

東北学院大学とシニアとの対話会

2025年2月27日（木）

講演テーマ：

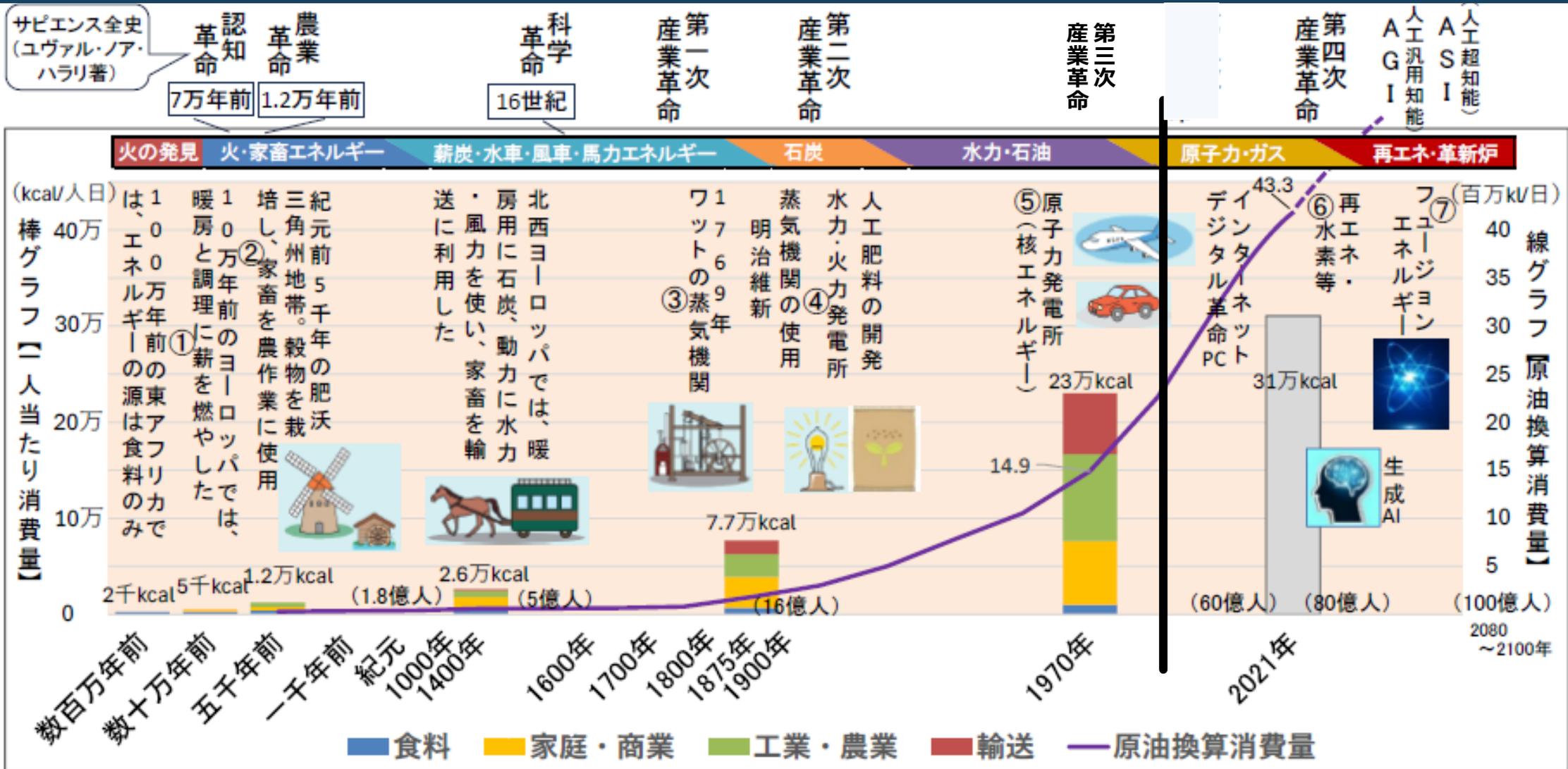
「考えよう日本のエネルギー」

SNW東北（シニアネットワーク東北）：本田 一明

本日の内容

エネルギーと私たち	p3
1. エネルギーを考えるときに大切なこと	p6
・日本のエネルギーの現状	p7
2. エネルギー基本計画	p16
(1)第7次エネルギー基本計画	p17
(2)再生可能エネルギーについて	p22
(3)原子力発電について	p29
(4)火力発電について	p37
3. エネルギーコスト(電気料金)	p44
4. そうだったのか！エネルギーミックス	p47
5. 脱炭素(どのようにしてCO2を減らすのか)	p52
6. GX実行会議	p62
次世代を担う皆さんへ	p66

エネルギーと私たち



①～⑦: エネルギーの大変革期

出典: [資工庁教育資料](#)を基に、2021年の世界の原油換算消費量、一人当たり消費量等を追加

エネルギーと私たち

米国工学アカデミーが選んだ20世紀の20大技術革新リスト

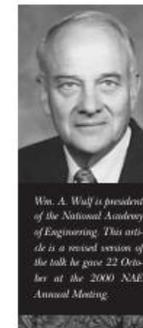
第1位：電化-広大な電力ネットワークが 先進社会に電力を供給

No	技術	No	技術
1	電力・電化	11	高速道路
2	自動車	12	宇宙船
3	航空機	13	インターネット
4	水の供給と配給	14	画像診断
5	エレクトロニクス	15	家庭用電化製品
6	ラジオとテレビ	16	医療技術
7	農業の機械化	17	石油と石油化学技術
8	コンピュータ	18	レーザーと光ファイバー技術
9	電話と通信	19	原子力技術
10	空調と冷蔵	20	高機能材料

Great Achievements and Grand Challenges

Wm. A. Wulf

Poised as we are between the twentieth and twenty-first centuries, it is the perfect moment to reflect on the accomplishments of engineers in the last century and ponder the challenges facing them in the next.



This past February, working with the engineering professional societies, the NAE selected the 20 greatest engineering achievements of the twentieth century. The main criterion for selection was not technical "gee whiz," but how much an achievement improved people's quality of life. The result is a testament to the power and promise of engineering.

Reviewing the list, it's clear that if any of its elements were removed our world would be a very different place—and a much less hospitable one. The list covers a broad spectrum of human endeavor, from the vast networks of the electric grid (no. 1) to the development of high-performance materials (no. 20). In between are advancements that have revolutionized virtually every aspect of the way people live (safe water, no. 4, and medical technologies, no. 16); the way people work (computers, no. 8, and telephones, no. 9); the way people play (radio and television, no. 6); and the way people travel (automobile, no. 2, and airplane, no. 3).

In announcing the achievements, former astronaut Neil Armstrong noted that, "Almost every part of our lives underwent profound changes

0. エネルギー資源について

一次エネルギーと二次エネルギー

一次エネルギー
(加工されない状態で供給されるエネルギー)

①化石燃料

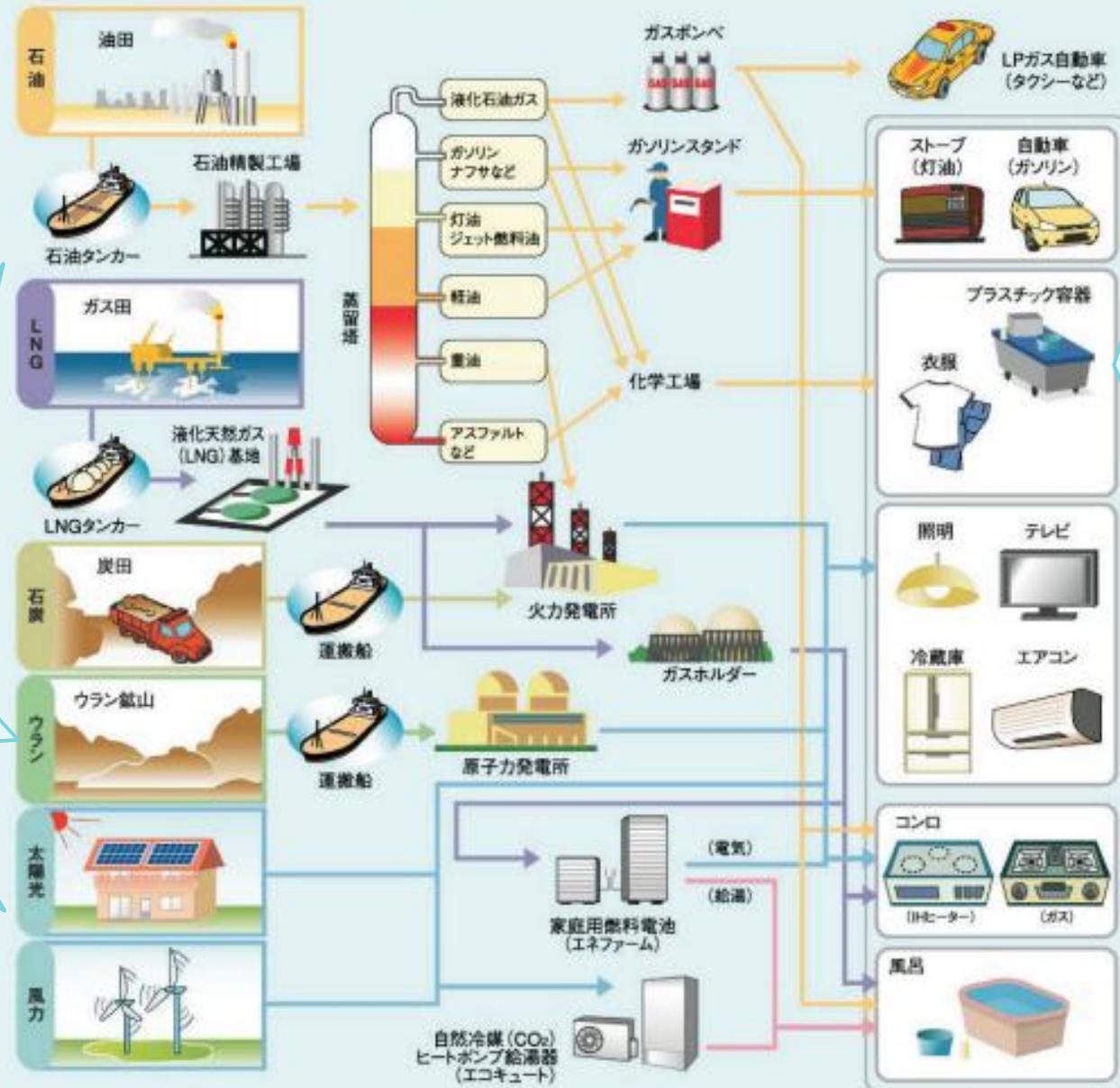
・石油、石炭、天然ガス

②原子力エネルギー

・核分裂、(核融合)

③再生可能エネルギー

・太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスなど



二次エネルギー
(一次エネルギーを転換・加工して輸送、貯蔵、利用に適した形態に変換したエネルギー)

電気、都市ガス、ガソリン、灯油、水素、など

1. エネルギーを考えるときに大切なこと

S + 3 E

安定供給
(自給率が高い)
Energy
Security

経済効率
(コストが低い)
Economic
Efficiency

環境
(CO₂が少ない)
Environment

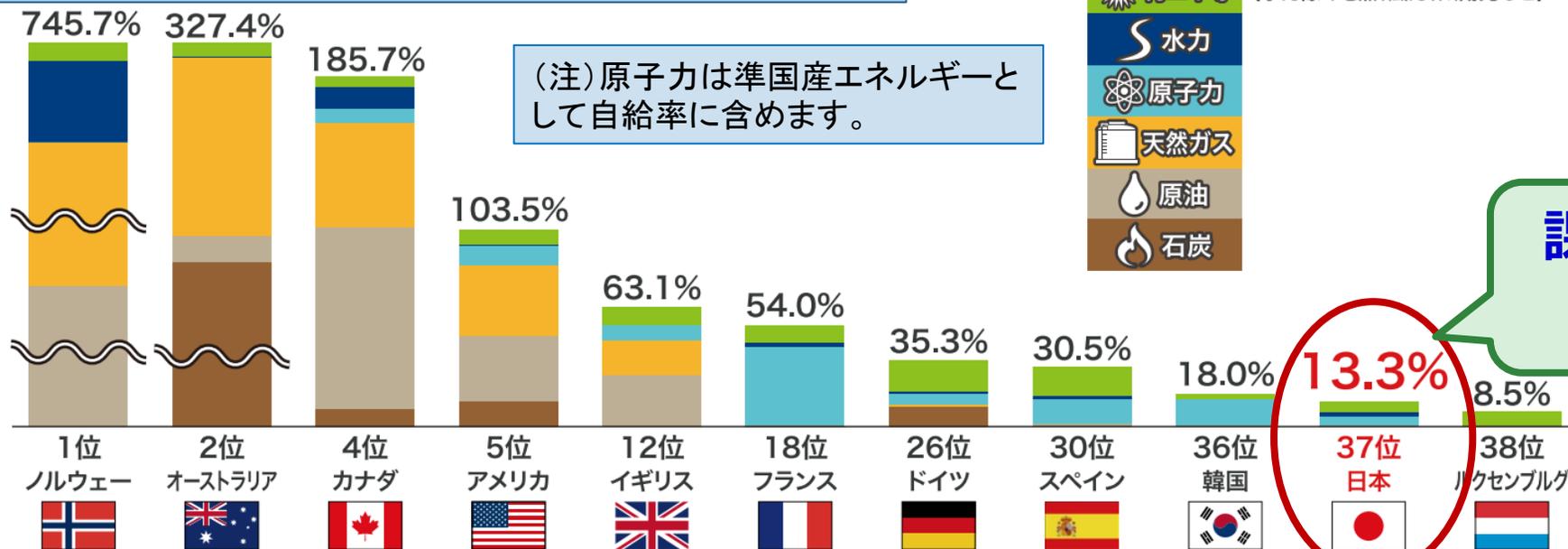
+

安全性
Safety

安全性を大前提とし、
安定供給、経済効率、
環境を同時達成する
べく、取り組むこと
(S+3E)

1-1. 日本のエネルギーの現状(安定供給)(1/5)

主要国の一次エネルギー自給率(2021年)



エネルギー自給率:
一次エネルギーのうち、自国内で確保できる比率です

課題1: 日本のエネルギー自給率は低い

国内にエネルギー資源が乏しいことが原因です

出典: IEA「World Energy Balances 2022」の2021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2021年度確報値。※表内の順位はOECD38カ国中の順位

我が国のエネルギー自給率

2010年度自給率
20.2%

2011年度自給率
11.5%

2012年度自給率
6.7%

2013年度自給率
6.5%

2014年度自給率
6.3%

2015年度自給率
7.3%

2016年度自給率
8.0%

2017年度自給率
9.5%

2018年度自給率
11.7%

2019年度自給率
12.1%

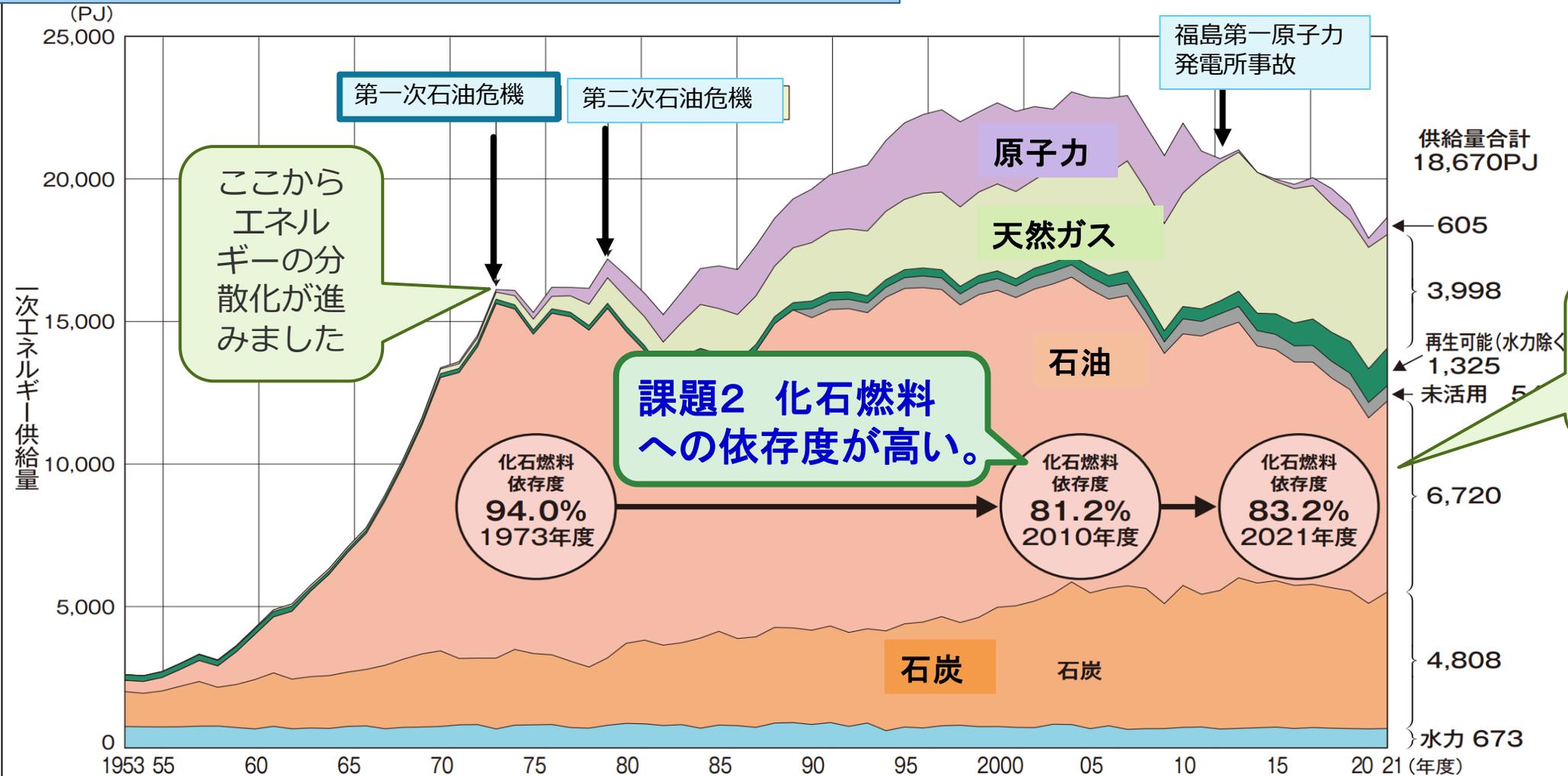
2020年度自給率
11.3%

2021年度自給率
13.3%

自給率の低さは、国際エネルギー情勢に日本の安全保障が大きく影響されることを意味しており、エネルギー安全保障面での脆弱性を示しています。

1-1. 日本のエネルギーの現状(安定供給)(2/5)

日本の一次エネルギー供給実績推移



化石燃料への依存度が再び高まりました

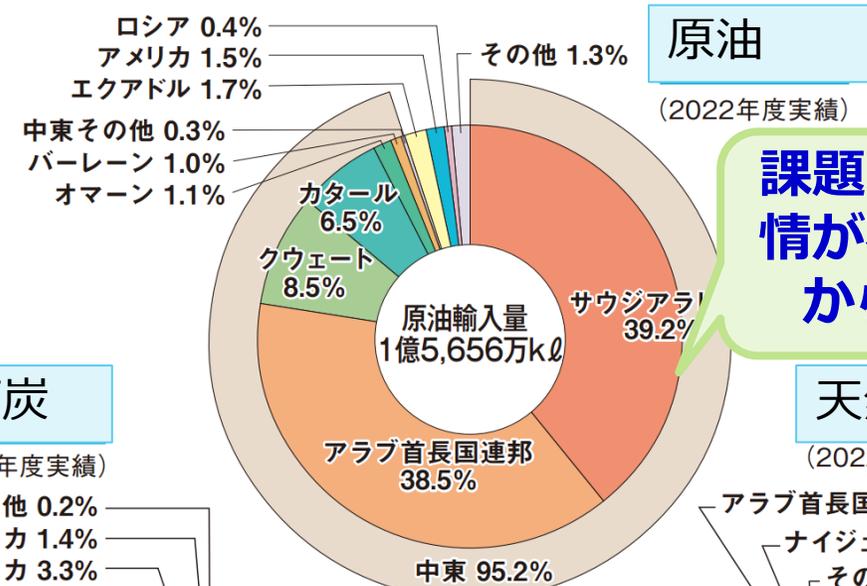
(注) 1PJ(=10¹⁵J)は原油約25,800klの熱量に相当(PJ:ペタジュール)
「総合エネルギー統計」は、1990年度以降の数値について算出方法が変更されている

