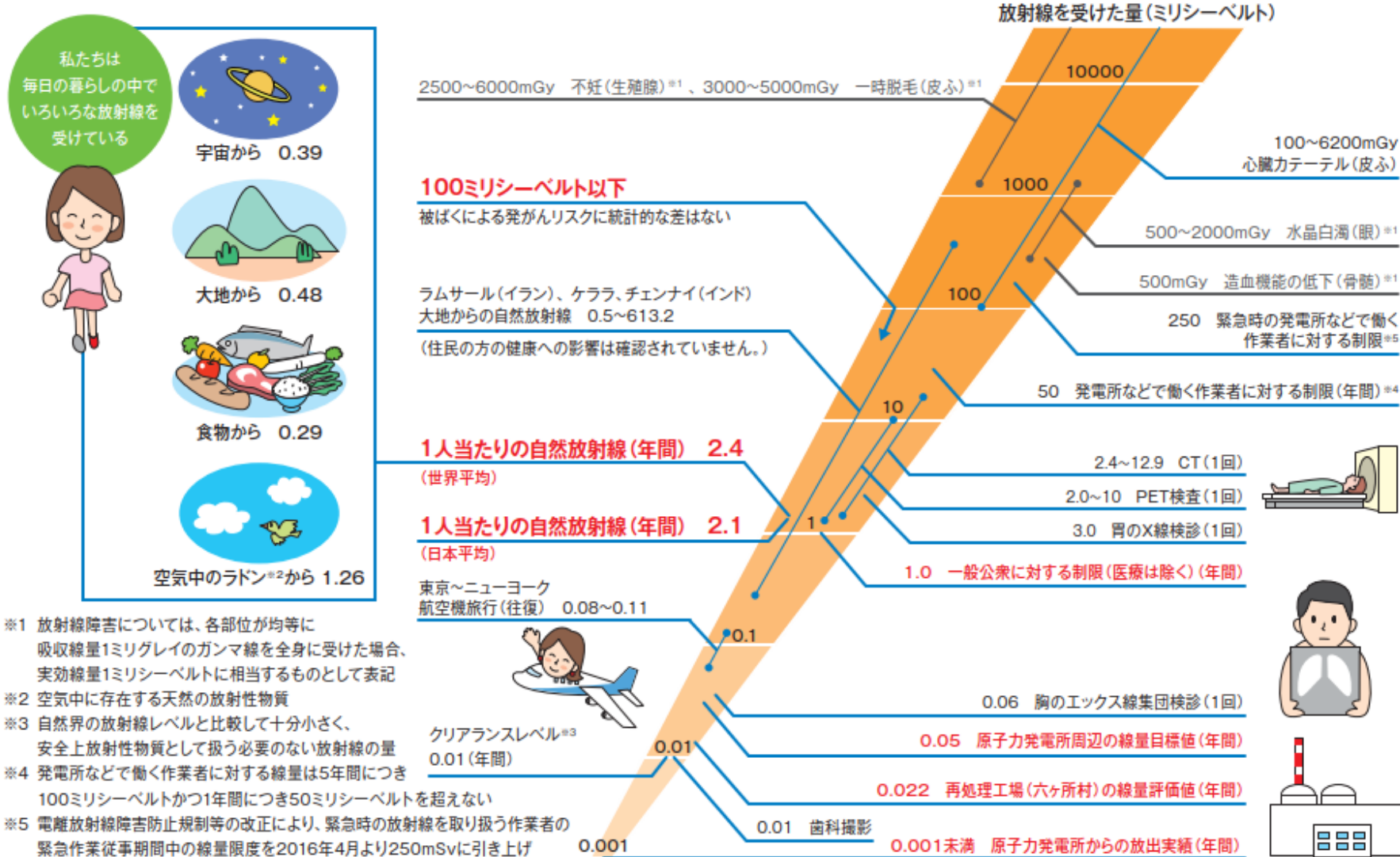
$N = 1/2 N_0$ になる時間



放射性物質	放出される放射線*	半減期
トリウム232	$\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$	141億年
ウラン238	$\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$	45億年
カリウム40	$\beta \cdot \gamma$	13億年
プルトニウム239	$\alpha \cdot \gamma$	2.4万年
炭素14	β	5,700年
ラジウム226	$\alpha \cdot \gamma$	1,600年
セシウム137	$\beta \cdot \gamma$	30年
ストロンチウム90	β	28.8年
トリチウム	β	12.3年
コバルト60	$\beta \cdot \gamma$	5.3年
セシウム134	$\beta \cdot \gamma$	2.1年
ヨウ素131	$\beta \cdot \gamma$	8日
ラドン222	$\alpha \cdot \gamma$	3.8日
ナトリウム24	$\beta \cdot \gamma$	15時間