出典:資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」より作成

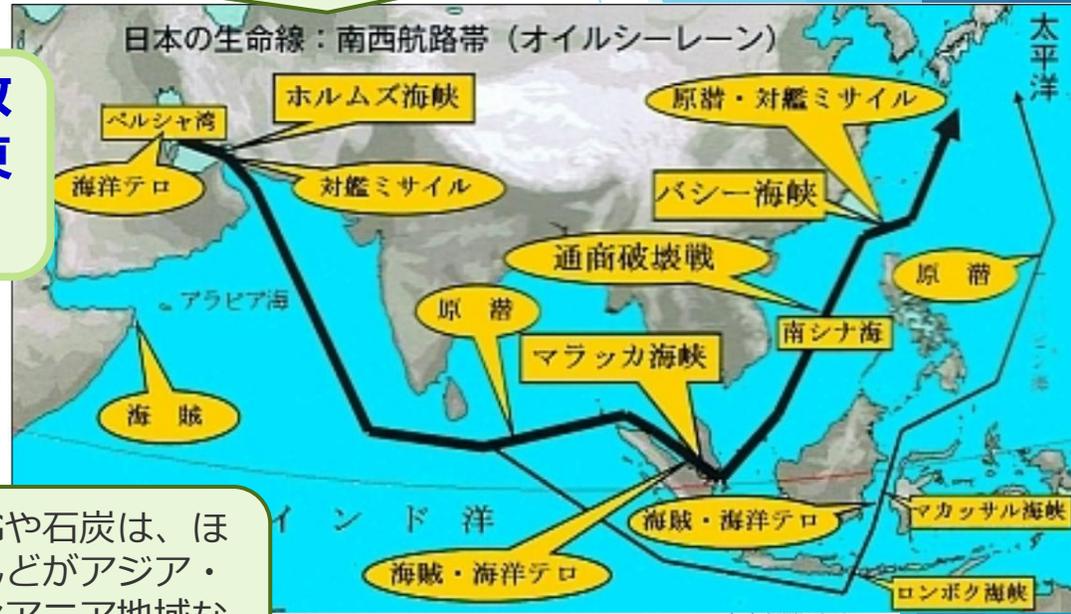
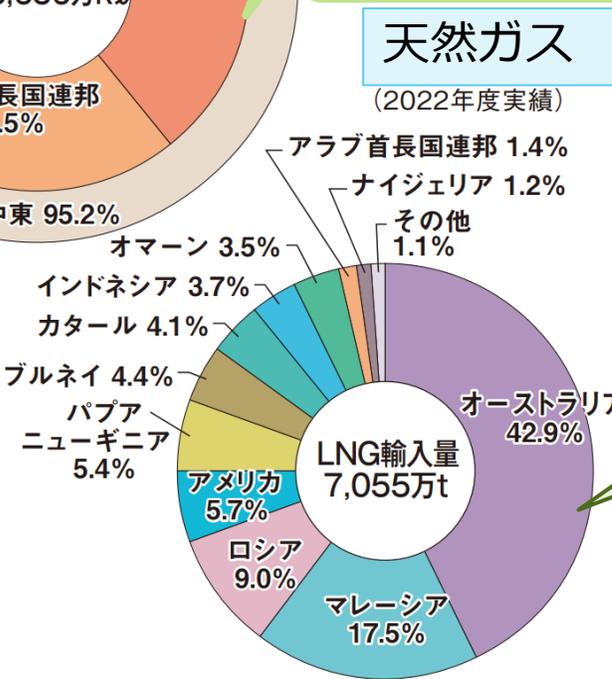
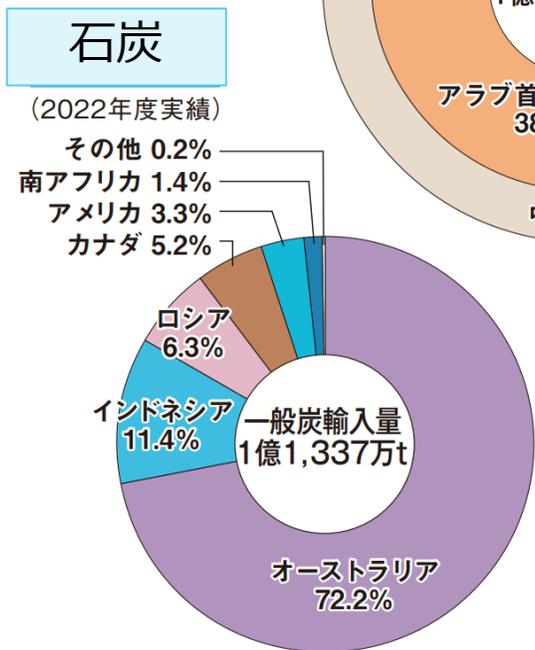
1-1. 日本のエネルギーの現状（安定供給）（3/5）

日本が輸入する化石燃料の相手国別比率

海外にエネルギー資源を依存していると、国際情勢などの影響により、**エネルギー資源を安定的に確保できないという問題**があります



課題3：原油は政情が不安定な中東から95.2%も



LNGや石炭は、ほとんどがアジア・オセアニア地域など海外からの輸入



2019年にはホルムズ海峡で日本船籍タンカーが攻撃されています

(注)四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある
 出典：※1 石油連盟統計資料、※2 財務省貿易統計より作成
 出所：1-2-04 日本が輸入する化石燃料の相手国別比率 | エネ百科 | きみと未来と。(ene100.jp)

1-1. 日本のエネルギーの現状（安定供給）（4/5）

最近では中東情勢が緊迫化

エネルギーを巡る不確実性の増加に関する主な事象



原油の9割以上を中東からの輸入に依存する我が国にとってチョークポイントが集中する中東地域の情勢悪化はエネルギーの安全保障に直結します。

チョークポイント※比率の国際比較（2021年）



(※) チョークポイント比率は、チョークポイントを通過する各国の輸入原油の数量を合計し、総輸入量に対する割合を計算したもの。一般に、チョークポイント比率が低いほど、チョークポイント通過せずに輸入できる原油が多いため、リスクが低い。

1-2. 日本のエネルギーの現状（経済効率）(1/2)

課題5：日本のエネルギー価格は世界のエネルギー価格の動向と密接に関連

過去の燃料価格の推移と現在の状況



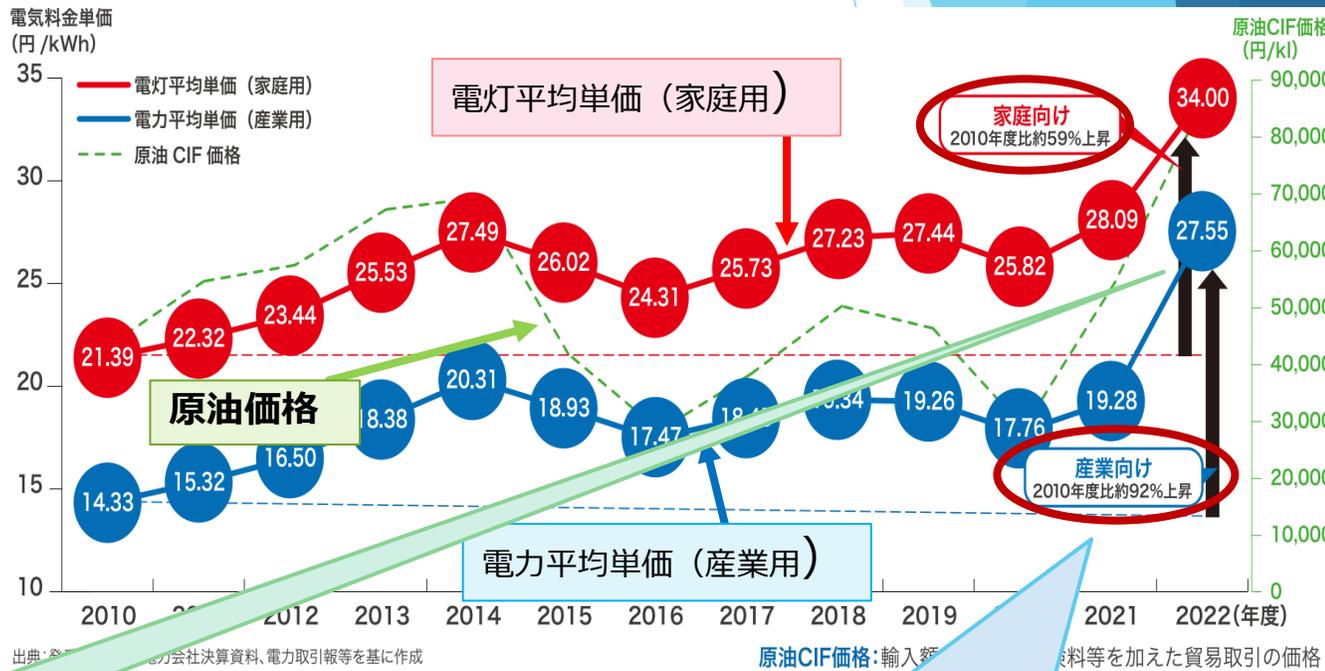
ウクライナ情勢をめぐり地政学的緊張の高まりを受け上昇

新型コロナの影響

為替相場の影響も

出所：エネルギーHP energy_in_japan2023 (meti.go.jp)

電気料金平均単価の推移(2010年度以降)



震災前と比べ、2022年度の平均単価は、家庭向けは約59%、産業向けは約92%上昇

1-2. 日本のエネルギーの現状(経済効率)(2/2)

課題 6 : 固定価格買い取り制度(FIT)が電気料金を押し上げつつあります

再エネの設備容量は急速に伸びており、それと同時に家庭が負担する買取費用も急速に増加しています。

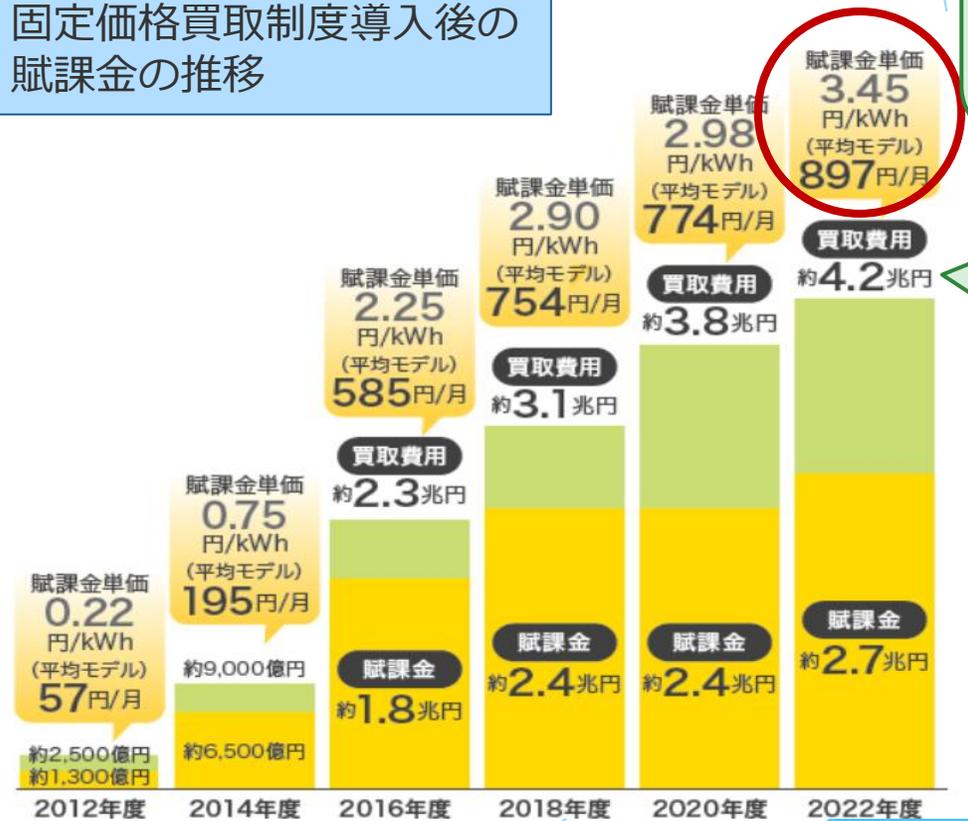
電気料金を左右するもうひとつの要因が、再生可能エネルギー(再エネ)のコストです。

2022年度の買取費用は4.2兆円

再エネの設備容量の推移(大規模水力は除く)



固定価格買取制度導入後の賦課金の推移



出所: エネ庁HP [energy.in.japan2023\(meti.go.jp\)](http://energy.in.japan2023.meti.go.jp)

1-3. 日本のエネルギーの現状(環境) (1/2)

課題7: 脱炭素(カーボンニュートラル)に向けた対応が求められています

カーボンニュートラルとは

「温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させること」を意味します。

- ・ 経済活動を行う以上、完全に二酸化炭素(温室効果ガス)の排出量をゼロにすることはできない。
- ・ そこで、できるだけ排出量を減らした上で、どうしても残った「残存排出量」の分を森林に吸収させたり、地下に埋めたりすることで実質的な排出量をゼロにするという考え。

2020年10月の臨時国会で、菅総理が「2050年カーボンニュートラル宣言」を行いました。

「我が国は、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2025年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことをここに宣言致します」

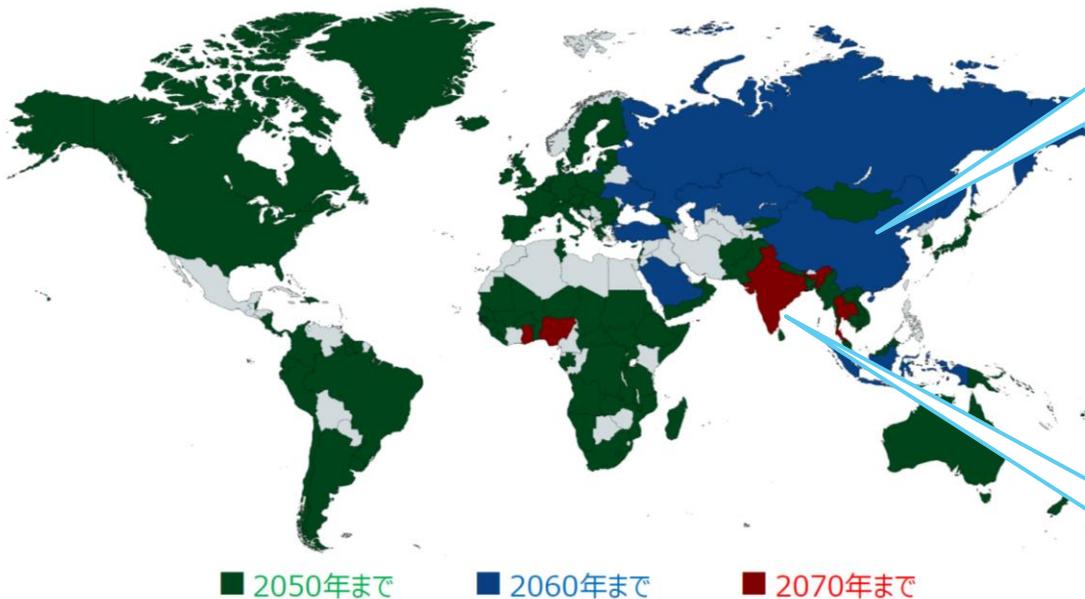


出典: 首相官邸Twitter 14

1-3. 日本のエネルギーの現状(環境) (2/2)

カーボンニュートラルは世界の潮流

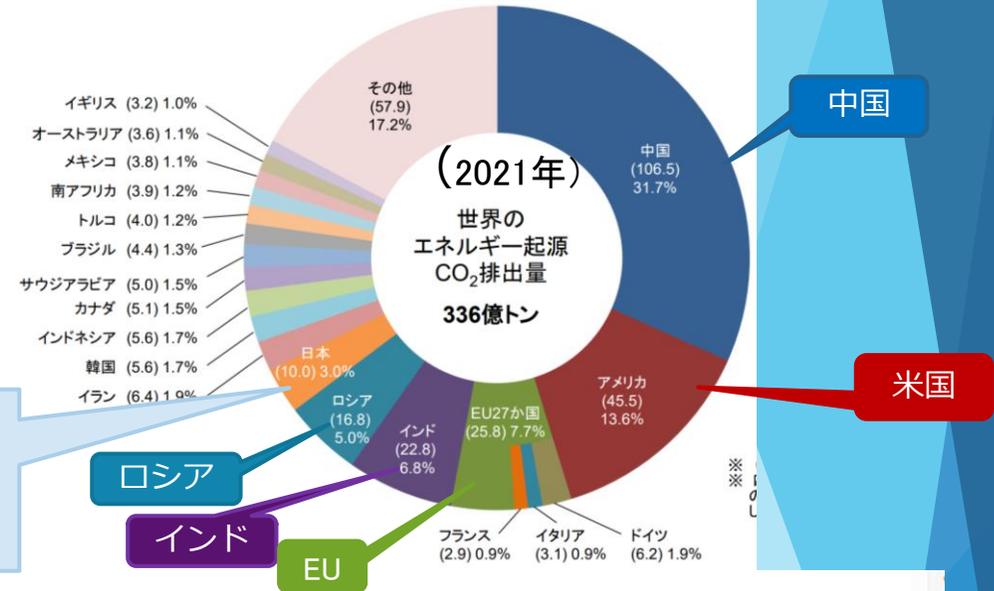
カーボンニュートラルを表明した国・地域(2024年4月時点)



- 2050年までのカーボンニュートラルを表明している国・地域は日本を含めて146カ国(G20のすべての国)です。
- さらに2060年、2070年までのカーボンニュートラルを表明している国・地域を含めると、世界全体のCO2排出量に占める割合は9割になります。

出所: エネ庁HP [energy_in_japan2023 \(meti.go.jp\)](https://energy.in.go.jp)

世界のエネルギー起源CO2排出量336億トン



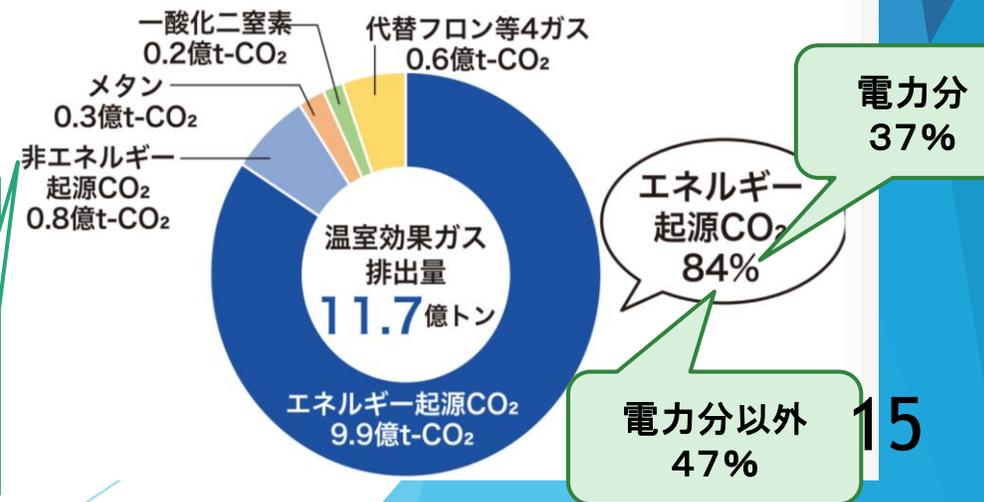
中国(32%)、ロシア(5%)は2060年まで

日本は10.0億トン 3.0%

インド(7%)は2070年まで

工業プロセスにおける化学反応や廃棄物の処理などで発生する二酸化炭素。(例えば、セメントの製造、生石灰の製造、ソーダ灰ガラスや鉄鋼の製造、アンモニアの製造、エチレンの製造、などの工程で発生)

日本の温室効果ガス排出量(2021年度)



2. エネルギー基本計画

エネルギー基本計画

日本のエネルギー政策の中長期的な方向性を示す政府の基本方針です

エネルギー政策基本法(2002年施行)に基づいて策定されます。

第十二条:

政府は、エネルギーの需給に関する施策の長期的、総合的かつ計画的な推進を図るため、エネルギーの需給に関する基本的な計画(以下「**エネルギー基本計画**」という。)を定めなければならない。

2 エネルギー基本計画は、次に掲げる事項について定めるものとする。

一 エネルギーの需給に関する施策についての基本的な方針

二 エネルギーの需給に関し、長期的、総合的かつ計画的に講ずべき施策

以下 省略

5 政府は、エネルギーをめぐる情勢の変化を勘案し、及びエネルギーに関する施策の効果に関する評価を踏まえ、**少なくとも三年ごとに、エネルギー基本計画に検討**を加え、必要があると認めるときには、これを変更しなければならない。

この計画には、日本のエネルギー政策の基本目標(エネルギーの安定供給、環境への適合性、経済効率性、安全性など)が反映され、**電力、石油、ガス、再生可能エネルギー、原子力など各エネルギー源の位置づけが明示**されます。

2-1. 第7次エネルギー基本計画(1/5)

2025年2月18日に「**第7次**エネルギー基本計画」が閣議決定されました。

エネルギー政策の基本的視点

- ・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。
- ・**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。**



総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会の初会合(昨年5月15日)

2040年に向けた政策の方向性

- ・ **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。
- ・ 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。
- ・ 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。
- ・ 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

2-1. 第7次エネルギー基本計画(2/5)

「第7次エネルギー基本計画」が閣議決定(2月18日)されました。



エネルギー基本計画決定 “再生可能エネルギーを最大電源に 原子力も活用”

「今回の基本計画では特定の電源や燃料源に過度に依存しない電源構成を目指すとともに、**脱炭素電源を最大限活用**することも示した。計画に基づいて政策の具体化を進め、エネルギー安定供給、経済成長、脱炭素を同時に実現できるよう目指していきたい」

「可能な限り原発依存度を低減する」との従来表現を削除

(1) 16版 2025年(令和7年)2月19日(水曜日)

脱炭素計画のポイント

- 「可能な限り原発依存度を低減する」との従来表現を削除
- 原発の建て替え要件を緩和、2040年度の発電量全体を2割程度に設定
- 再生可能エネルギーは位40年度に最大電源に位置付ける。割合は4~5割程度に引き上げる
- 23年度に68.6%を占めた火力は40年度に3~4割程度に落とす
- 温室効果ガスの排出削減目標について、35年度に13年度比60%減、40年度に同73%減とする

原発回帰「最大限活用」

政府計画 再生エネ最大5割

政府は18日、国の中期エネルギー政策指針「再生可能エネルギー基本計画」の改定案を閣議決定した。原発を最大限活用する政策へ変更し、同時に発電量全体に占める再生可能エネルギーの割合を2040年度に4~5割程度に引き上げる。温室効果ガスの排出削減目標を35年度に13年度比60%減、40年度に73%減とする地球温暖化対策計画も同日閣議決定された。トランプ米政権が気候変動対策の国際枠組み「パリ協定」から再離脱する逆風下でも、脱炭素化を加速させる考えだ。(3面に関連記事)

武蔵野経済産業相は18日の閣後記者会見で「米国も含め世界各国で脱炭素への大規模投資が進んでいる。取り組む必要性は変わらない」と強調した。

エネルギー基本計画は、11年の東京電力福島第1原発事故の反省から明記してきた「可能な限り原発依存度を低減する」との表現を削除。同じ原発の敷地内に限り認められた建て替えの要件も認め、同じ電力会社

経産相「安定供給 経済成長 脱炭素を同時に実現目指す」



武藤経済産業大臣

河北新報2月19日

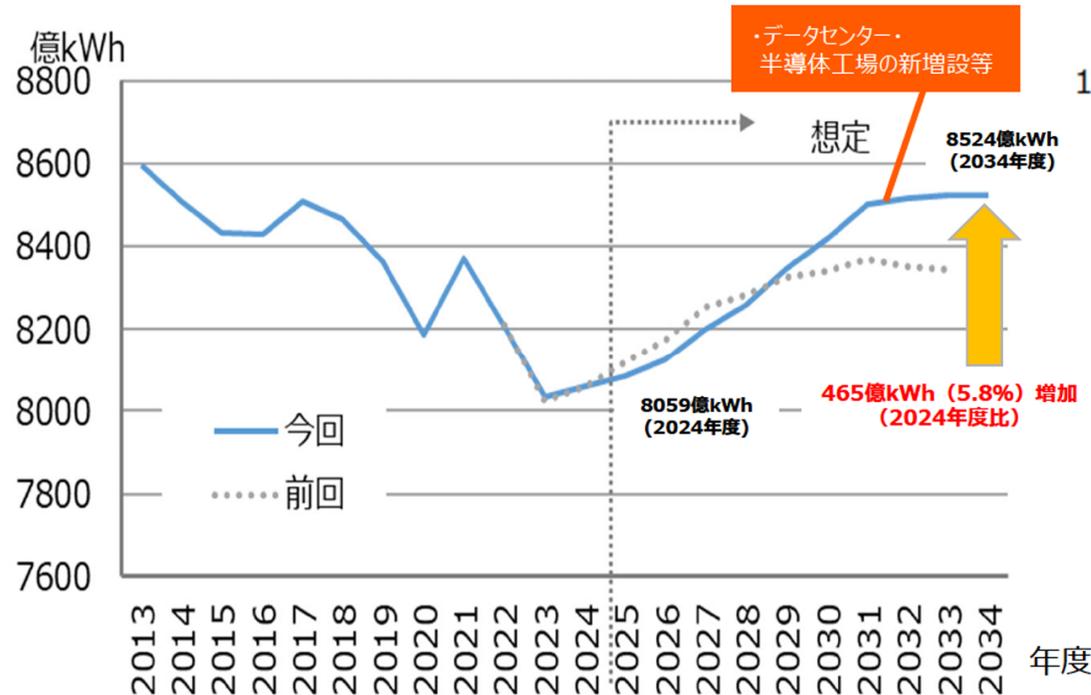
出所：政府 エネルギー基本計画決定 “再生可能エネルギーを最大電源に 原子力も活用” | NHK | 脱炭素社会への動き

2-1. 第7次エネルギー基本計画(3/5)

電力需給の見通し

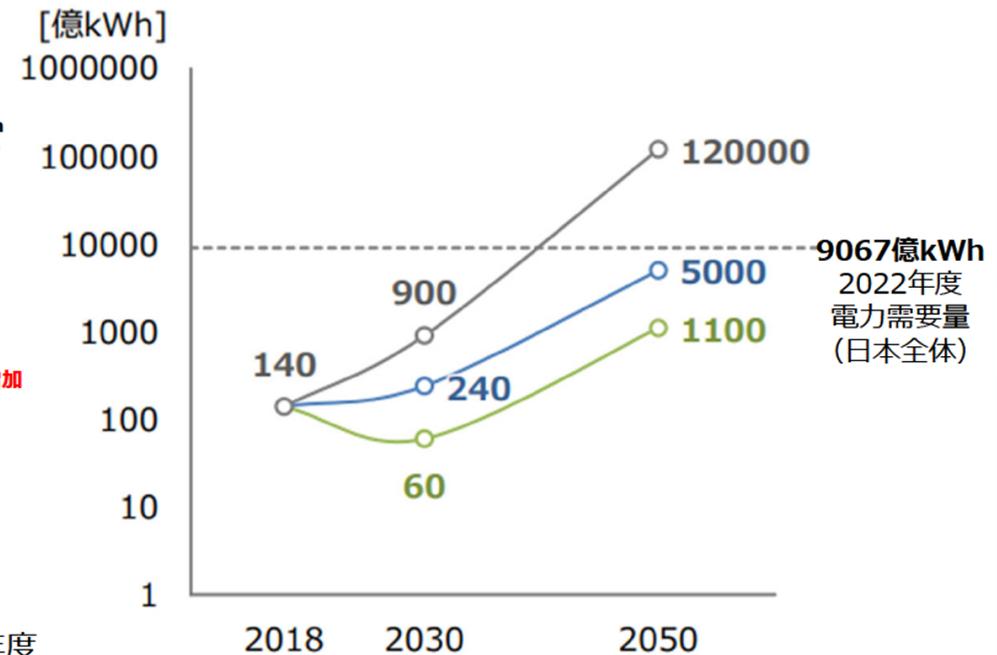
データセンターや半導体工場の新増設等による産業部門の電力需要の大幅増加により、電力需要は増加傾向

我が国の需要電力量の見通し



データセンターによる電力需要の増加

(JSTによる分析)



※ 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した結果、2031年度を境に伸びが減少しているが、将来の新増設申込の動向により変わる可能性がある。

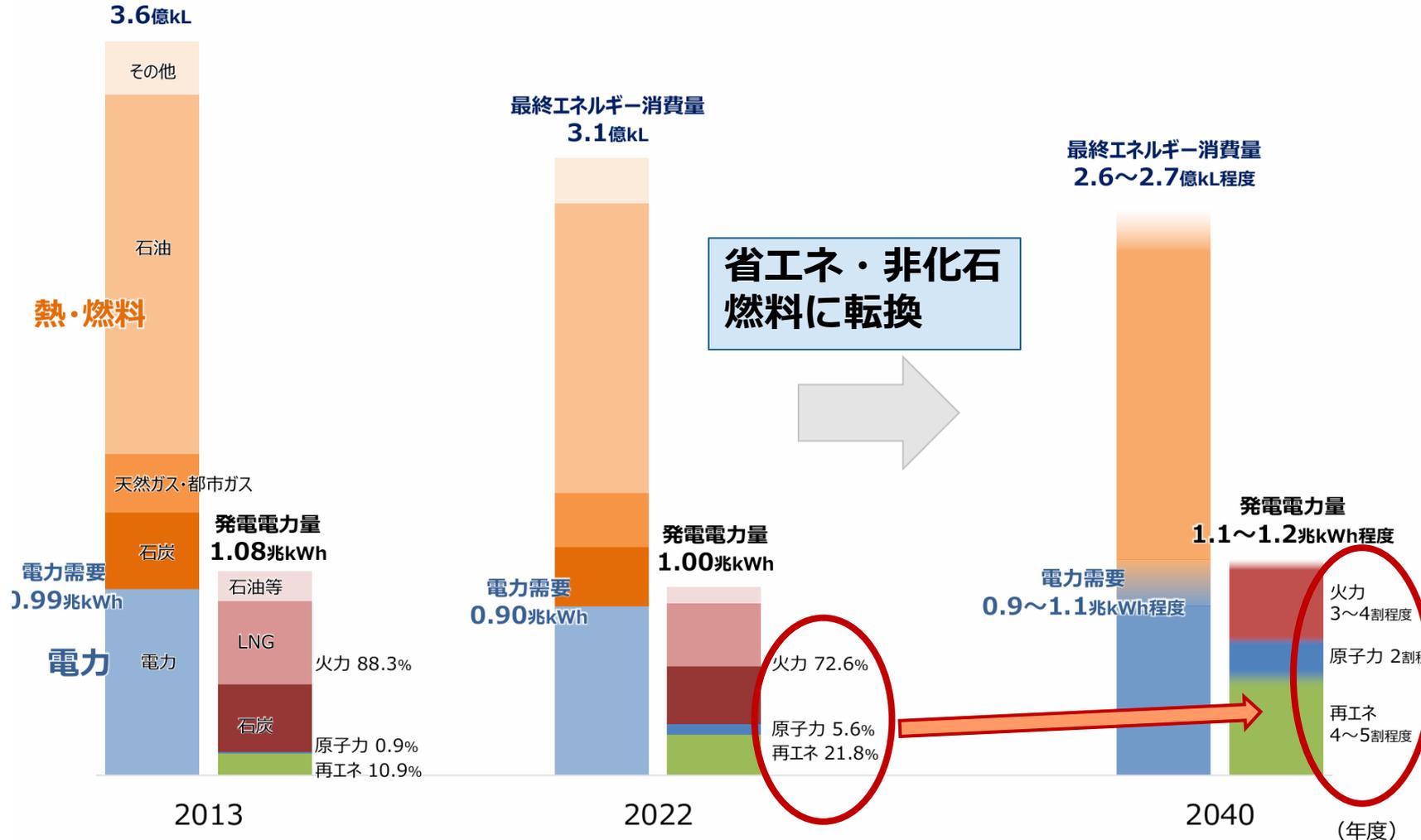
出典先：電力広域的運営推進機関HP 2025年度 全国及び供給区域ごとの需要想定について

- As is：現時点の技術のまま、全个省エネ対策が進まない場合
- Modest：エネルギー効率の改善幅が小さい場合（2030年までと同等の改善率で2050年まで進捗）
- Optimistic：エネルギー効率の改善幅が大きい場合

出所：250124_10.pdf

2-1. 第7次エネルギー基本計画(4/5)

2040年度におけるエネルギー需給の見通し(イメージ)

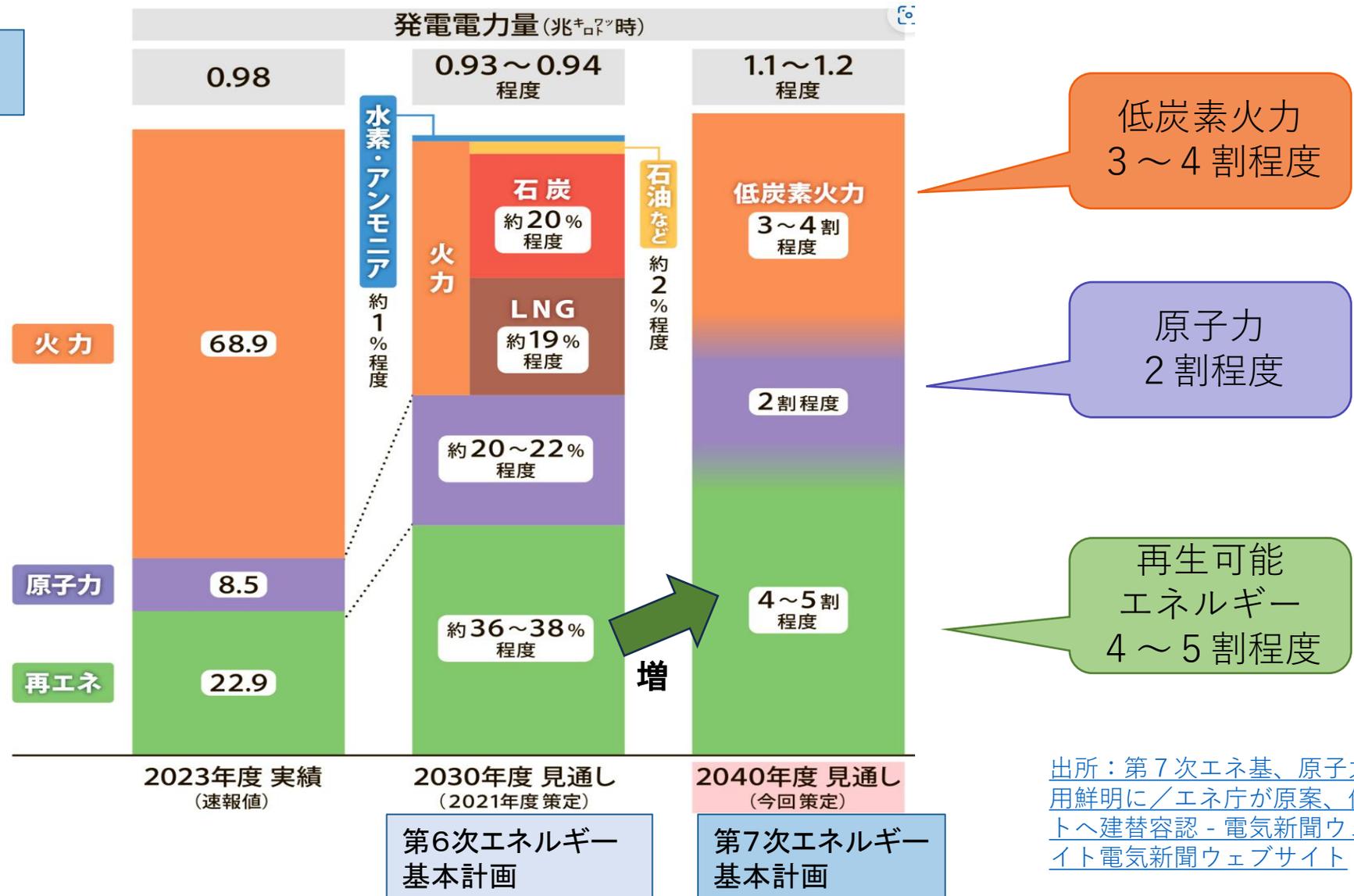


(注) 左のグラフは最終エネルギー消費量、右のグラフは発電電力量であり、送配電損失量と所内電力量を差し引いたものが電力需要。

	2022年度	2040年度	
エネルギー自給率	12.6%	3~4割程度	
最終エネルギー消費量	3.1億kℓ	2.6~2.7億kℓ程度	
1次エネルギー供給の化石燃料割合	83.4%		
電源構成	火力発電	72.6%	3~4割程度
	石炭	30.8%	
	LNG	33.8%	
	石油等	8.2%	
	再生可能エネルギー	21.8%	4~5割程度
	太陽光	9.2%	23~29%程度
	風力	0.9%	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	3.7%	5~6%程度	
原子力	5.6%	2割程度	
エネルギー起源CO2排出量	9.6億t	温室効果ガス削減割合 2073%	

2-1. 第7次エネルギー基本計画(5/5)

電源構成



2-2. 再生可能エネルギーについて (1/7)

再生可能エネルギー（太陽光・風力）のメリット／課題

- メリット**
- 燃料が枯渇する心配がない
 - 発電時にCO2を出さない
 - 原子力のような事故の心配がない

- デメリット**
- ▲天候に左右され、発電が不安定
 - ▲総合コストを考慮した発電コストが割高
 - ▲景観を害する事例も発生

(注)総合コスト; 電源を電力システムに受け入れるコスト

変動型
再生エ

安定型
再生エ

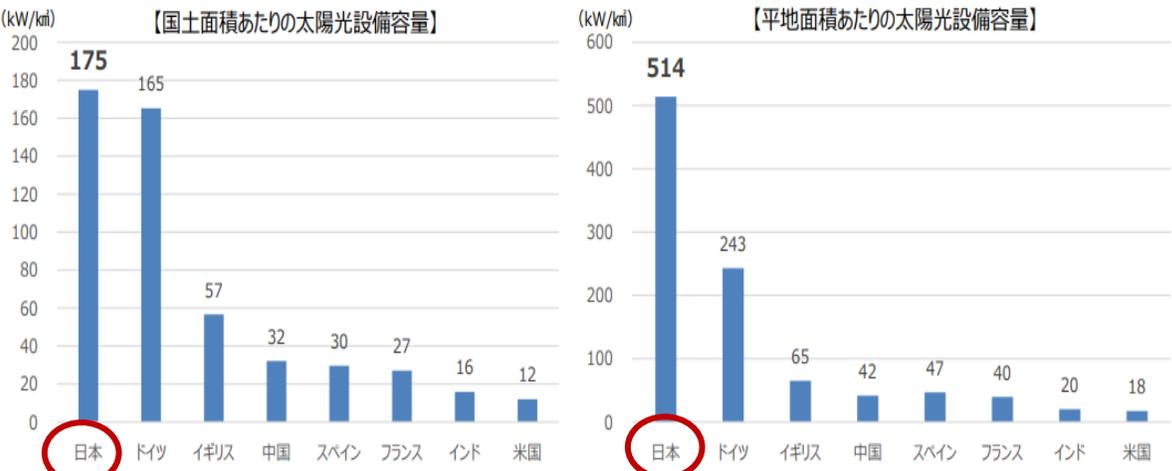
	強み	課題
太陽光発電	<ul style="list-style-type: none"> ・相対的にメンテナンスが簡易 ・非常用電源としても利用可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・天候により発電出力が左右される ・一定地域に集中すると、送配電システムの電圧上昇につながり、対策に費用が必要となる
風力発電	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模に開発した場合、コストが火力、水力並みに抑えられる ・風さえあれば、昼夜を問わず発電できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・広い土地の確保が必要 ・風況の良い適地が北海道と東北などに集中しているため、広域での連携についても検討が必要
水力発電	<ul style="list-style-type: none"> ・安定して長期間の運転が可能で信頼性が高い ・中小規模タイプは分散型電源としてのポテンシャルが高く、多くの未開発地点が残っている 	<ul style="list-style-type: none"> ・中小規模タイプは相対的にコストが高い ・事前の調査に時間を要し、水利権や関係者との調整も必要
地熱発電	<ul style="list-style-type: none"> ・出力が安定しており、大規模開発が可能 ・昼夜を問わず24時間稼働 	<ul style="list-style-type: none"> ・開発期間が10年程度と長く、開発費用も高額 ・温泉、公園施設などと開発地域が重なるため地元との調整が必要
バイオマス発電	<ul style="list-style-type: none"> ・資源の有効活用で廃棄物の削減に貢献 ・天候に左右されにくい 	<ul style="list-style-type: none"> ・原料の安定供給の確保や、原料の収集運搬、管理にコストがかかる

出所(下表): 資源エネルギー庁HPから作成
 制度の概要 | 固定価格買取制度 | なつとく! 再生可能エネルギー (meti.go.jp)

2-2. 再生可能エネルギーについて (2/7)

太陽光：国土面積当たりの**日本の太陽光導入容量は主要国の中で最大**。平地面積で見るとドイツの2倍

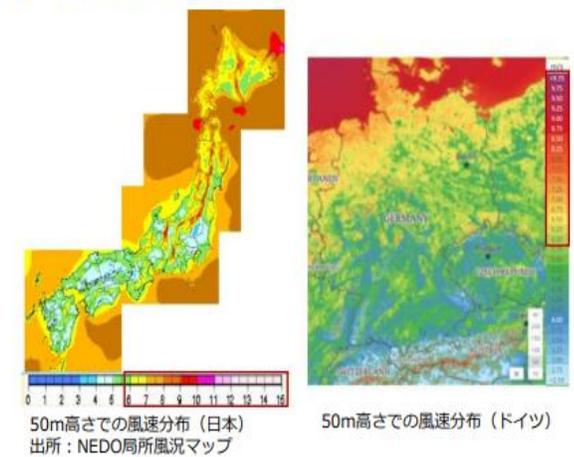
風力：日本は風況の良い平地が限られているため、山間部の割合が増加。開発し易い平野部での適地が減少しつつある。今後はコストは高くなるが**洋上風力**に期待がかかる。



	日	独	英	中	仏	西	印	米
国土面積	38万km ²	36万km ²	24万km ²	960万km ²	54万km ²	51万km ²	329万km ²	983万km ²
平地面積※ (国土面積に占める割合)	13万km ² (34%)	24万km ² (68%)	21万km ² (87%)	740万km ² (77%)	37万km ² (68%)	32万km ² (63%)	257万km ² (78%)	674万km ² (68%)
太陽光の設備容量 (GW)	66	59	14	308	15	15	52	118
太陽光の発電量 (億kWh)	861	500	124	3,392	151	216	719	1,462
発電量 (億kWh)	10,328	909	3,080	85,010	5,505	2,709	16,512	43,490
太陽光の総発電量に占める比率	8.3%		4.0%	4.0%	2.7%	8.0%	4.4%	3.4%

設備容量は、中国、米国について世界第3位です。

日本と欧州における風況の違い



1MW以上の認定案件のうち山間部の案件が占める割合 (容量ベース)



日本と欧州各国の国土比較 (同縮尺)



(出典) 外務省HP (https://www.mofa.go.jp/press/2020/01/20200120_01.html) 2020 (http://www.fao.org/3/ca9825en/CA9825EN.pdf)
IEA Renewables 2022, IEAデータ
※平地面積は、国土面積から、Global Forest Watchより算出

2-2. 再生可能エネルギーについて(3/7)

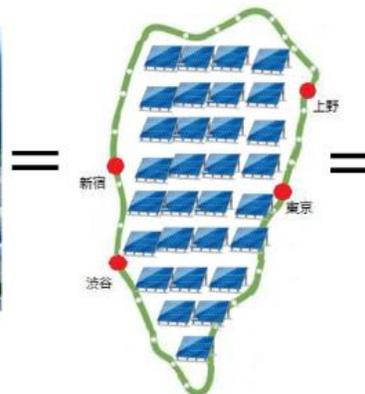
広大な土地が必要

原子力発電1年間分と同じ発電量を得るために必要な面積

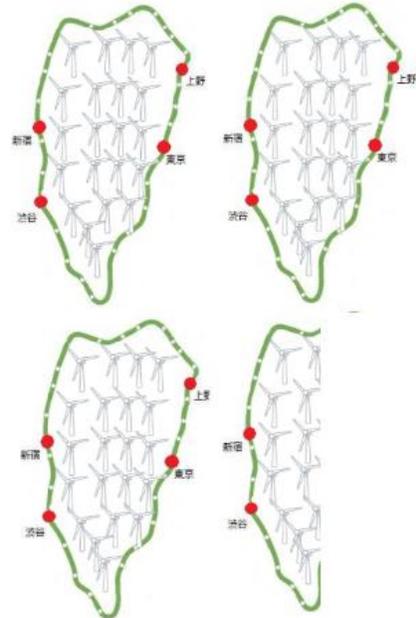
原子力発電所
100万kW級
(約0.6km²)



太陽光発電
山手線一杯の面積
(約58km²)



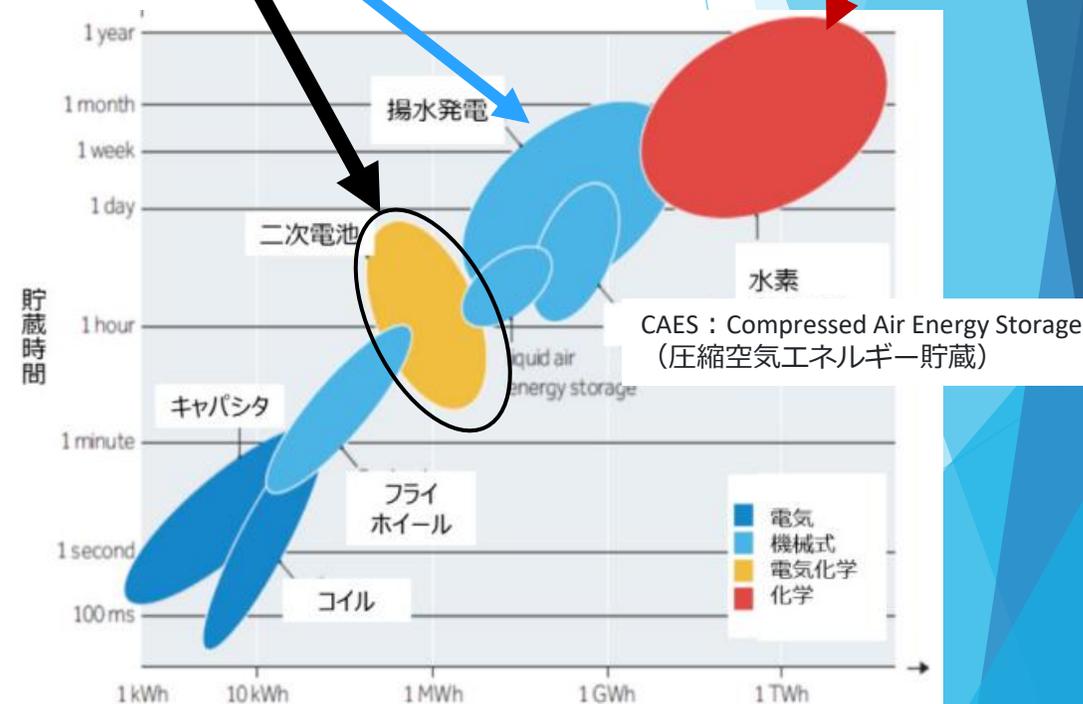
風力発電
山手線の3.4倍の面積
(約214km²)