※壊変生成物(原子核が放射線を出して別の原子核になったもの)からの放射線も含む

日常生活と放射線



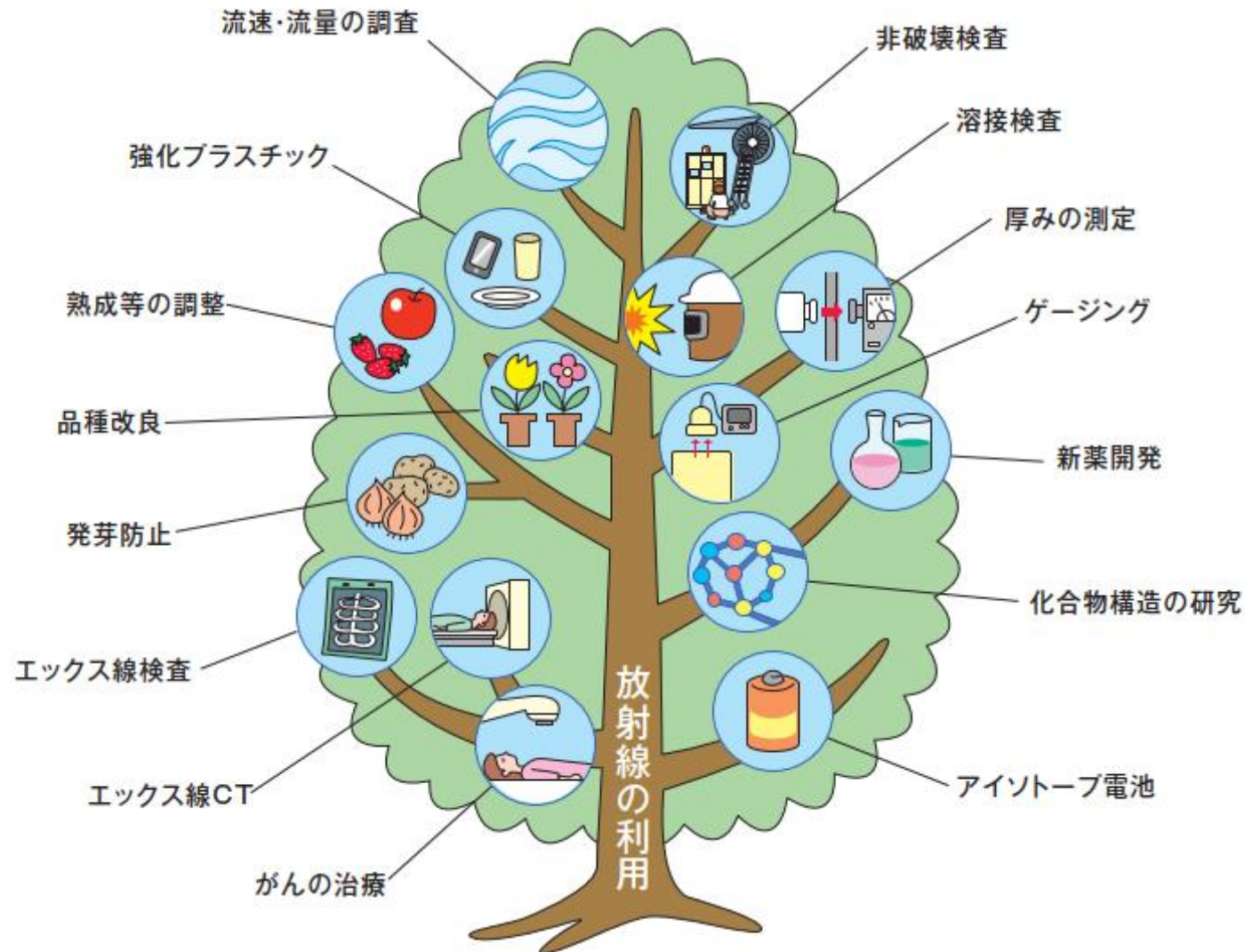
6-2-1

出典：日本原子力文化財団原子力・エネルギー図面集

出典：国連科学委員会（UNSCEAR）2008年報告書、(公財)原子力安全研究協会「新版生活環境放射線（平成23年）」、ICRP [Publication103] 他より作成