太陽光は夜、雨天、曇天、風力は風のない日は発電できない

→ 「蓄電池」に期待がかかるが・・・

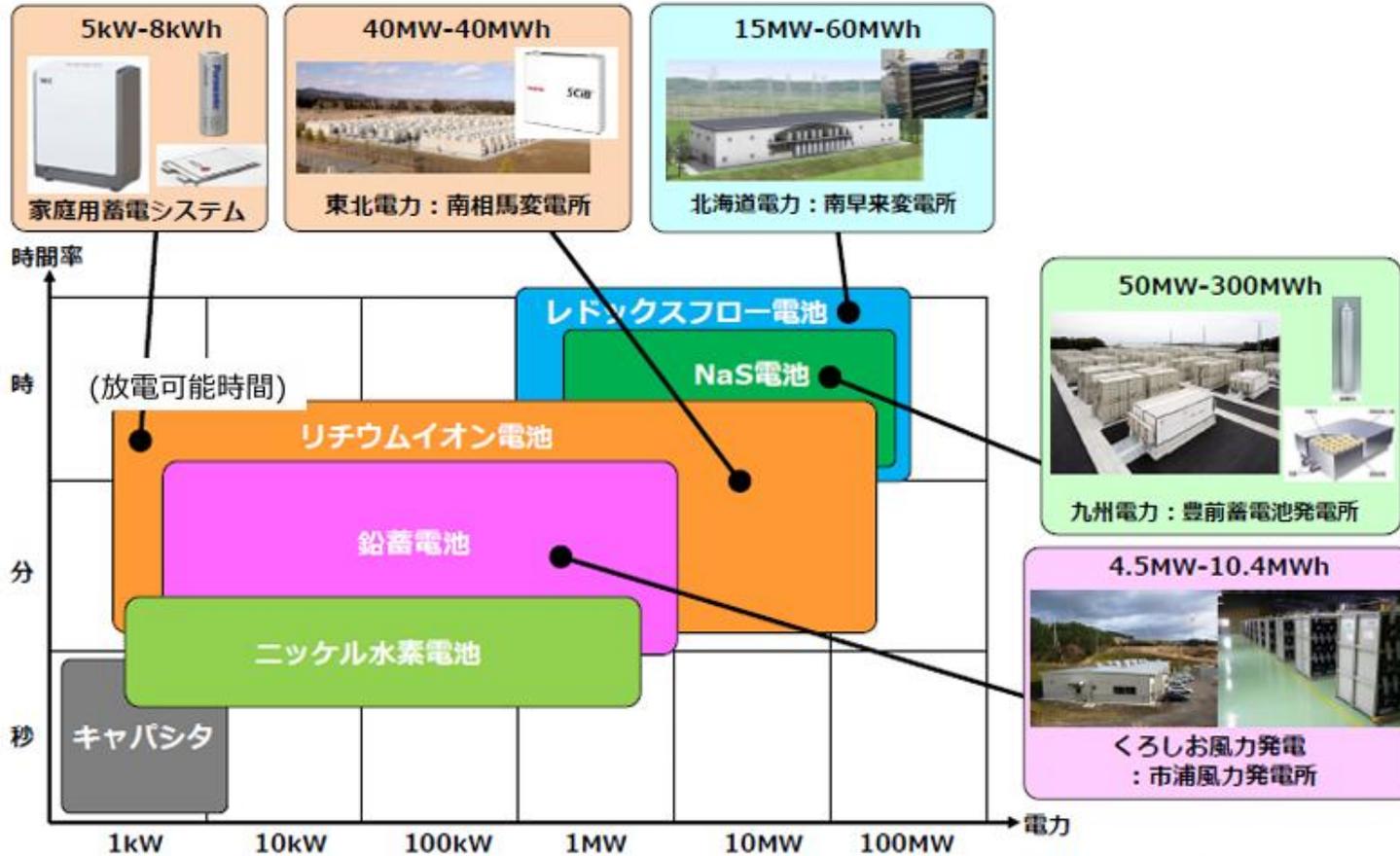
→ **揚水発電**、燃料を転換した（**水素**）或いは**CCUS付火力発電**が現実的では・・・



各種電力貯蔵方式の貯蔵容量と貯蔵時間

2-2. 再生可能エネルギーについて(4/7)

主な蓄電池の性能の比較 (用途に応じた使い分けが必要)



<蓄電池のスペック(KWとKWh)>

蓄電池のパワーとは、取り出せる電気のと蓄えられる電気のこと



- 貯水槽に例えると
- ・蛇口から出る水の量
→取り出せる電気のと (出力) ※KWで表示
- ・貯水槽の大きさ
→蓄えられる電気のと (蓄電容量) ※KWhで表示

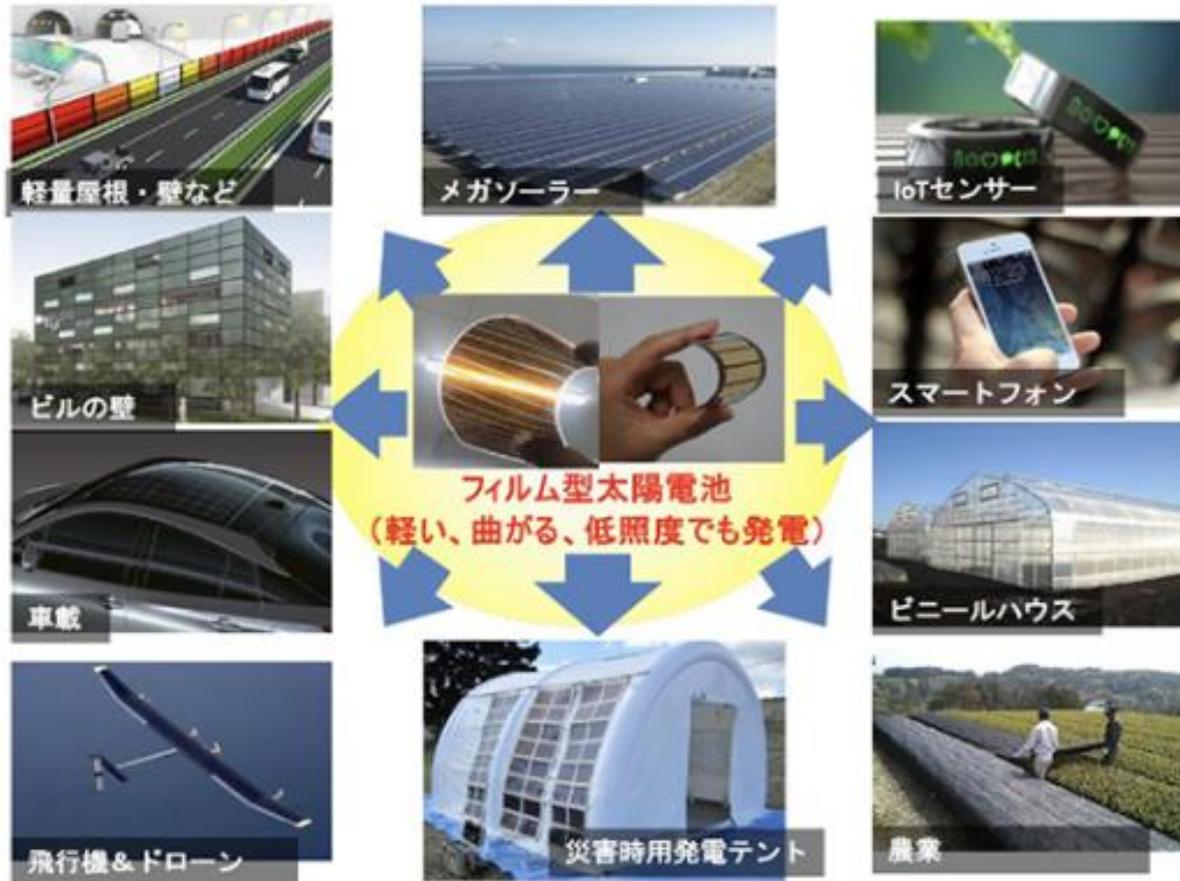
	リチウム	NAS	レドックスフロー
寿命	10-20年	15年	20年
コスト*	約4.6万円/kWh	約3.9万円/kWh	約7.0万円/kWh
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・高密度 ・多用途 	<ul style="list-style-type: none"> ・小型化困難 ・長時間放電可 	<ul style="list-style-type: none"> ・小型化困難 ・長寿命、長時間放電が可

(出所) 富士経済 エネルギー・大規模二次電池・材料の将来展開2020 - ESS・定置用蓄電池分野編 - におけるシステム・太陽光発電システム・風力発電システム用蓄電池のコスト (2019年実績)

出所: エネ庁HP
08_05.pdf

2-2. 再生可能エネルギーについて(5/7)

これから期待されるペロブスカイト太陽電池



鉛とヨウ素を主原料とし、印刷技術で量産可能で工程数も少なく、一日の製造量が多い。コストはシリコン製の1/3~1/5。

レアメタルが不要で、主原料のヨウ素は日本が世界第2位の生産量を誇るものであり、安全保障上有利。

現在主流の太陽光パネルに用いられているシリコン型太陽電池と異なり、薄く、軽く、曲げられるのが特徴

インクの印刷のように、塗って乾かすだけなので、製造期間も短い。さらに、曇りや雨の日、蛍光灯の光など弱い光でも発電する強みを持つ。

これまで設置が難しかったビルの側面や柱、電気自動車にも設置可能になる。そのほか、キャンプ用テント、ジャケット、気球、など、対象はいくらでも広がる。

出所：日本人が開発「薄くて曲がる」太陽電池のすごみ 髪の毛より薄い「ペロブスカイト」で生活が変わる | 環境 | 東洋経済オンライン (toyokeizai.net)

2-2. 再生可能エネルギーについて(6/7)

これから期待される洋上風力発電

洋上風力発電とは

	洋上	
	着床式	浮体式
風の状況	○	◎
コスト	◎	△
景観や地形などの制約	△	◎
普及の度合い(現在)	◎	◎
日本の産業競争力(可能性)	△	◎

(タワーの形状は一例)

水深50m前後まで

水深50m以上

海底ケーブル

チェーン

50m

500×472

洋上風力には着床式と浮体式の2種類があります

出所：朝日新聞デジタル：〈ニュースがわかるん！〉洋上風力発電 - おすすめ記事〈原発・エネルギー特集〉(asahi.com)



出所：ヨーロッパの洋上風力発電所を視察してきました。
- 日本自然保護協会オフィシャルサイト (nacsj.or.jp)

コスト低減が課題です

洋上風力発電の建設候補地



出所：国土交通白書2021 3 再生可能エネルギー等の利活用の推進 (mlit.go.jp)

2-2. 再生可能エネルギーについて(7/7)

再エネ導入に向けた課題

①地域との共生

- ✓ 傾斜地への設置など安全面での懸念増大。
- ✓ 住民説明不足等による地域トラブル発生。
- ⇒ **地域との共生に向けた事業規律強化が必要**

②国民負担の抑制

- ✓ FIT制度による20年間の固定価格買取によって国民負担増大（2024年度3.49円/kWh）。
- ✓ 特にFIT制度開始直後の相対的に高い買取価格。
- ⇒ **FIPや入札制度活用など、更なるコスト低減が必要**

③出力変動への対応

- ✓ 気象等による再エネの出力変動時への対応が重要。
- ✓ 全国大での出力制御の発生。
- ✓ 再エネ導入余地の大きい地域（北海道、東北など）と需要地が遠隔。
- ⇒ **地域間連系線の整備、蓄電池の導入などが必要**

④イノベーションの加速とサプライチェーン構築

- ✓ 平地面積や風況などの地理的要件により新たな再エネ適地が必要。
- ✓ 太陽光や風力を中心に、原材料や設備機器の大半は海外に依存。
- ✓ 技術開発のみならず、コスト低減、大量生産実現に向けたサプライチェーン構築、事業環境整備が課題
- ⇒ **ペロブスカイトや浮体式洋上風力などの社会実装加速化が必要**

⑤使用済太陽光パネルへの対応

- ✓ 不十分な管理で放置されたパネルが散見。
- ✓ 2030年半ば以降に想定される使用済太陽光パネル発生量ピークに計画的な対応が必要。
- ✓ 適切な廃棄のために必要な情報（例：含有物質情報）の管理が不十分。
- ⇒ **適切な廃棄・リサイクルが実施される制度整備が必要**



台風による水害で被災した太陽光パネルの例

出所：工ネ庁HP
250124_1.pdf

2-3. 原子力発電について(1/8)

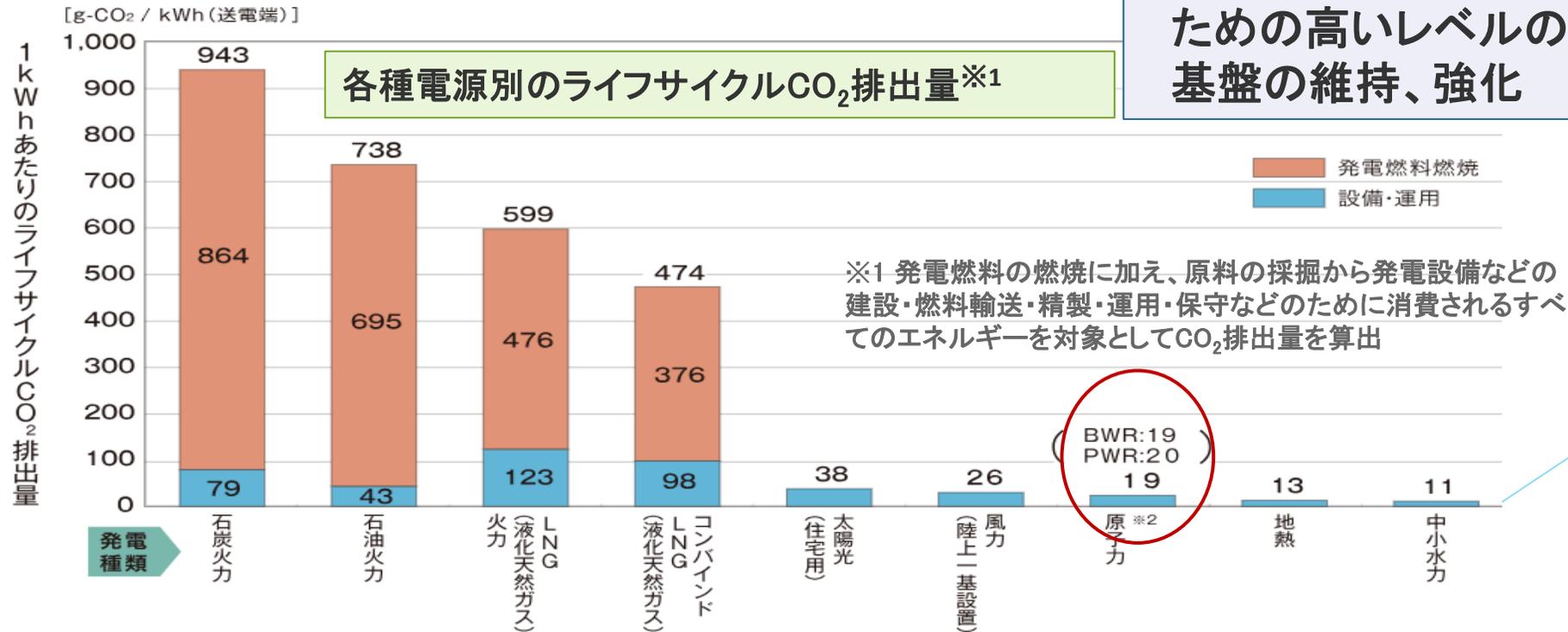
原子力のメリット／課題

メリット

- ・発電時にCO₂を排出しない
- ・気象条件などによる発電電力量の変動がない
- ・準国産エネルギー源として、安定供給できる
- ・発電コストと統合コストがともに低い

課題

- ・社会的信頼の回復
- ・安全性向上、核セキュリティの追求
- ・廃炉や放射性廃棄物処分などのバックエンド問題への対処
- ・エネルギー源として原子力の活用を継続するための高いレベルの原子力人材・技術・産業基盤の維持、強化



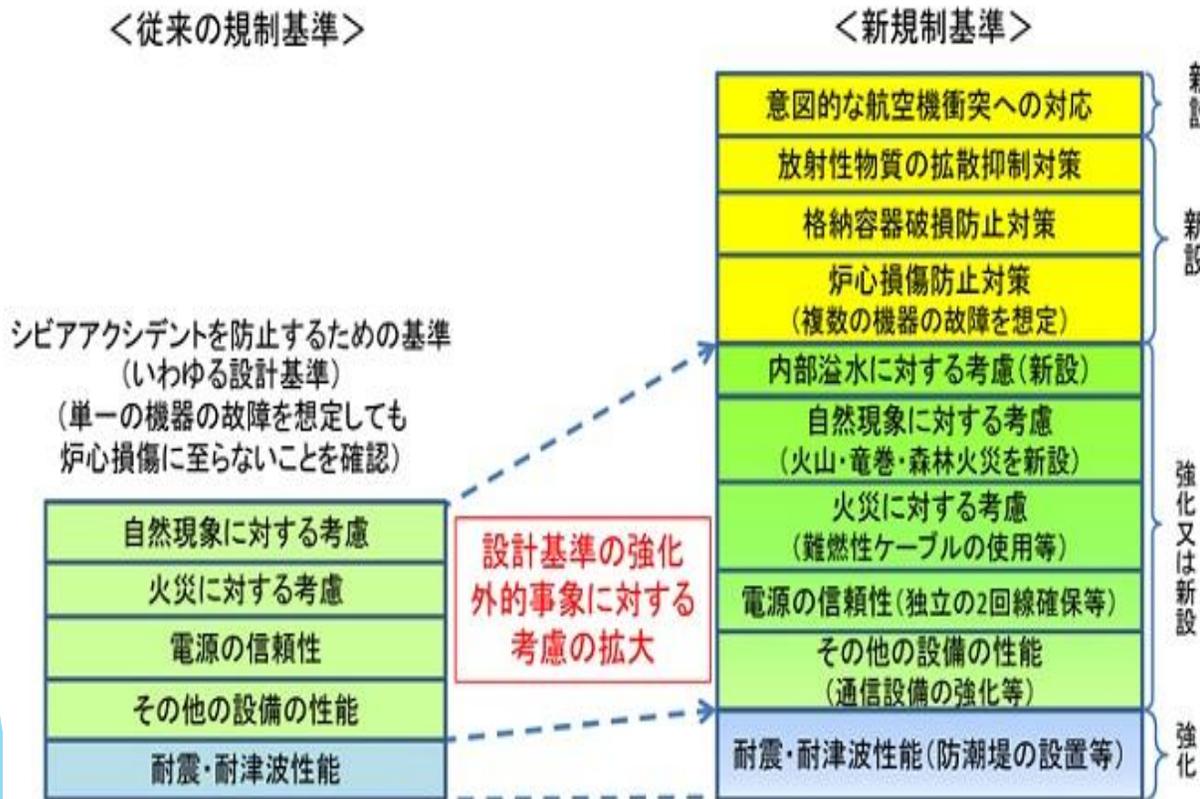
2-3. 原子力発電について(2/8)

原子力関係者は福島第一原子力発電所事故を深く反省。新規制基準で安全性は更に向上。加えて自主的な安全性向上対策を実施

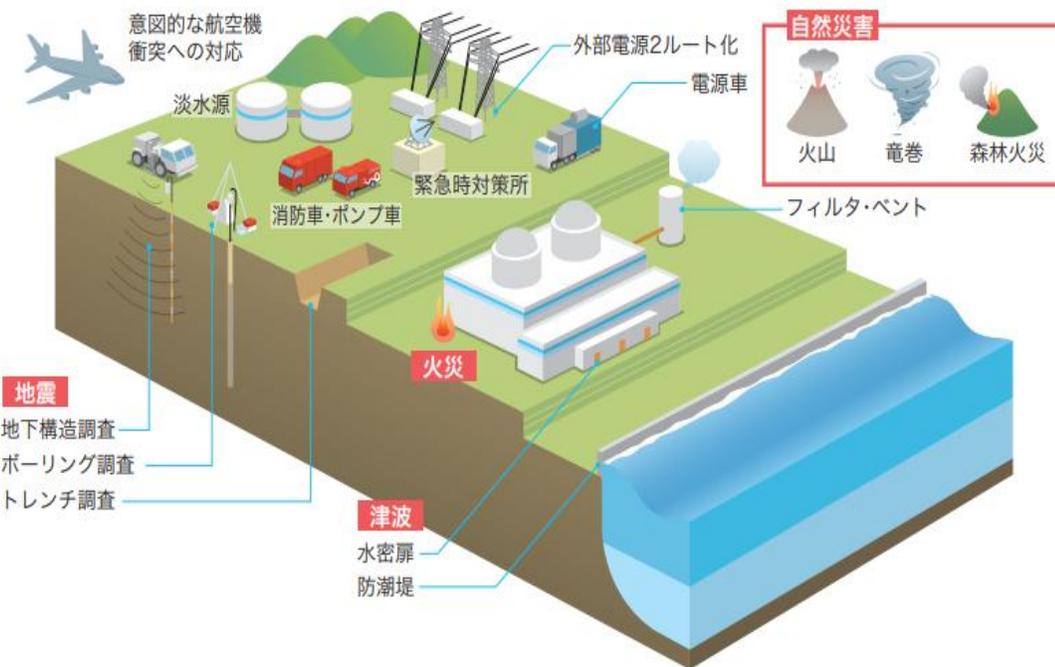
新規制基準で安全性は更に向上

発電用原子炉に係る従来の規制基準と新規制基準の比較

様々な安全対策が追加されています



●新規制基準で求められる主な安全対策



2-3. 原子力発電について(3/8)

福島第一原子力発電所事故を教訓とした安全対策



地震・津波等の
想定が甘かった

津波・地震による
全ての電源喪失

原子炉への
注水機能の喪失

水素爆発の発生や
放射性物質の拡散

- **地震の想定を引き上げ**
引き上げ幅 最大420ガル
(例) 女川 580ガル→1000ガル
※東日本大震災時は567.5ガル
- **津波の想定を引き上げ**
太平洋側：10m程度の引き上げ
その他地域：2～4m程度の引き上げ
(例) 女川13.6m→23.1m
海拔29mの防潮堤設置
※東日本大震災での津波は13m
- **非常用電源を強化**
(例) 女川原子力発電所
電源車 0台→11台
ガスタービン発電機 0台→2台
蓄電池 8時間分→24時間分
- **注水冷却機能の多様化**
(例) 女川原子力発電所
淡水貯水槽の設置
高圧代替注水設備の設置
大容量送水車の配備 等
- 発生した**水素を除去する装置**を導入
- 放射性物質の大気中への放出を抑制する装置 (**フィルタベント設備**) を導入

※燃料を覆うジルコニウム合金が高熱になると炉内の水蒸気（水）を分解して水素が発生



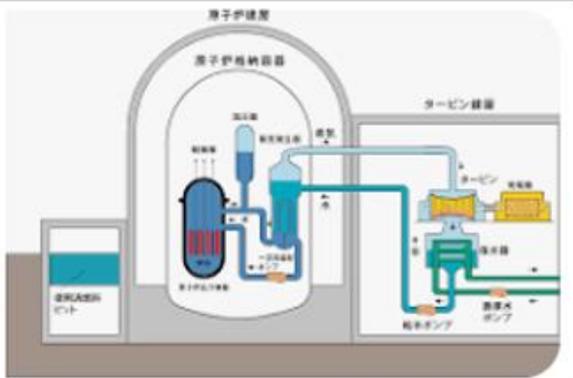
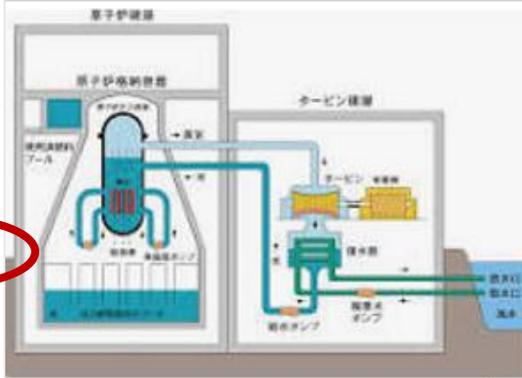
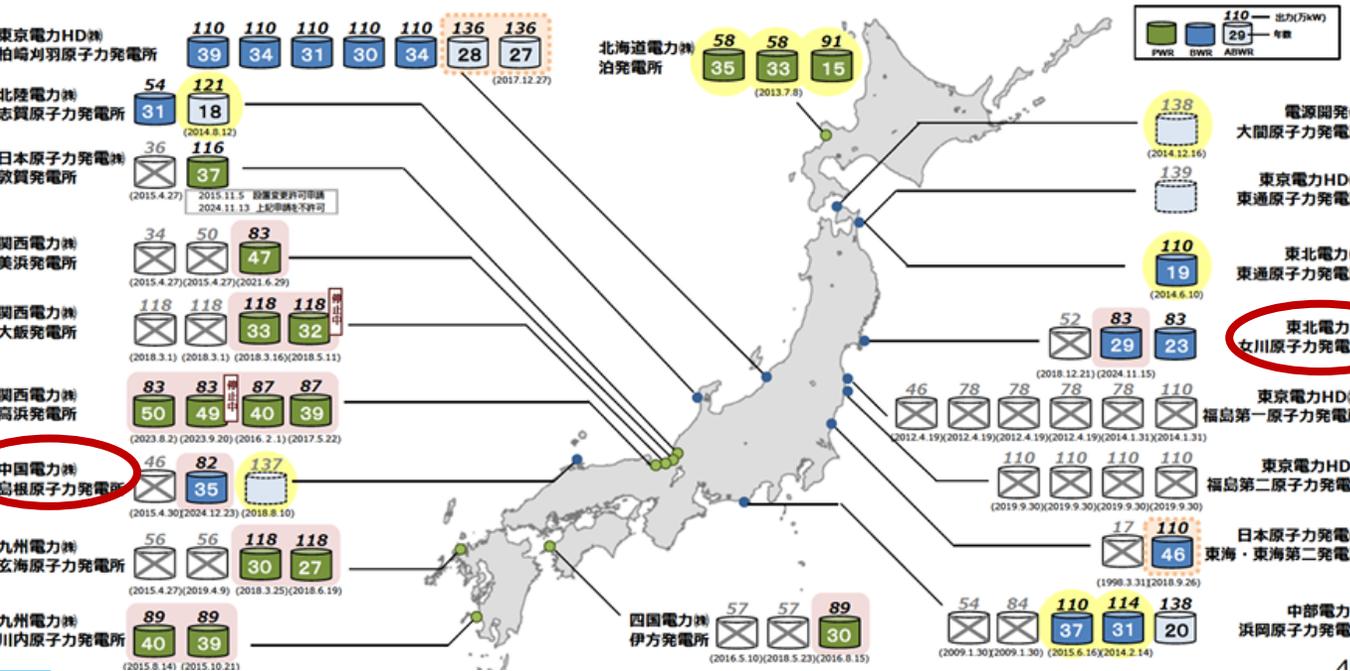
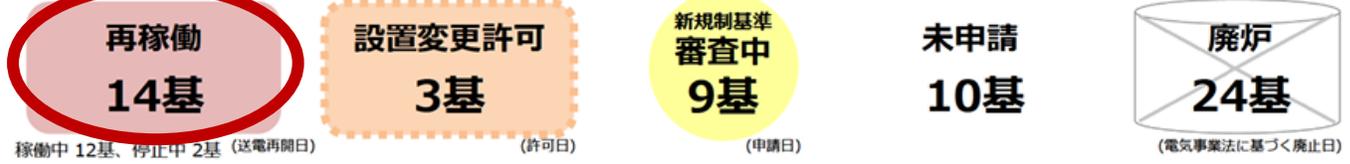
2-3. 原子力発電について(4/8)

日本の原子力発電所の現状

稼働中の原子炉 14基

現在、再稼働している発電所は14基。
今後更なる早期稼働が期待されます

原子力発電所の現状



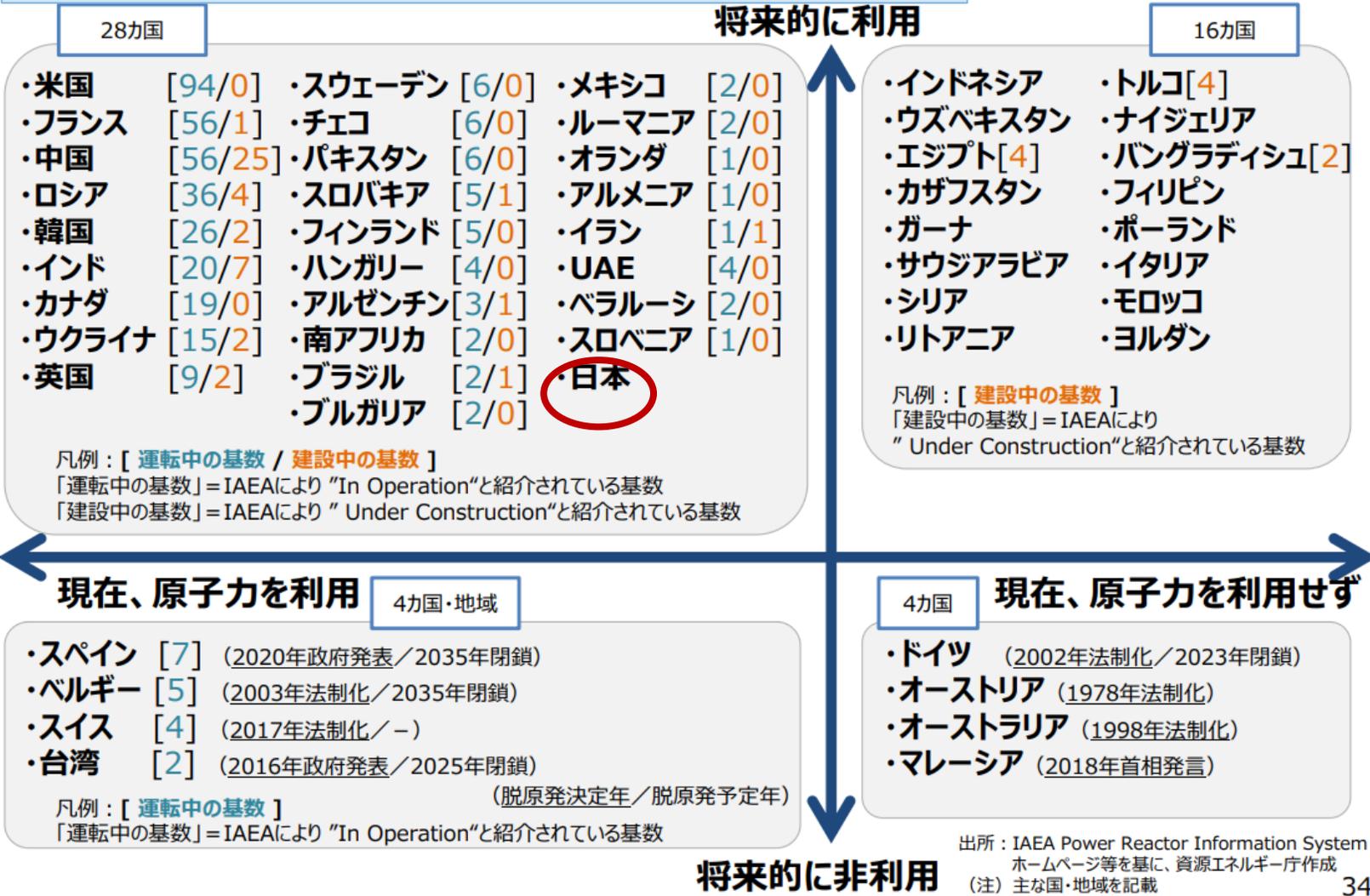
東北電力、東京電力、中部電力、北陸電力、中国電力、日本原子力発電で採用

北海道電力、関西電力、四国電力、九州電力、日本原子力発電で採用

2-3. 原子力発電について(5/8)

各国の原子力発電所利用国の動向

2024年6月時点



COP28での再エネ、原子力

昨年12月2日のCOP28首脳級会合終了後、議長国のUAEは2030年までに世界全体の再生可能エネルギーの発電容量を3倍に引き上げ、エネルギー効率を2倍にするという誓約に110か国以上が合意したと発表

また、米国や日本、韓国、英国など22の有志国は、2050年までに世界の原発の設備容量を3倍に増やすとの宣言をまとめました。

مضاعفة إنتاج الطاقة النووية ثلاث مرات بحلول عام 2050
 الإمارات العربية المتحدة، ديسمبر 2023
TRIPLING NUCLEAR ENERGY BY 2050
 United Arab Emirates, December 2023

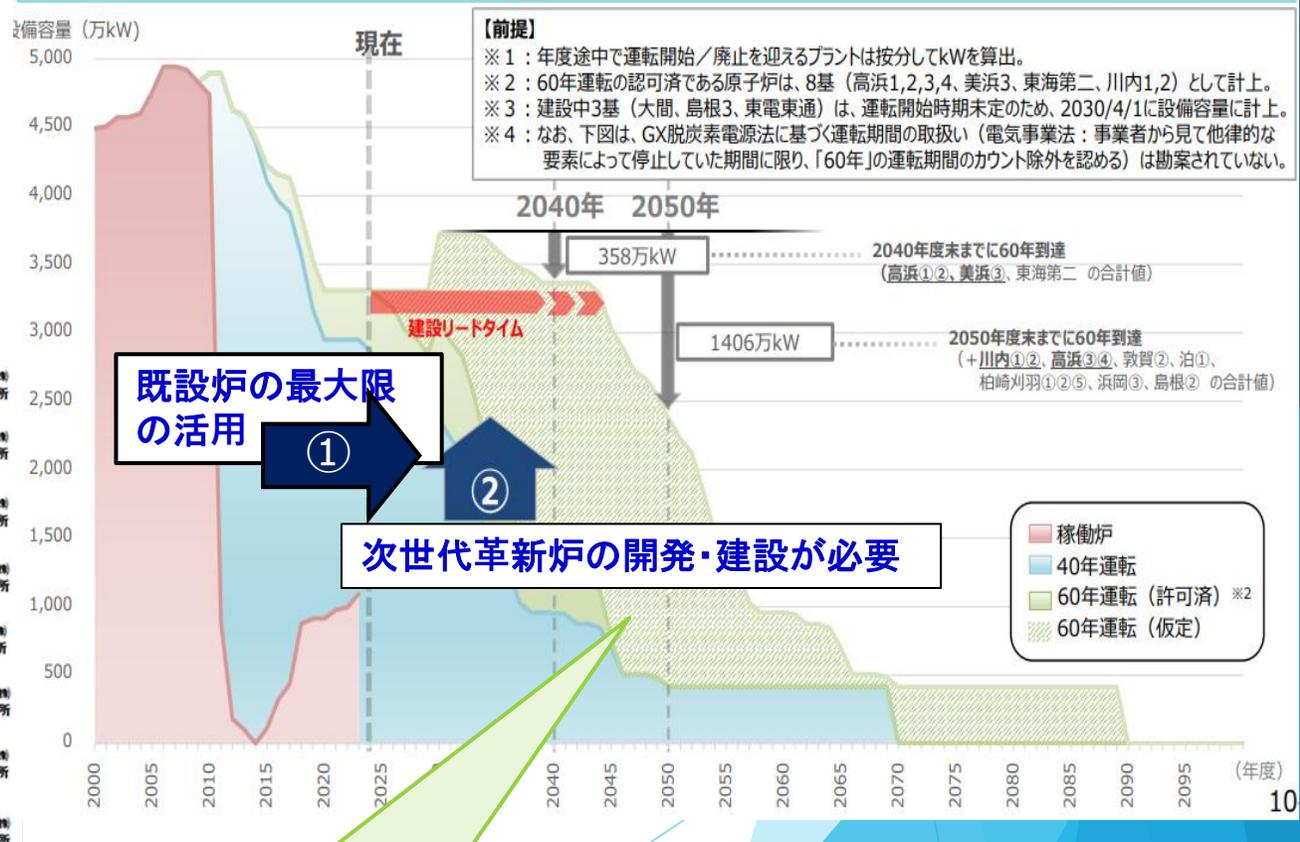
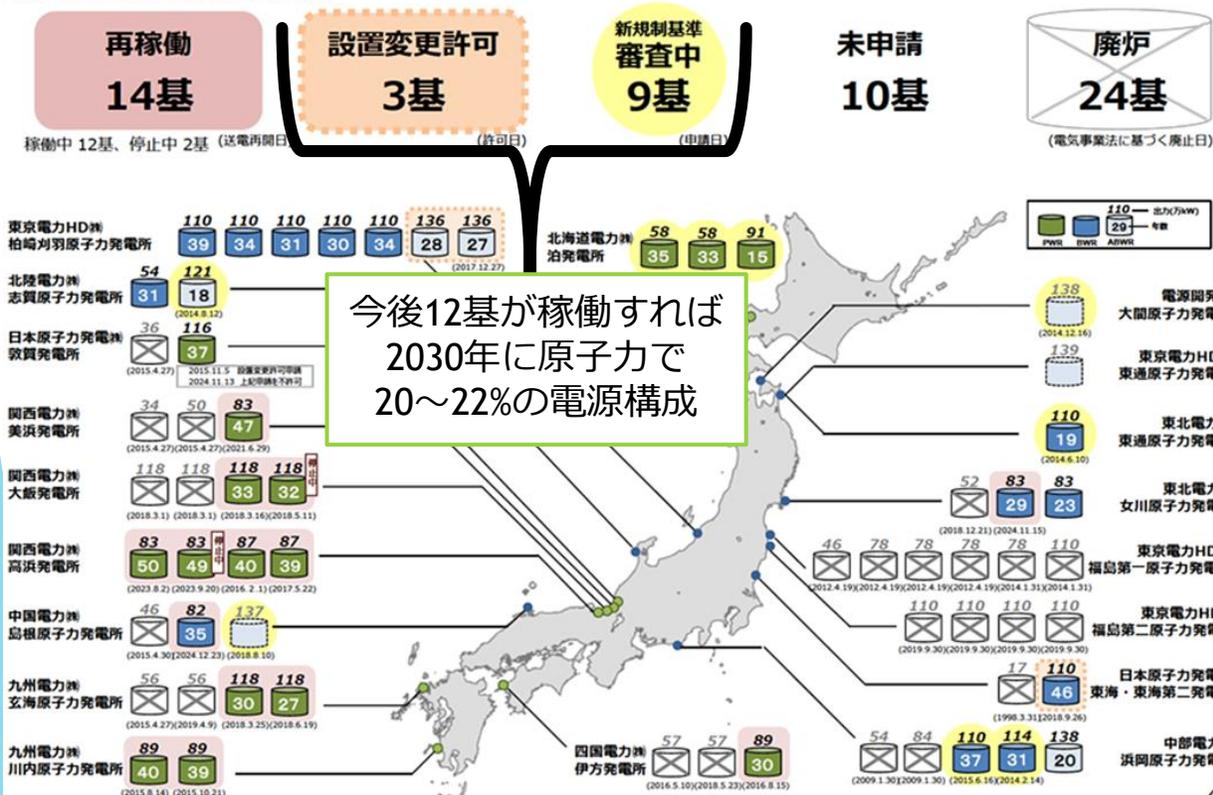


2-3. 原子力発電について(6/8)

2030年に原子力で20~22%の電源構成は

国内原子力発電所の設備容量見通し

原子力発電所の現状



新たな原子力発電所の建設が行われなければ、中長期的に原子力発電の容量は減少

2-3. 原子力発電について(7/8)

次世代革新炉の種類と特徴

将来的には次世代革新炉の開発と実装を

革新軽水炉

※現行炉と同じ出力規模



◆ 三菱重工業

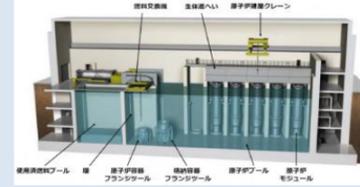
- 技術熟度が高く、規制プロセスを含め高い予見性あり
- 受動安全や外部事象対策（半地下化）により更なる安全性向上
- シビアアクシデント対策（コアキャッチャー、ガス捕集等）による所外影響の低減

<課題>

- ・初期投資の負担 ・建設長期化の場合のファイナンスリスク

SMR（小型モジュール炉）

※軽水炉、小出力



◆ VOYGR（NuScale社）

- 炉心が小さく自然循環冷却、事故も小規模に
- 工期短縮・初期投資の抑制

<課題>

- ・小規模なため効率低い（規模の経済性小） ・安全規制等の整備



◆ BWRX-300（日立GE）

高速炉

※冷却材に軽水でなくナトリウムを使用



◆ 実験炉：常陽（JAEA）

- 金属ナトリウムの自然対流による自然冷却・閉じ込め
- 廃棄物の減容・有害度低減
- 資源の有効利用

<課題>

- ・ナトリウムの安定制御等の技術的課題
- ・免震技術・燃料製造技術等の技術的課題

高温ガス炉

※冷却材にヘリウムガス、減速材に黒鉛を使用



◆ 試験炉：HTTR（JAEA）

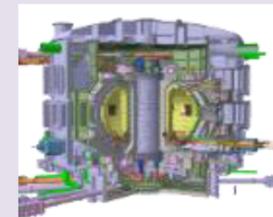
- 高温で安定なヘリウム冷却材（水素爆発なし）
- 高温耐性で炉心溶融なし
- 950℃の熱の利用が可能（水素製造等）

<課題>

- ・エネルギー密度・経済性の向上
- ・安定な被覆燃料の再処理等の技術的課題

核融合

※水素をヘリウムに融合・メカニズム大きく異なる



◆ 実験炉：ITER

- 連鎖反応が起こらず、万一の場合は反応がストップ
- 廃棄物が非常に少ない

<課題>

- ・プラズマの維持の困難性、主要機器の開発・設計（実用化には相応の時間）

2-3. 原子力発電について(8/8)

課題：
原子力発電にともなって発生する「高レベル放射性廃棄物」の処分について現時点で具体的な処分地は決まっています。

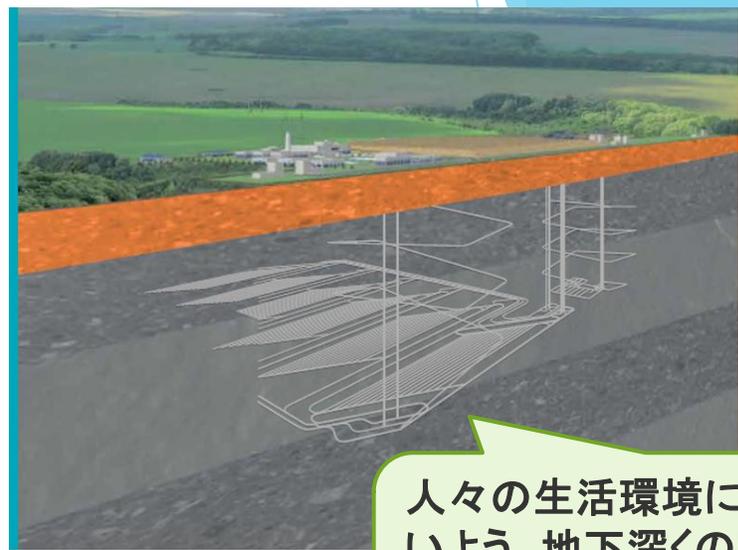


ガラス固化体にはウランやプルトニウムなどの核分裂する物質がほとんど含まれないことから、臨界状態になることはなく、爆発することはありません。
※臨界とは核分裂反応が連鎖的に発生し続けること

高レベル放射性廃棄物は、地下深部の安定した岩盤に処分

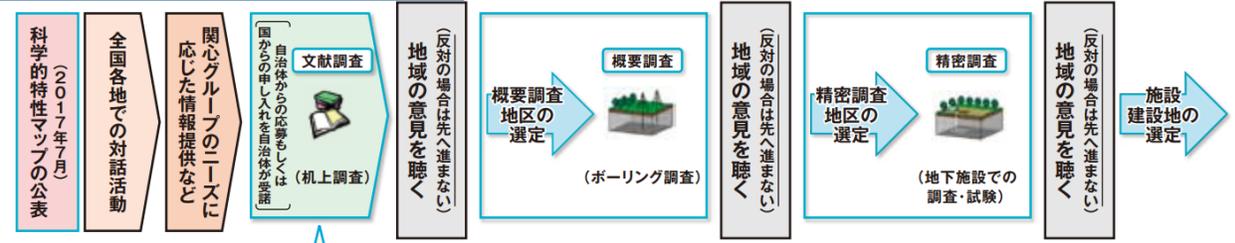
- [天然バリア]**
- 火山や断層活動などの影響を考慮し、安定した地層を選ぶ。
 - 地下300mより深い安定した岩盤を選ぶ (酸素が少ないため金属が錆びにくく、地下水の動きも非常に遅い)。

- [人工バリアの例]**
- ガラス固化体をオーバーバック (厚い金属製容器) に入れ、さらに緩衝材 (水を通しにくい粘土) を覆って埋設する。



人々の生活環境に影響を与えないよう、地下深くの安定した岩盤に閉じ込める地層処分という方法で最終処分する方針です。

処分地選定の流れ



出典:原子力発電環境整備機構資料より作成

北海道 寿都町/神恵内村における「対話の場」を中心とした活動

2-4. 火力発電について(1/5)