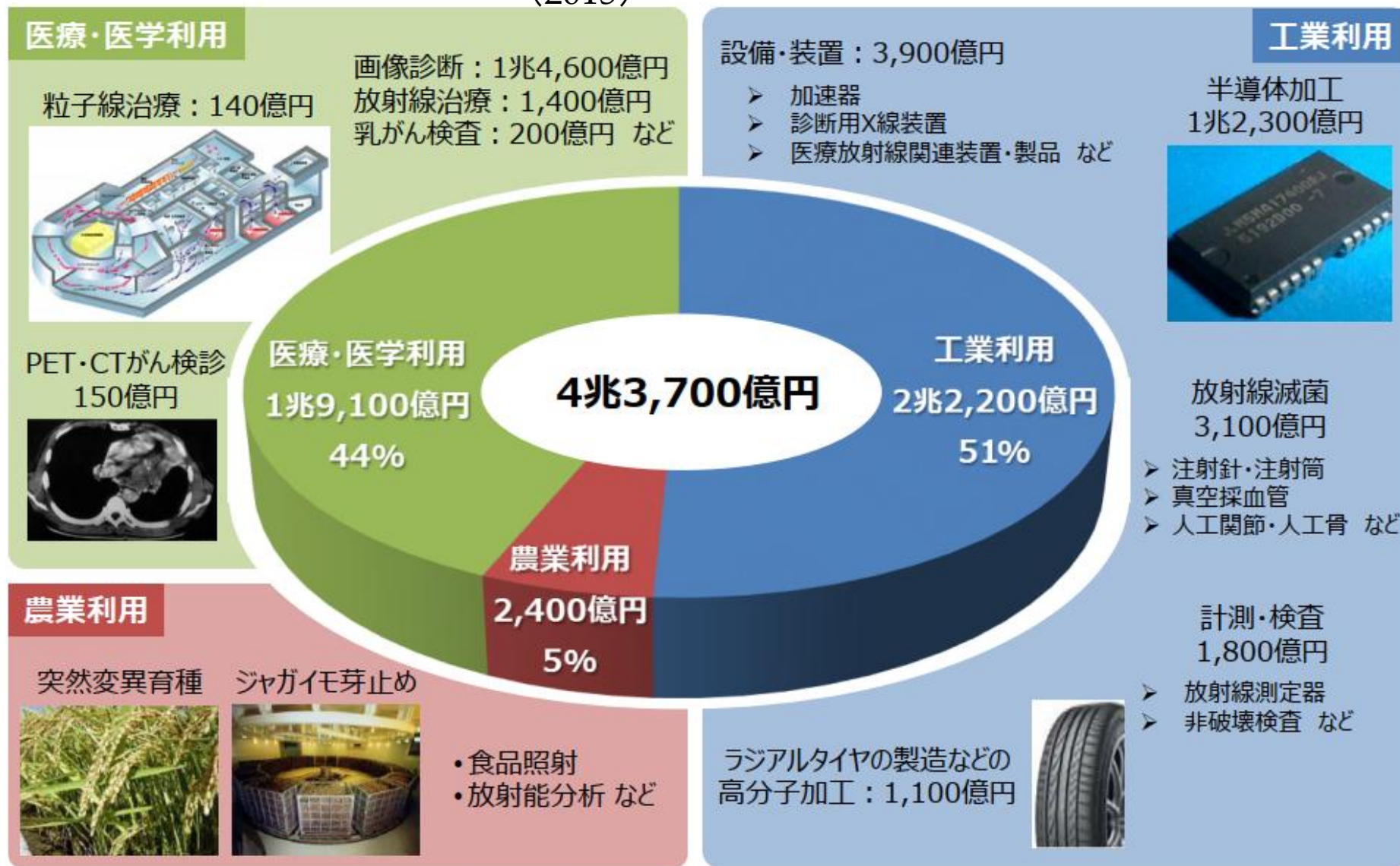
原子力・エネルギー図面集

放射線のいろいろな利用



放射線利用の色々

4. 調査結果（2）：平成27年度の放射線利用の経済規模 (2015)

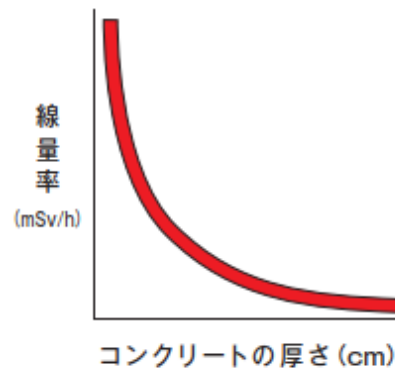
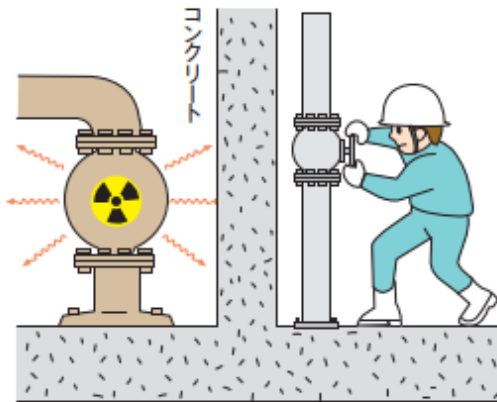


注：R3年度原子力白書でもH27年度のデータが引用されている。

放射線防護の基本

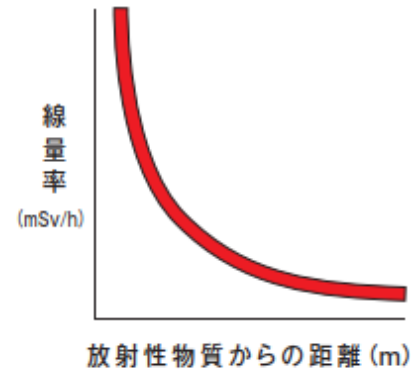
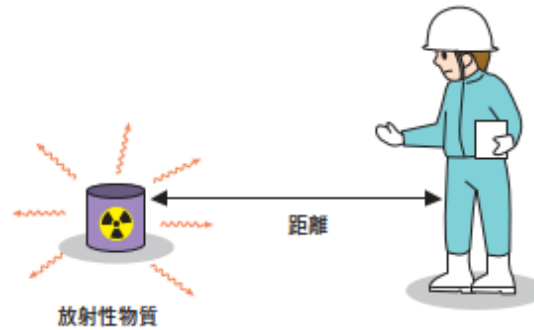
1. 遮へいによる防護