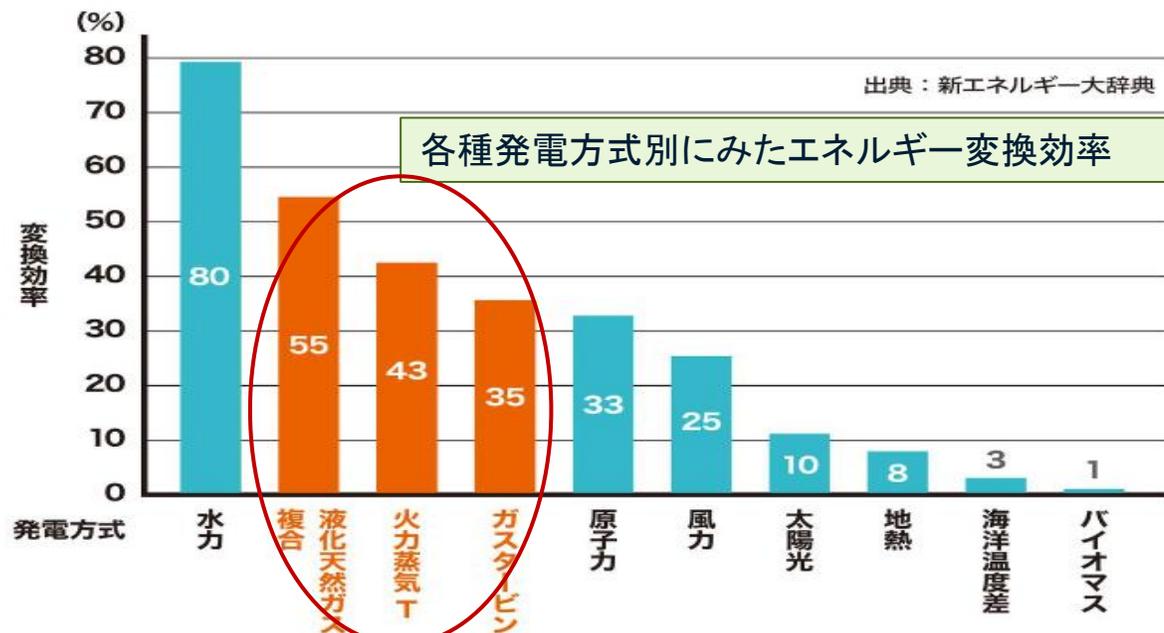
火力発電のメリット/デメリット

メリット

- ・安定した電力の供給ができる
- ・出力を調整しやすい
- ・エネルギー変換効率が高い
- ・設置場所の制約がない
- ・発電所・発電設備の建設コストが安い
- ・比較的短期間で建設できる

デメリット

- ・CO2などの温室効果ガスの排出量が多い
- ・燃料を輸入に頼っている
- ・化石燃料は有限の資源であり、燃料が枯渇する恐れがある



出所:火力発電のメリットは？課題は？仕組みからわかりやすく解説 - WITH YOU

2-4. 火力発電について(2/5)

石炭火力発電に関する各国の状況

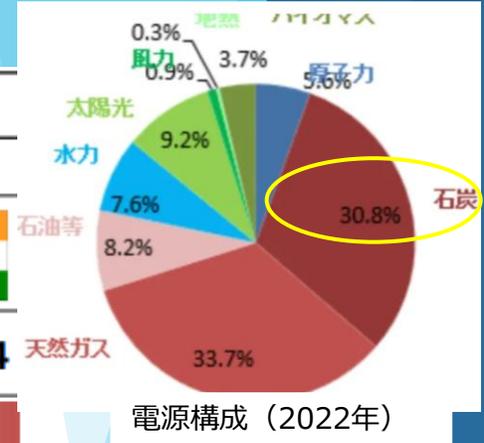
石炭火力全廃の年限を表明

国名	フランス	イギリス	カナダ	イタリア	ドイツ
国旗					
発電量 (億kWh)	4,692	3,221	6,512	2,821	5,743
石炭火力の割合	1.3%	2.0%	4.0%	8.6%	33.0%
今後の見通し	2027年1月1日までに石炭火力を退出。	2024年10月1日までに、排出削減対策が講じられていない石炭火力をフェーズアウト(残る容量は約2GW)	2030年までに排出削減対策が講じられていない石炭火力をフェーズアウト。 CCUS付きであれば2030年以降も稼働可能。	2025年までに石炭火力をフェーズアウト(サルディーニャを除く)。	遅くとも2038年までに(理想的には2030年までに)石炭火力をフェーズアウト。

石炭火力発電の割合が元々低い国は全廃の年限を表明

火力発電の段階的な脱炭素化

国名	アメリカ	日本	韓国	オーストラリア	中国	インド
国旗						
発電量 (億kWh)	44,729	10,106	6,102	2,708	88,892	18,194
石炭火力の割合	20.4%	30.8%	33.9%	49.3%	61.8%	71.8%
今後の見通し	2035年までに発電部門のネットゼロを、2050年までに排出量のネットゼロを達成。	2030年ミックスで19%。非効率な石炭火力のフェードアウト、水素・アンモニアやCCUS等を活用。	石炭火力の発電電力比率を2030年に約20%まで引き下げる方針。	2035年に再エネ82%とするも、石炭火力については言及なし。	国全体の排出を2030年にピークアウトさせる方針だが、石炭火力に関する明確な言及なし。	容量シェアは23年は51%から2029-30年に32%に減少も、容量そのものは40GW増える見込み。

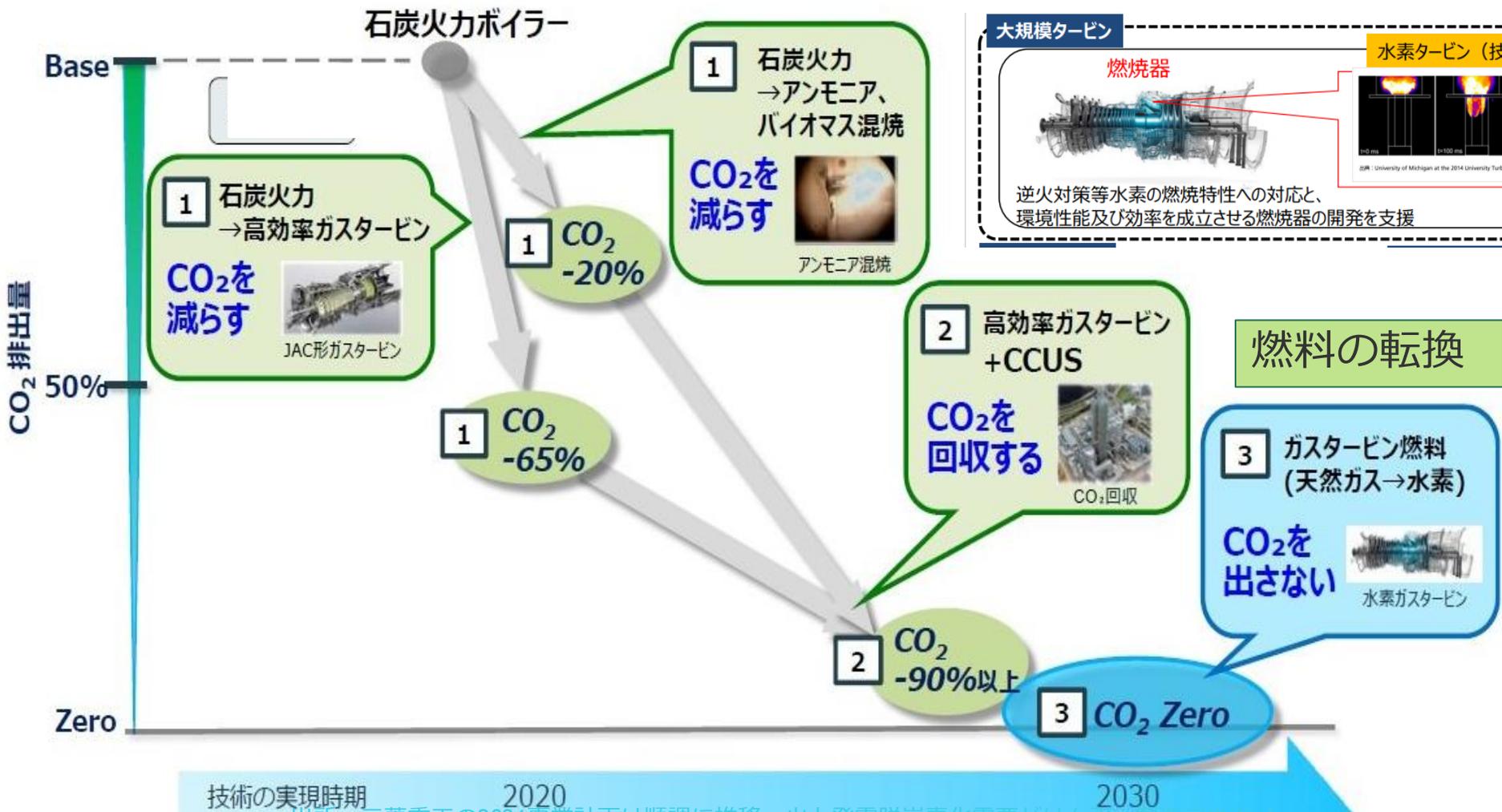


石炭火力の割合が高い国は、段階的な脱炭素化を目指す

(出典) 電力需要及び石炭火力の割合についてはIEA World Energy Outlook (2022年版)、総発電量、総合エネルギー統計 (2022年度確報) をもとに、各国の政策方針については各国政府HP、各種報道をもとに経産省作成

2-4. 火力発電について (3/5)

火力発電の脱炭素化



大規模タービン

水素タービン (技術開発)

国内火力発電所 (実証・実装)

燃焼器

逆火対策等水素の燃焼特性への対応と、環境性能及び効率を成立させる燃焼器の開発を支援

出典：三菱重工

University of Michigan at the 2014 University Turbine Systems Research Workshop

長期安定運転の検証

(注)「CCS」:「Carbon dioxide Capture and Storage」の略。「二酸化炭素回収・貯留」技術と呼ばれます。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・圧入するというものです。

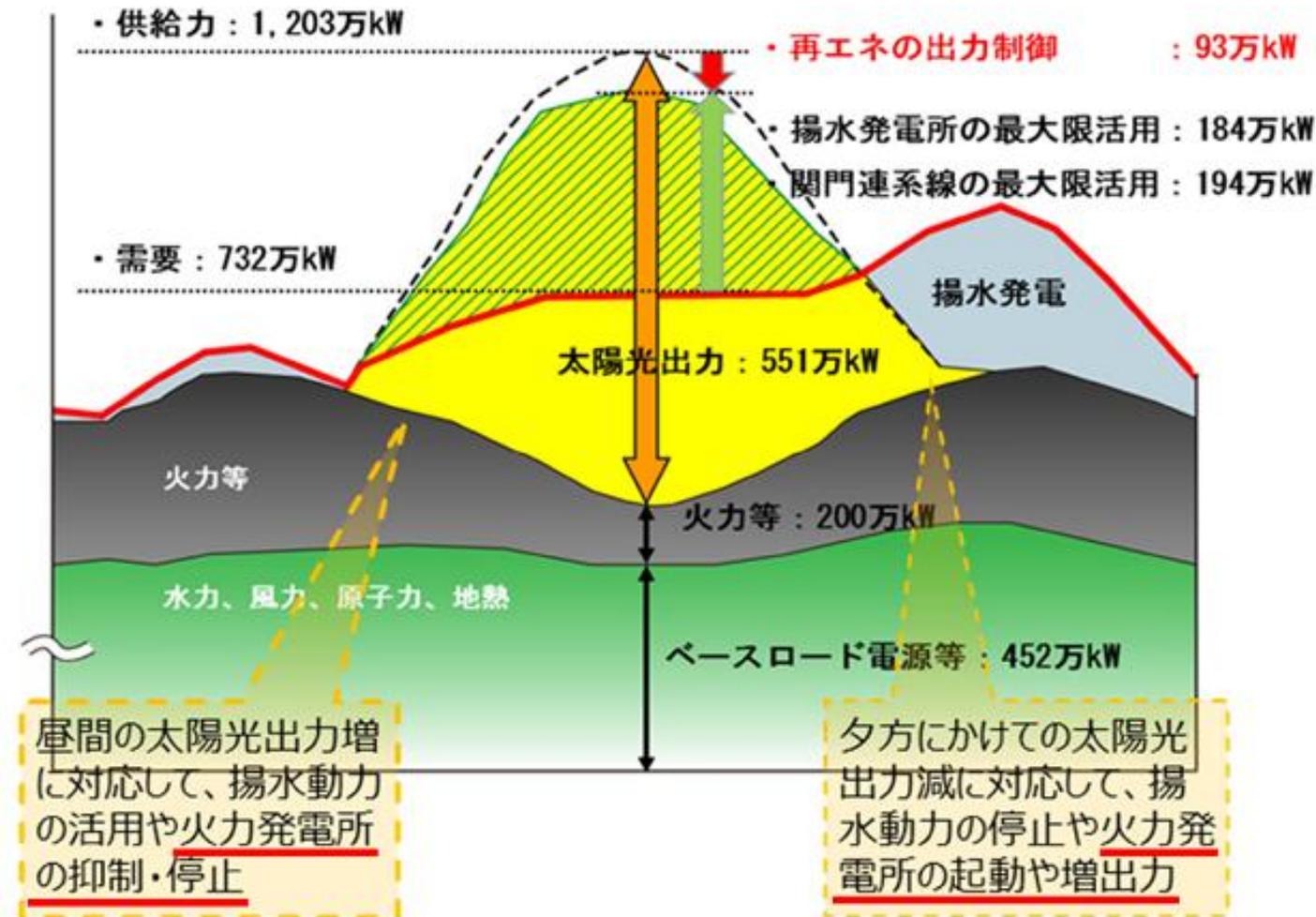
「CCUS」:「Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage」を略したもので、回収したCO₂の貯留に加えて利用しようというものです。

出所：三菱重工の2021事業計画は順調に推移、火力発電脱炭素化需要がけん引、製造業不景気にニュース (2/3 ページ) - MONOist (itmedia.co.jp)

2-4. 火力発電について(4/5)

調整力としての火力発電の役割

九州の電力需給イメージ (2018年10月21日の例)



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。

太陽光や風力といった変動再エネの導入の進展に伴い、それらの出力変動を補償し、需給バランスを調整する機能を持つ他の電源が必要です。

火力発電は、再エネの出力増減に応じて抑制・停止、起動・出力増加といった出力調整を行うながら運用されており、電力の安定供給に大きく貢献しています。

2-4.火力発電について(5/5)

火力発電は、供給力及び調整力確保の観点から引き続き重要な電源

今後はCCS^(注)や燃料の転換(アンモニア、水素など)でCO2排出を削減

供給力: その時間帯に発電できる最大出力
調整力: 需給の調整に使う電力

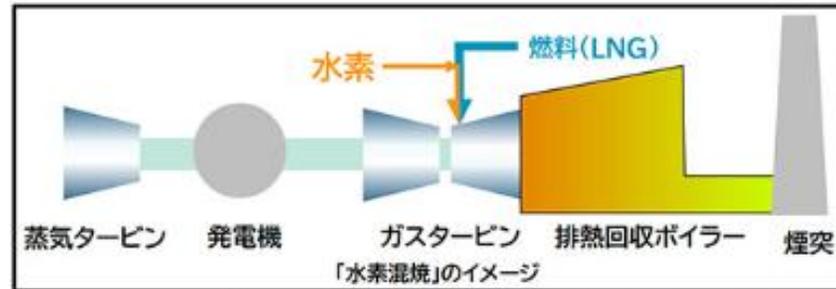
二酸化炭素の回収・貯留



出所: <https://www.sbbit.jp/article/cont1/89994>

(注)「CCS」:「Carbon dioxide Capture and Storage」の略。「二酸化炭素回収・貯留」技術と呼ばれます。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・圧入するというものです。

CO2を排出しない燃料(アンモニア、水素)への転換



対象号機	新潟火力発電所第5号系列5-1号機
所在地	新潟県新潟市東区桃山町
燃料種	LNG(液化天然ガス)
出力	5.45万kW
実証期間	2023年10月中旬～2025年3月(予定)
水素混焼率	1%程度(体積比)
水素供給元	水素カードル(ボンベ20本組)



取組み	2021	2022	2023	2024	2025	2026～
新潟火力における水素/アンモニア燃焼実証	FS	詳細検討・設備改造	実証			実証で得られた知見を展開
水素/アンモニア燃焼専焼設備実装検討		FS・詳細検討				実装検討

スケジュール

840 × 414

東北電力、LNG火力発電所で水素混焼実証 10月から新潟で開始 | 環境ビジネスオンライン

出所: 東北電力、LNG火力発電所で水素混焼実証 10月から新潟で開始 | 環境ビジネスオンライン (kankyo-business.jp)

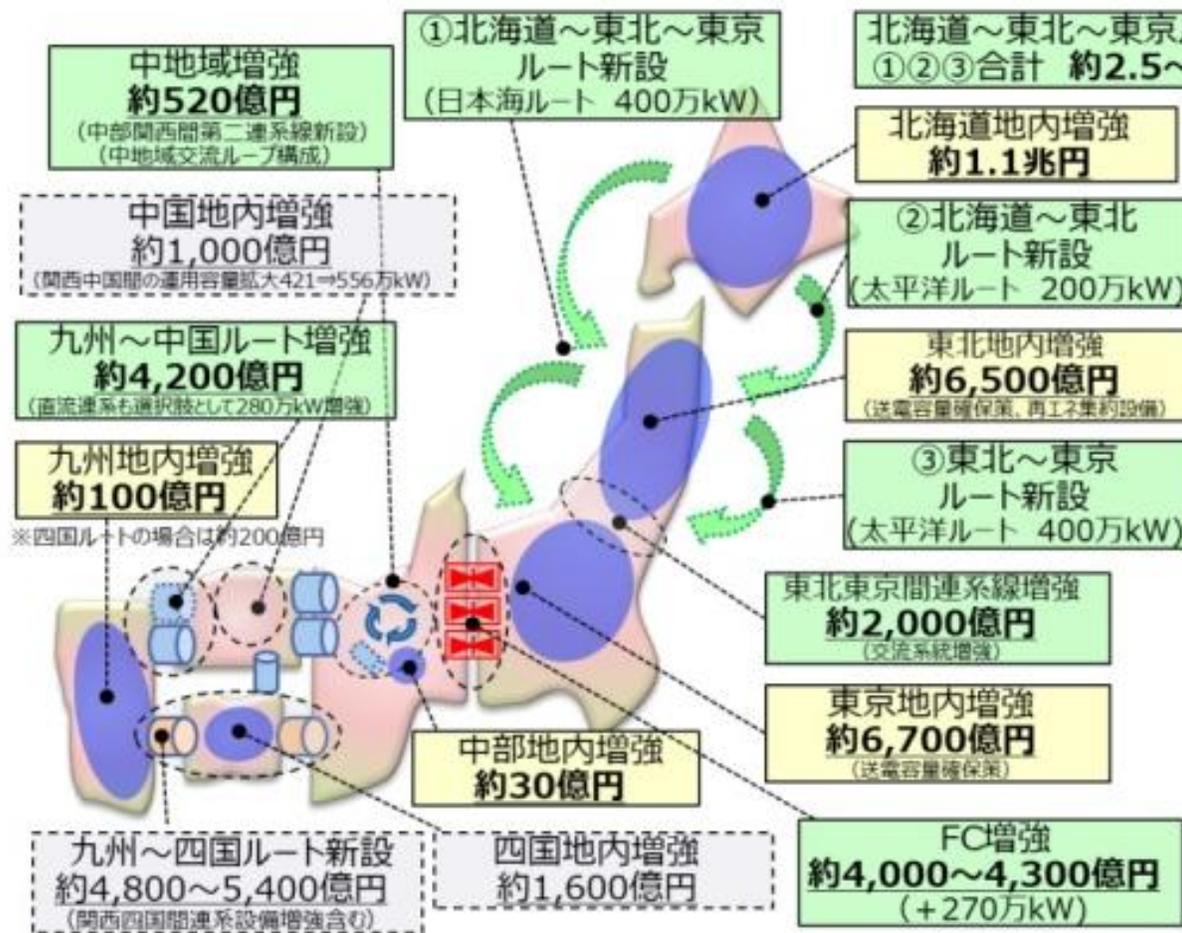
2023年10月です

3. エネルギーコスト(電気料金) (2/5)

広域連系系統新設・増強費用

広域系統長期方針 (広域連系系統のマスタープラン)

電力広域的運営推進機関は23年3月、広域連系系統のマスタープランをまとめました



【凡例】

- 連系線増強
- 地内増強
- 将来の選択肢

必要投資額 ^{※1}	約6.0～7.0兆円
費用便益比(B/C) ^{※1}	0.7～1.5
年間コスト ^{※1, ※2}	約5,500～6,400億円/年
年間便益 (純便益)	約4,200～7,300億円/年 (約▲2,200～1,800億円/年)
削減された燃料費	約3,300～6,700億円/年
削減されたCO2対策コスト	約780億円/年
削減されたCO2排出量	約2,430万t/年
アデカシー便益	約310億円/年
送電ロス	約▲430～▲250億円/年
システムの安定性	地域間連系線の複線化による周波数安定性の向上、災害時等のバックアップ機能の強化
再エネ比率	増強後47% (50%) 増強前43%
出力制御率	増強後12% (7%) 増強前22%
() は系統増強以外の施策として、電源側の立地の誘導等を行った場合の参考値	
※1 HVDCコスト幅等を考慮して試算	
※2 費用をもとに以下の年経費率にて算出 架空送電 (7.9%)、地中送電 (9.0%)、変電 (10.7%)	

再生可能エネルギー50%、その際の再エネ電源の設備容量として太陽光260GW、陸上風力41GW、洋上風力45GW、水カ・バイオマス・地熱60GWを前提に、**需要と供給のアンバランスを改善するための電力ネットワークの新設・増強の方向性を示しました。**