(線量率) = 遮へい体が厚い程低下



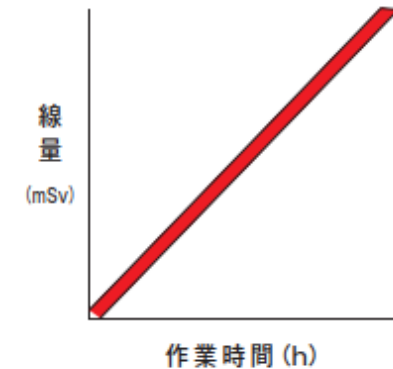
2. 距離による防護

(線量率) = 距離の二乗に反比例



3. 時間による防護

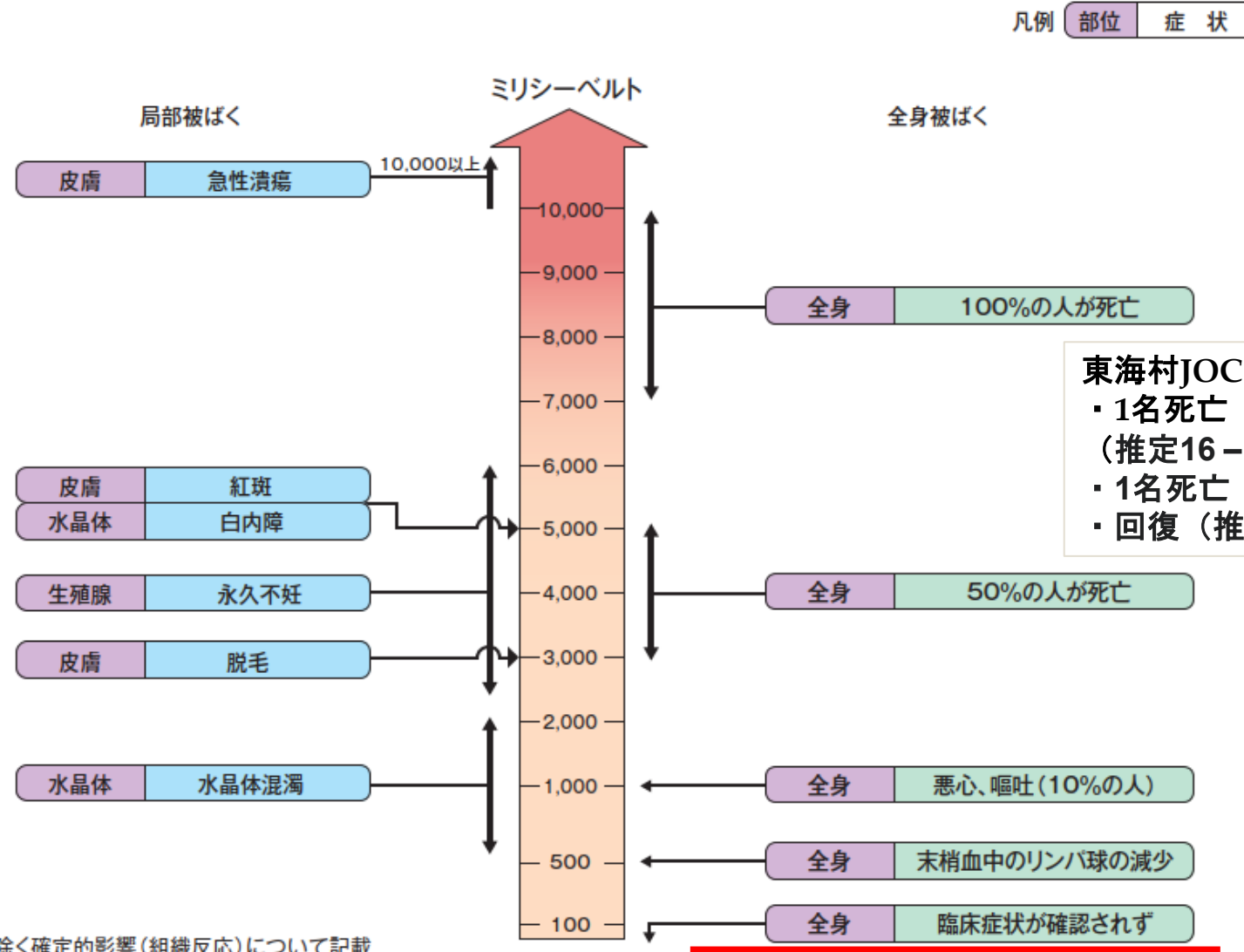
(線量) = (作業場所の線量率) × (作業時間)



放射線を一度に受けたときの症状

被ばくは全身に放射線を被ばくする（全身被ばく）か、特定の組織や臓器などに被ばくする（局所被ばく）か、また同じ被ばく線量であっても、瞬時もしくは短時間で被ばくする（急性被ばく）か、長期間にわたって繰り返し被ばくする（慢性被ばく）かによっても影響に違いがある。

生物（人間）の特徴としてDNA損傷の修復機能がある。



東海村JOC臨界事故(1999年9月30日発生)

- ・ 1名死亡 (推定16 - 20シーベルト以上被ばく)
- ・ 1名死亡 (推定6 - 10シーベルト被ばく)
- ・ 回復 (推定1 - 4.5シーベルト被ばく)

(注1) がんや遺伝性影響を除く確定的影響(組織反応)について記載
(注2) 一般の人の線量限度1.0 mSv/年、原子力発電所周辺の線量目標0.05 mSv/年

線量限度について

区分		実効線量限度(全身)	等価線量限度(組織・臓器)
放射線業務従事者	平常時	100mSv/5年 ^{※1} 50mSv/年 ^{※2} 女子 5mSv/3月間 ^{※3} 妊娠中の女子 1mSv (出産までの間の内部被ばく)	眼の水晶体 100mSv/5年 ^{※1} 及び50mSv/年 ^{※2} 皮膚 500mSv/年 ^{※2} 妊娠中の女子 2mSv (出産までの間の腹部表面)
	緊急時 ^{※4}	①100mSv ②250mSv	眼の水晶体 300mSv 皮膚 1Sv ^{※5}
一般公衆	平常時	1mSv/年 ^{※2}	眼の水晶体 15mSv/年 ^{※2} 皮膚 50mSv/年 ^{※2}

(注) 上記表の数値は、外部被ばくと内部被ばくの合計線量(自然放射線による被ばくと医療行為による被ばくは含まない)

※1 平成13年4月1日以後5年ごとに区分

※2 4月1日を始期とする1年間

※3 4月1日、7月1日、10月1日、1月1日を始期とする各3月間

※4 原子力災害対策特別措置法の対象施設等における緊急作業への従事は、被ばくに関する情報提供を予め受けた上で、参加の意思を表明し、必要な訓練を受けた放射線業務従事者に限る
被ばく線量限度は、①従来の実効線量100mSvに加え、②放射性物質の敷地外等への放出の蓋然性が高い場合の実効線量250mSv、の2段階

※5 1Sv(シーベルト) = 1,000 mSv(ミリシーベルト) = 1,000,000 μSv(マイクロシーベルト)

放射線モニタリング情報共有・公表システム (nsr.go.jp)

放射線モニタリング情報共有・公表システム
Radiation Monitoring Information Sharing and Publication System

→ 携帯版はこちら

→ English

→ FAQ

測定データの取込み処理が遅延し、一時的に「調整中」と表示される場合があります。

● 放射線量測定マップ 全国の放射線モニタ結果をマップ形式で閲覧できます。

山口市 県環境保健センター大歳
庁舎

📊 グラフ

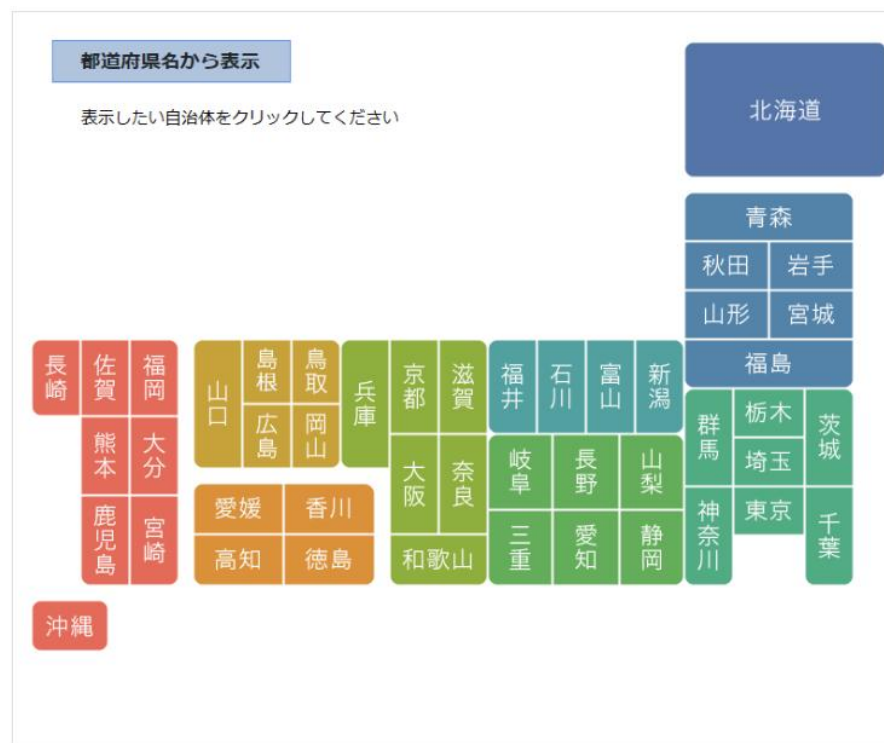
☰ 一覧表

🕒 2026-06-04 21:30

📶 0.081 $\mu\text{Sv/h}$



0.71mSv/年
($365 \times 24 \times 0.081 \mu\text{SV}$)



保存した表示地点の表示

保存地点を復元

施設名称等から選択

☒ 施設

都道府県名から選択

☐ 都道府県

表示実行

※モニタリングポストは $\mu\text{Gy/h}$ （マイクログレイ毎時）で測定されていますが、本ウェブサイト上では、 $1\mu\text{Gy/h}$ （マイクログレイ毎時） $=1\mu\text{Sv/h}$ （マイクロシーベルト毎時）と換算して表示しています。

※本ウェブサイトには福島県及び全国に設置されたモニタリングポストに加え、原子力施設周辺のモニタリングポストの測定結果が表示されます。

※「各県のホームページ」でも情報を掲載していますので、ご参照ください。