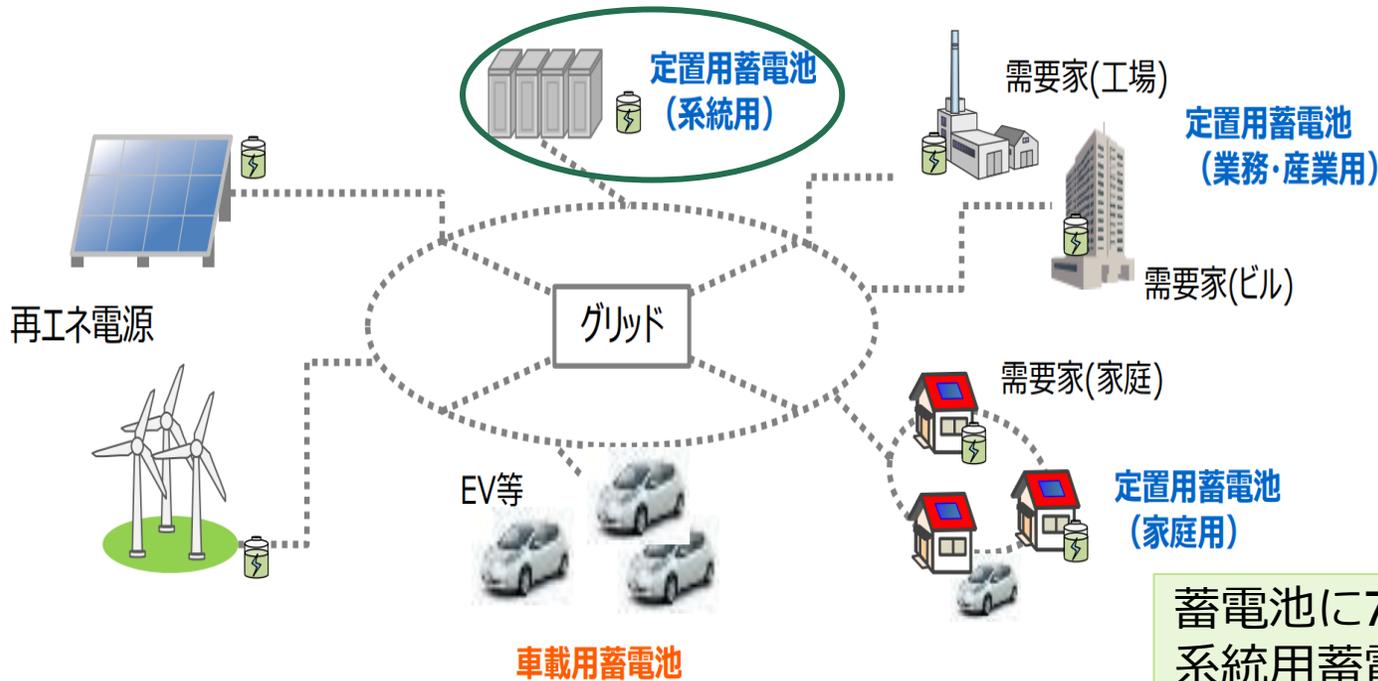
再エネのバックアップ経費。誰がコスト負担するか曖昧

3. エネルギーコスト(電気料金) (3/5)

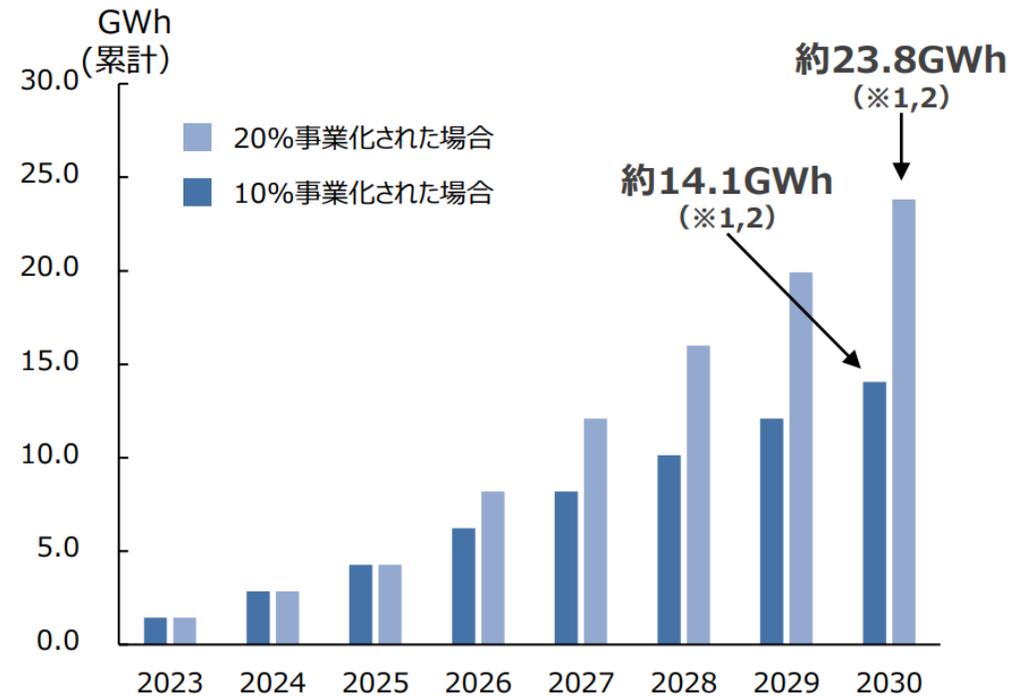
再エネ導入拡大に伴う系統用蓄電池

蓄電池は2050年カーボンニュートラル実現のカギ。
再エネの主力電源化のためにも、電力の需給調整に活用する蓄電池の配置が不可欠。

スマートグリッド:、従来からの集中型電源と送電系統との一体運用に加え、情報通信技術(ICT)の活用により、太陽光発電、風力発電などの分散電源や需要家の情報を統合・活用して、高効率、高品質、高信頼度の電力供給システムの実現を目指すもの



系統用蓄電池の導入見通し



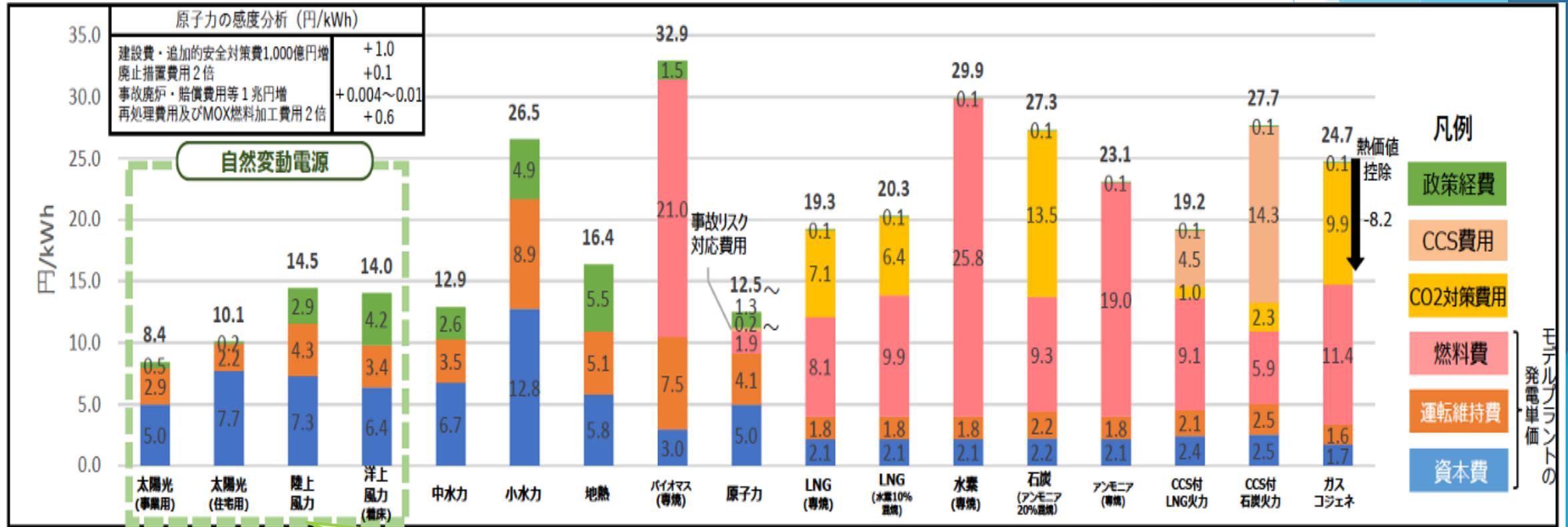
蓄電池に7兆円以上の投資が必要とされています。
系統用蓄電池については誰がコスト負担するか曖昧です。

3. エネルギーコスト(電気料金) (4/5)

(参考) 2040年の電源別発電コスト(LCOE)試算の結果

モデルプラント方式の発電コスト(LCOE)

電源別発電単価



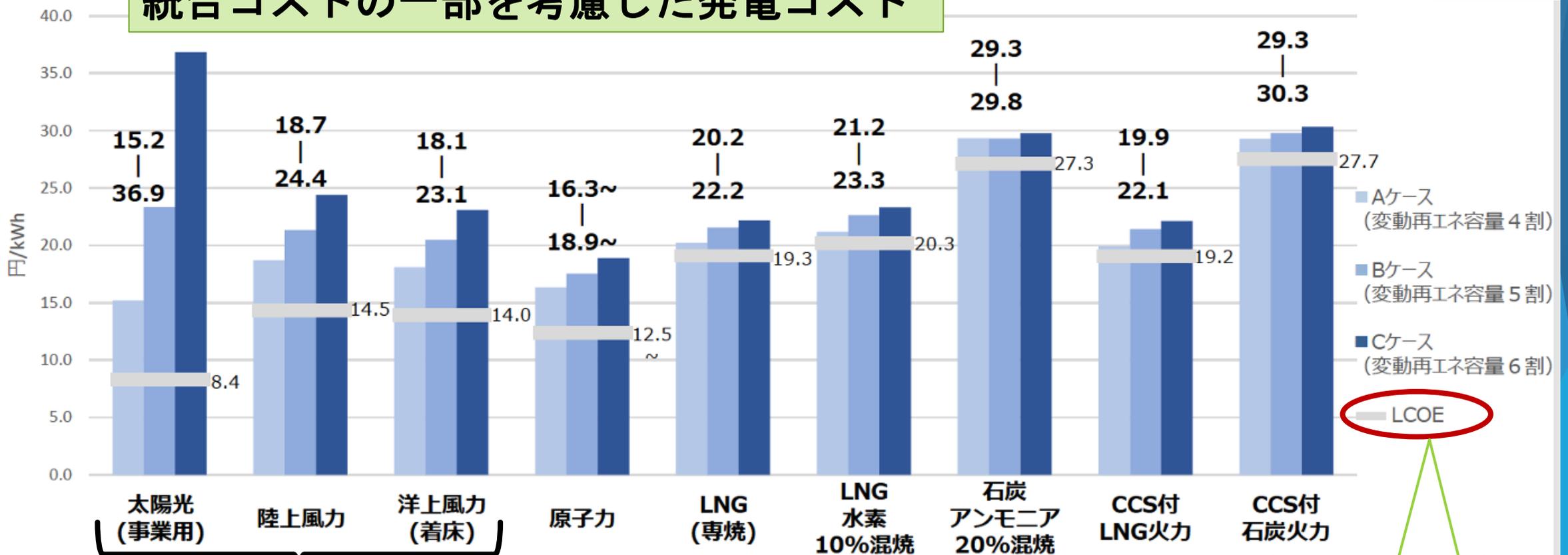
燃料費はタダだから電源別発電単価は安いものの、**統合コストは高い**

3. エネルギーコスト(電気料金) (5/5)

2040年の電源別発電コスト試算の結果

統合コスト：
各電源を電力システムに
受け入れるコスト

統合コストの一部を考慮した発電コスト



燃料費はタダであり「電源別発電単価」は安いものの、統合コストは高くなる

Levelized Cost Of Electricityの略
電源別発電単価

4. そうだったのか！エネルギーミックス(1/4)

各種電源の利点と課題

	火力	原子力	水力(大規模)	水力(小規模)	再エネ
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・大量で安定的な電力供給ができる ・需要に合わせて発電量を調整できる ・需要地に近い場所での建設も可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・大量で安定的な電力供給ができる ・燃料は準国産で安定確保でき、また、リサイクルも計画 ・CO2を排出しない 	<ul style="list-style-type: none"> ・大量で安定的な電力供給ができる ・資源は枯渇することなく、国内で確保できる ・CO2を排出しない 	<ul style="list-style-type: none"> ・資源は枯渇することなく、国内で確保できる ・CO2を排出しない ・1日の発電電力の変動が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・資源は枯渇することなく、国内で確保できる ・CO2を排出しない ・小規模の設置がしやすい
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・CO2を排出する ・燃料調達の量や価格が海外情勢に左右されやすい ・資源は枯渇する可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模な事故時の被害が大きい ・放射性廃棄物の最終処分場が決まっていない ・大量の冷却水がある場所に限定 	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム建設が自然環境や生活環境を損なうことがある ・施設の建設費や維持費がかかる ・大規模立地の場所がなくなった 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力コストが高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力供給が気候条件などに左右されやすい(太陽光、風力) ・電力コストが高い ・立地が限定される(風力、地熱)

4. そうだったのか！エネルギーミックス(2/4)

——太陽光——天然ガス——原子力

電力コスト
は安いのか

環境にはどうか
(CO2排出)

一種類の電源で
全てを満たすもの
はありません

スゴイ、バラン
スよい電源が
ス・テ・キです

自然の影響は
(天候、昼夜)

各電源の特徴
を活かして
構成する

資源の在庫
は十分か

いろいろな電源で、
リスク対応もでき
そうだね！

出力の増減
は自由か

大規模災害
の懸念は

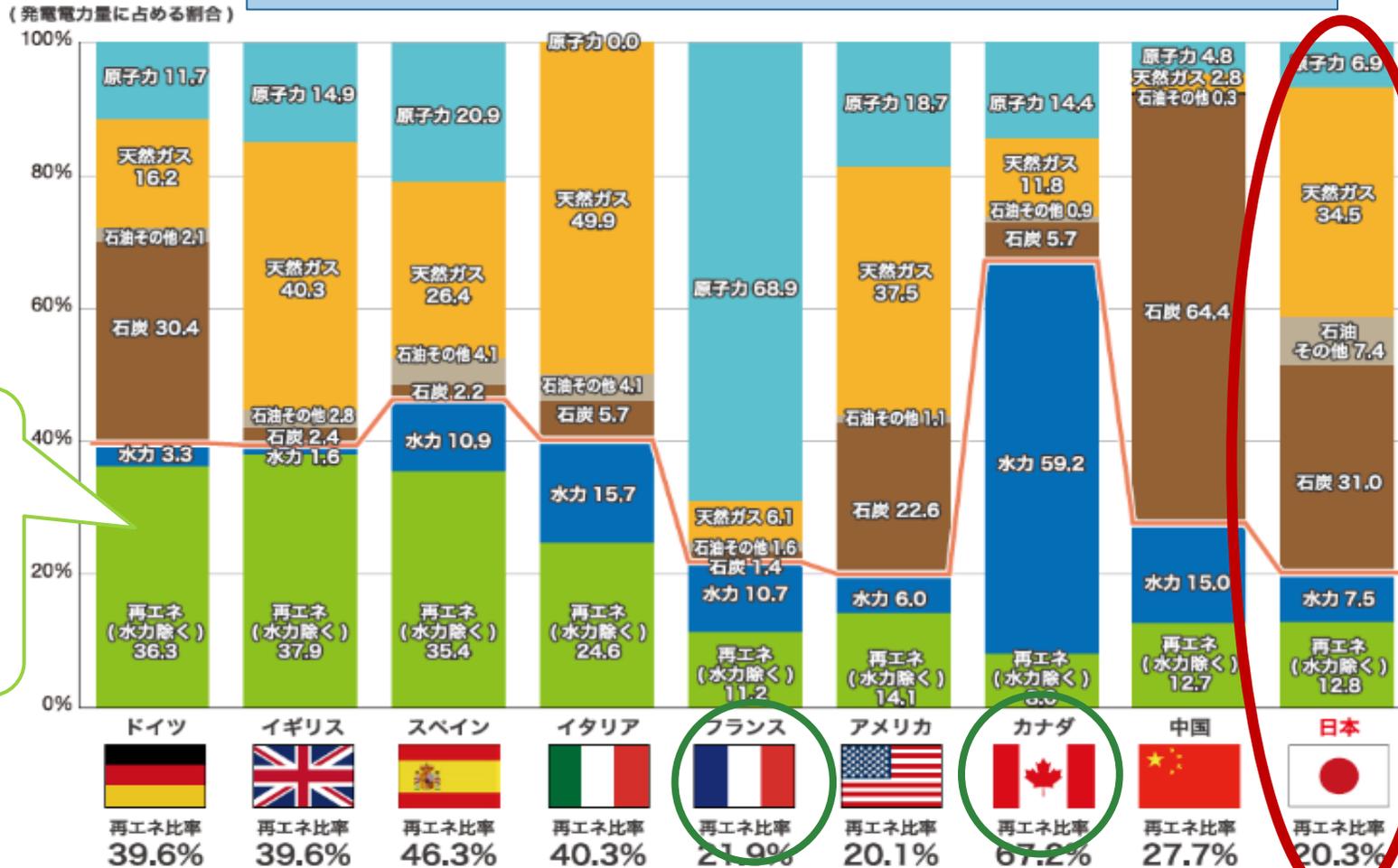


出典：東北エネルギー懇談会HP

日本のエネルギー問題“まるわかり” | 東北エネルギー懇談会 (t-enecon.com)

4. そうだったのか！エネルギーミックス(3/4)

主要国の発電電力量に占める再エネ比率の比較



CO2排出係数 (kg CO2/kWh)

スペイン (2022年データ) を除き2019年のデータ

中国	0.64	石炭
日本	0.44	
アメリカ	0.38	
ドイツ	0.33	
イタリア	0.30	再エネ+天然ガス+原子力
スペイン	0.22	再エネ+天然ガス+原子力
イギリス	0.18	
カナダ	0.13	水力
フランス	0.04	原子力

CO2の排出が少ない国は原子力、水力

再エネ、化石燃料、原子力のバランス

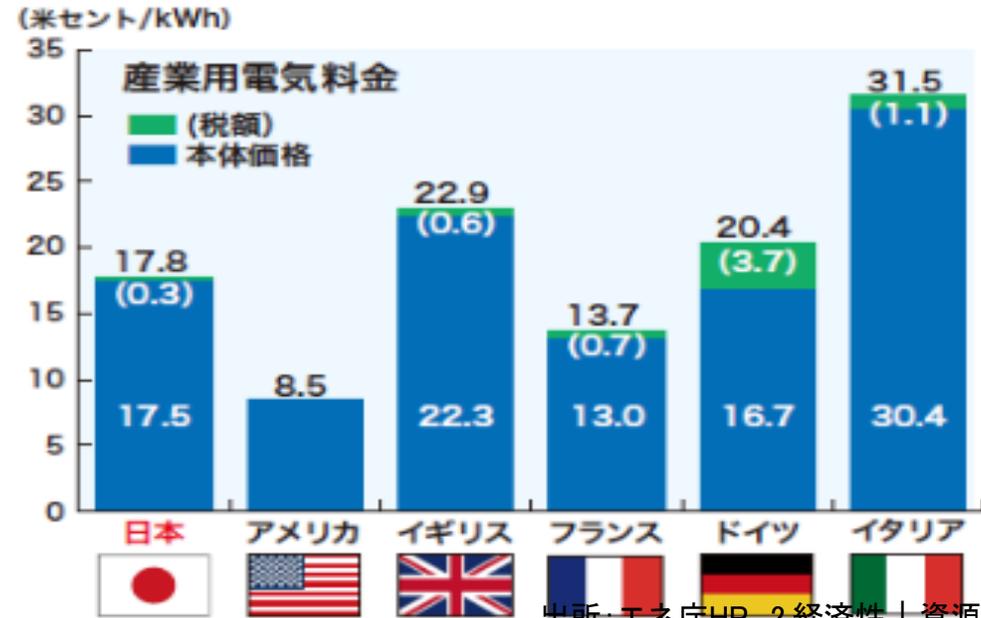
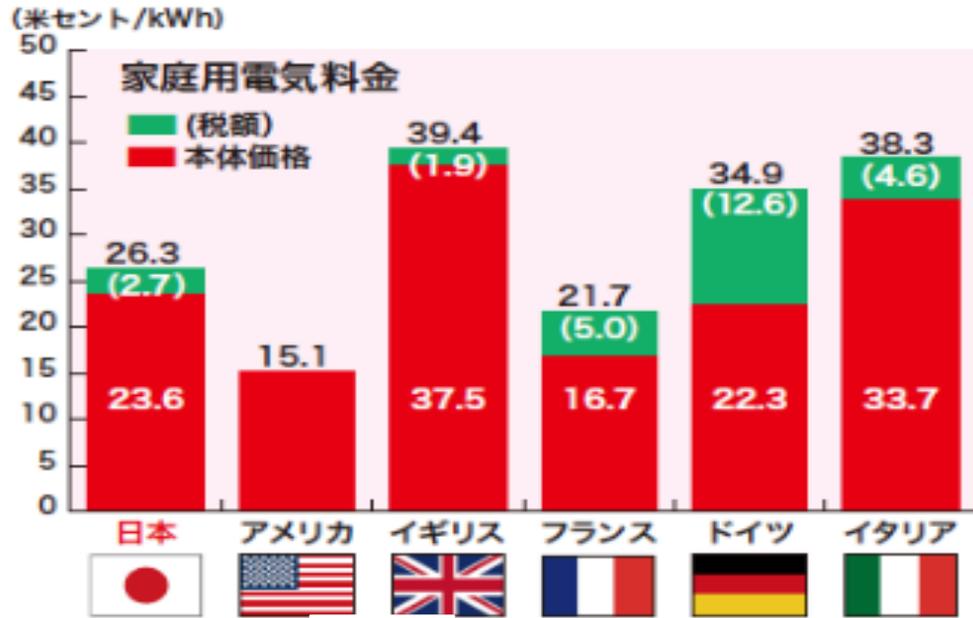
(出典) IEA「Market Report Series - Renewables 2022 (各国2021年時点の発電量)」、IEA データベース、総合エネルギー統計(2021年度確報値)等より資源エネルギー庁作成
 出所: 2023-日本が抱えているエネルギー問題 (中編) | スペシャルコンテンツ | 資源エネルギー庁 (meti.go.jp)

出所: 国別のCO2排出量はどうか算定する? CO2排出係数を国別に比較 (earthene.com)

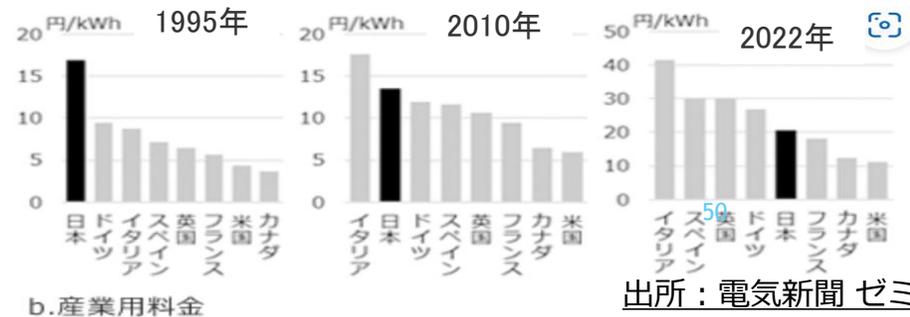
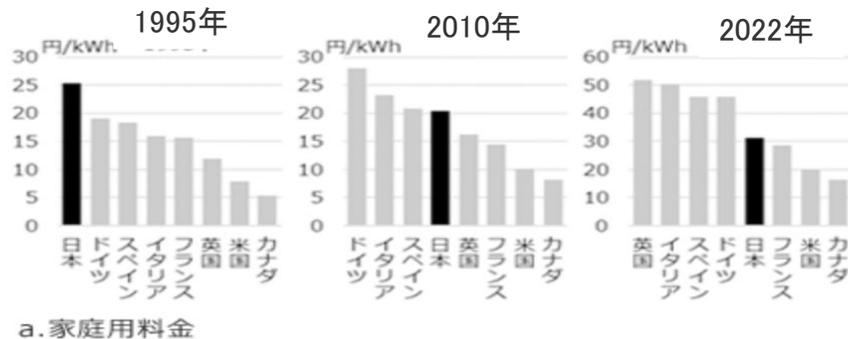
4. そうだったのか！エネルギーミックス(4/4)

電気料金の国際比較

日本の電気料金は、家庭用、産業用ともに高い水準となっていました。各国での課税・再エネ導入促進政策の負担増で格差は縮小してきています。



出所: エネ庁HP 2.経済性 | 資源エネルギー庁



出所: 電気新聞 ゼミナール | 電力中央研究所

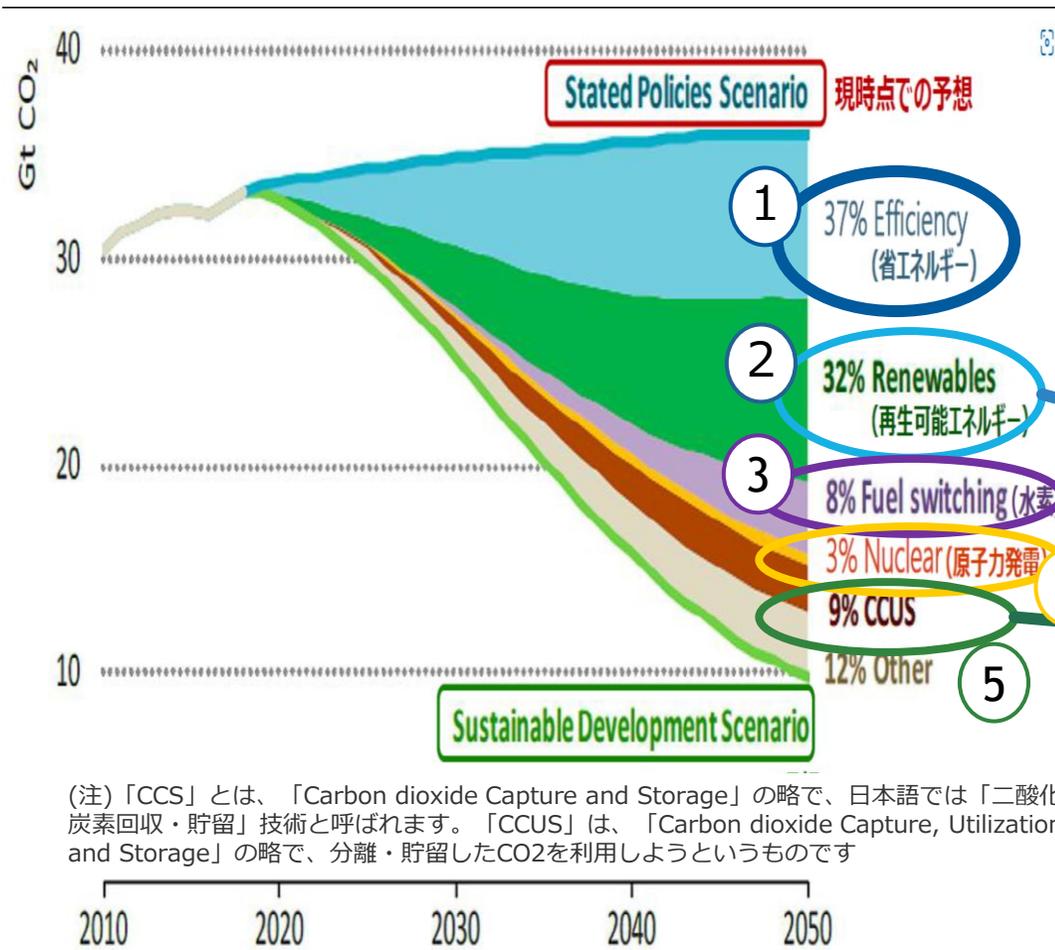
エネルギー需給の見通し(まとめ)

		2010年度	2013年度	2021年度	2022年度	2023年度	2030年度 第6次エネ基	2040年度見通し 第7次エネ基
エネルギー	自給率	20.2%	6.5%	13.3%	12.6%	15.2%	30%	3~4割程度
	最終エネルギー消費量	3.8億kl	3.6億kl	3.2億kl	3.1億kl	3.0億kl	2.8億kl	2.6~2.7億kl程度
1次エネルギー供給の化石燃料割合		81.2%	91.2%	83.2%	83.4%		68%	
電源構成	火力発電	65.4%	88.3%	72.8%	72.8%	68.6%	41% (3,840億kWh)	3~4割程度
	石炭	27.8%	32.9%	31.0%	30.8%		19% (1,780億kWh)	
	LNG	29.0%	40.9%	34.4%	33.8%		20% (1,870億kWh)	
	石油等	8.6%	14.4%	7.4%	8.2%		2% (190億kWh)	
	再生可能エネルギー	9.5%	10.9%	20.3%	21.7%	22.9%	36~38% (3,360~3,530億kWh)	4~5割程度
	太陽光	0.3%	1.2%	8.3%	9.2%	9.8%	14~16% (1,290~1,460億kWh)	23~29%程度
	風力	0.3%	0.5%	0.9%	0.9%	1.1%	5% (510億kWh)	4~8%程度
	水力	7.3%	7.3%	7.6%	7.6%	7.6%	11% (980億kWh)	8~10%程度
	地熱	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.3%	1% (110億kWh)	1~2%程度
	バイオマス	1.3%	1.6%	3.2%	3.7%	4.1%	5% (470億kWh)	5~6%程度
原子力	25.1%	0.9%	6.8%	5.5%	8.5%	20~22% (1,880~2,060億kWh)	2割程度	
エネルギー起源CO2排出量	11.4億t	12.4億t	9.9億t	9.6億t	温室効果ガス削減割合 22.9%	6.8億t	温室効果ガス削減割合 46%	温室効果ガス削減割合 51 73%

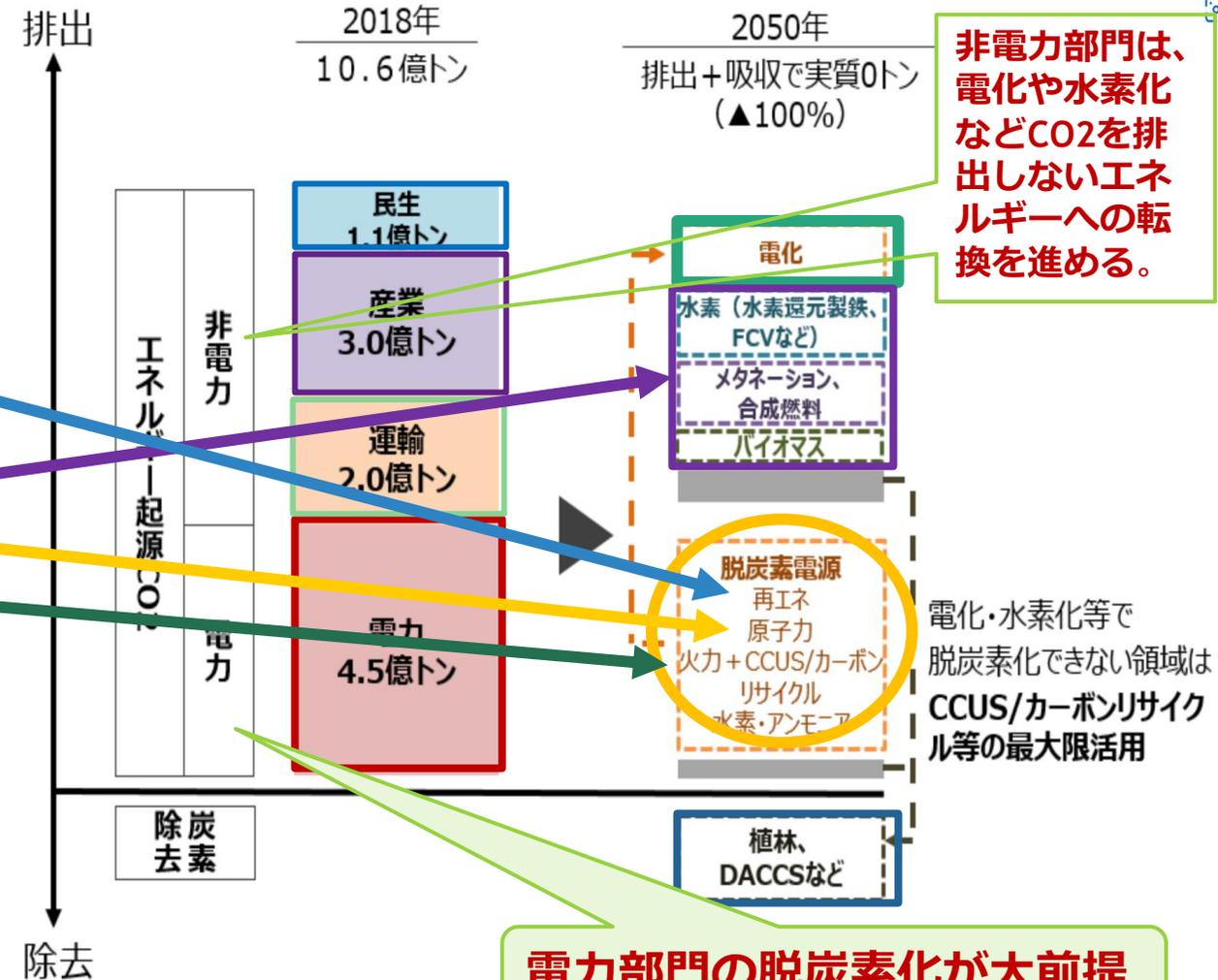
出典：総合エネルギー統計（2022年度確報）、2030年度におけるエネルギー需給の見通しをもとに資源エネルギー庁作成

5. 脱炭素（どのようにしてCO2を減らすのか）（1/10）

IEA（国際エネルギー機関）のシナリオ



日本での具体的イメージ



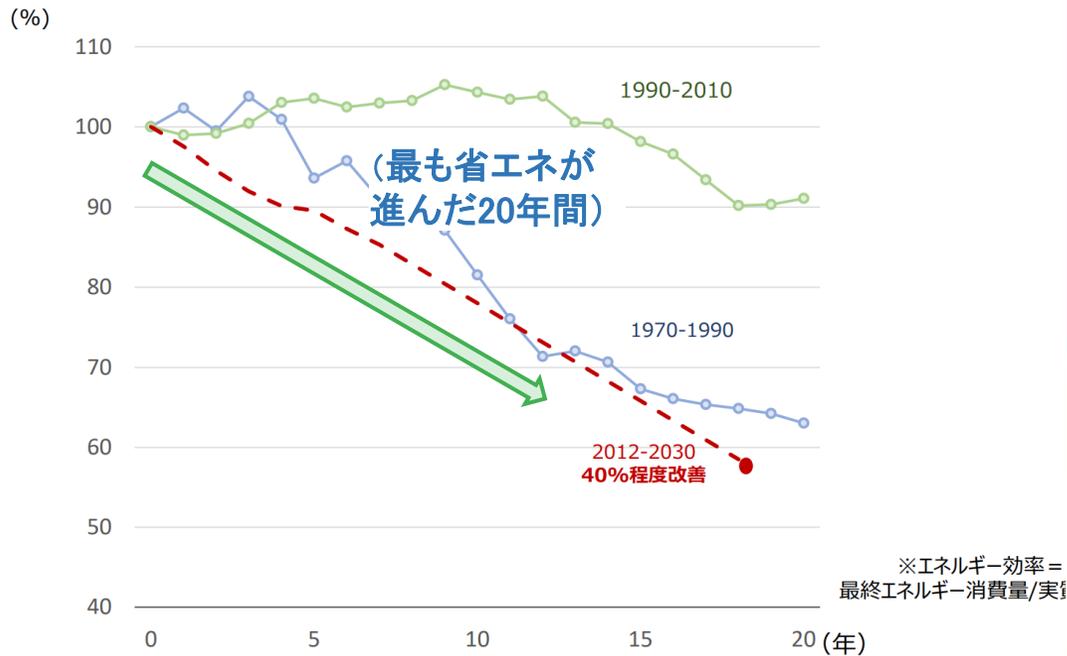
出典（右図）：資源エネルギー庁HP「カーボンニュートラル」って何ですか？（後編）～なぜ日本は実現を目指しているの？ | スペシャルコンテンツ | 資源エネルギー庁 (meti.go.jp)

5-1. 脱炭素（どのようにしてCO2を減らすのか）（2/10）

① 省エネルギー（エネルギー効率の改善目標）

省エネ対策の例

赤線が目標です。石油危機直後と同等（青線）の効率化が期待されています。



産業部門 <▲1,042万k | 程度>

- ▶ 主要4業種（鉄鋼、化学、セメント、紙・パルプ）
⇒ 低炭素社会実行計画の推進
- ▶ 工場のエネルギー管理の徹底
⇒ 製造ラインの見える化を通じたエネルギー効率の改善
- ▶ 革新的技術の開発・導入
- ▶ 業種横断的に高効率設備を導入
⇒ 低炭素工業炉、高性能ボイラ、J3° Iレーゾン等

運輸部門 <▲1,607万k | 程度>

- ▶ 次世代自動車の普及、燃費改善
⇒ 2台に1台が次世代自動車に
- ▶ 交通流対策・自動運転の実現

業務部門 <▲1,226万k | 程度>

- ▶ 建築物の省エネ化
⇒ 新築建築物に対する省エネ基準適合義務化
- ▶ 高効率設備の導入
⇒ LED等高効率照明の普及
- ▶ BEMSによる見える化・エネルギー管理
⇒ 約半数の建築物に導入
- ▶ 国民運動の推進

家庭部門 <▲1,160万k | 程度>

- ▶ 住宅の省エネ化
⇒ 新築住宅に対する省エネ基準適合義務化
- ▶ LED照明・有機ELの導入
⇒ LED等高効率照明の普及
- ▶ HEMSによる見える化・エネルギー管理
⇒ 全世帯に導入
- ▶ 国民運動の推進

出典：資源エネルギー庁HP [20211022005-3.pdf \(meti.go.jp\)](https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005-3.pdf)

HEMS：「Home Energy Management System（ホーム エネルギー マネジメント システム）」の略。家庭で使うエネルギーを節約するための管理システムです。家電や電気設備とつないで、電気やガスなどの使用量をモニター画面などで「見える化」したり、家電機器を「自動制御」したりします。

5-2. 脱炭素（どのようにしてCO2を減らすのか）（3/10）

② 再生可能エネルギーの導入



太陽光



風力



地熱



水力



バイオマス

出典：資源エネルギー庁HP [2050年カーボンニュートラルを目指す 日本の新たな「エネルギー基本計画」](#) | スペシャルコンテンツ | 資源エネルギー庁 (meti.go.jp)

5-2. 脱炭素（どのようにしてCO2を減らすのか）（4/10）

全国最多4海域！ 洋上風力先進県・秋田の今とこれから

日本海から吹く強い風を生かして、洋上風力発電の発展を促進する区域として全国10海域のうち最多となる4海域が指定されている秋田県。本県沖だけで発電量は200万キロワット以上。これは一般家庭約150万世帯分に当たります。陸上よりも大規模な発電が見込める洋上風力発電は、再生可能エネルギーを大量に導入するための「切り札」として期待されています。

1 八峰町・能代市沖
 37.5万kW
 運転開始予定: 2029年6月 1.5万kW×25基
 発電事業者 (四)八峰能代沖洋上風力 ENEO(リニューアブルエナジー(株)、イベルフロー・リニューアブルズ・ジャパン(株)、東北電力(株))

2 能代市・三種町・男鹿市沖
 49.4万kW
 運転開始予定: 2028年12月 1.3万kW×38基
 発電事業者 秋田能代・三種・男鹿 offshore wind (四)【三能商事洋上風力(株)、三能商事(株)、(株)シーテック】

3 男鹿市・潟上市・秋田市沖
 31.5万kW
 運転開始予定: 2028年6月 1.5万kW×21基
 発電事業者 男鹿・潟上・秋田 offshore green energy(四)【(株)ERA、電気開発(株)、伊藤忠商事(株)、東北電力(株)】

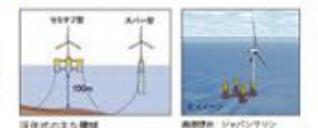
4 由利本荘市沖
 84.5万kW
 運転開始予定: 2030年12月 1.3万kW×65基
 発電事業者 秋田由利本荘 offshore wind (四)【三能商事洋上風力(株)、三能商事(株)、(株)シーテック、(株)ウェンディ・ジャパン(海外企業)】

5 能代港 秋田港
 能代港 8.4万kW 秋田港 5.5万kW
 2022年12月より営業運転中 4.2MW×20基
 2023年1月より営業運転中 4.2MW×19基
 発電事業者 秋田洋上風力発電(株)【(株)大船クレーンエナジー、東北電力(株)、コスモエナジー(株)、関西電力(株)、中部電力(株)、(株)自由銀行、(株)建設(株)、(株)元興、(株)建設建設(株)、(株)豊田、(株)建設(株)、(株)三井(株)】



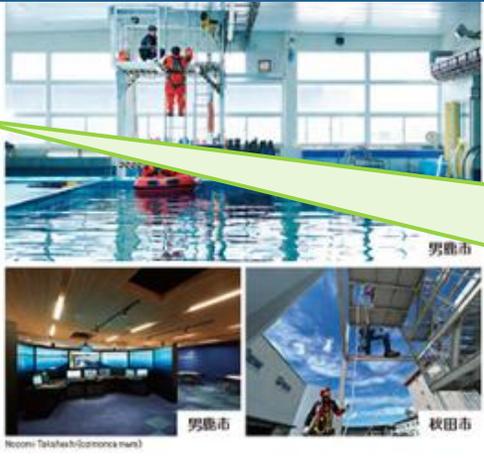
●全国初の本格的な洋上風力発電所
 ●全国最多の「基地運用」
 (本県2港/全国7港)

NEW 浮体式洋上風力発電の実証事業が採択されました
 浮体式とは洋上風力発電の基礎構造の沖合(秋田県鹿部沖)における実証事業の中で、風車を浮体構造物に載せ、ロープや鎖などでつなぎ留めたもの。2024年6月、由利本荘市とにかほ市



人材を育成しています

訓練施設
 風力発電所の運転開始後、約20年間の長期にわたって必要となる運転保守・メンテナンス業務は、地元人材の活躍の場として期待されています。県は、大学や高校、工業高校などの県内教育機関と連携し、普及啓発や地元人材の育成に取り組んでいます。
 2023年2月、秋田火力発電所(秋田市)の構内に「風力トレーニングセンター 秋田塾」が、2024年4月には男鹿海洋高校(男鹿市)内に「風と海の学校 あきた」が開校。洋上風力発電における専門作業員および作業船乗組員の訓練に加え、自治体や教育機関との連携による海洋人材開発にも携わることで洋上風力発電事業の発展と人材育成に取り組みます。



運転保守・メンテナンス業務は地元人材の活躍の場

県内にも広がる関連事業への参入

洋上風力発電は、発電事業そのものに加え、風車の製造・設置工事・メンテナンスなど、さまざまな分野の産業に支えられています。関連事業の地域産業化や地域雇用を促進す取り組みも進められています。

船揚場
 2024年6月、日本海側では最大規模となる船揚場が鹿部港に完成。地元企業が出資する「秋田船揚上院(株)」が開業し、修繕を行っています。洋上風力発電事業で使用するCTVや、海上工事の大型作業船などの整備も県内で可能になりました。

CTV (Crew Transfer Vessel)
 洋上風車のメンテナンスに不可欠な作業員の輸送に特化した交通船。現在、能代港、秋田港で合計2隻が稼働中で、地元企業が出資する「Akita OW Service(株)」が運営しています。

ダビットクレーン
 CTVと風車間の部材などの積み下ろしのため、各力関連部品を製造する専用工場が完成します。

ワークウェア
 風力発電のメンテナンス作業用に安全性・快適性・作業性を確保するサポートしています。

もっと詳しく知りたい方は

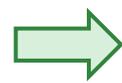
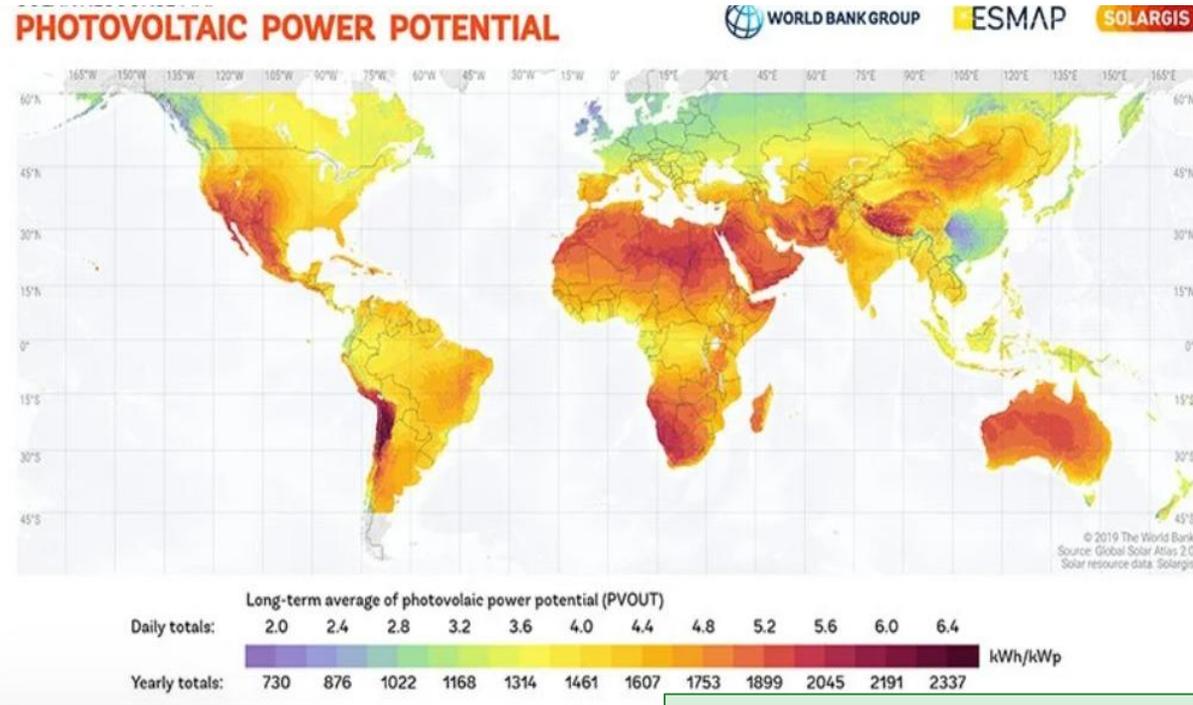
パンフレット

企業紹介ガイドブック

5-2. 脱炭素（どのようにしてCO2を減らすのか）（5/10）

世界の太陽光発電ポテンシャルの分布

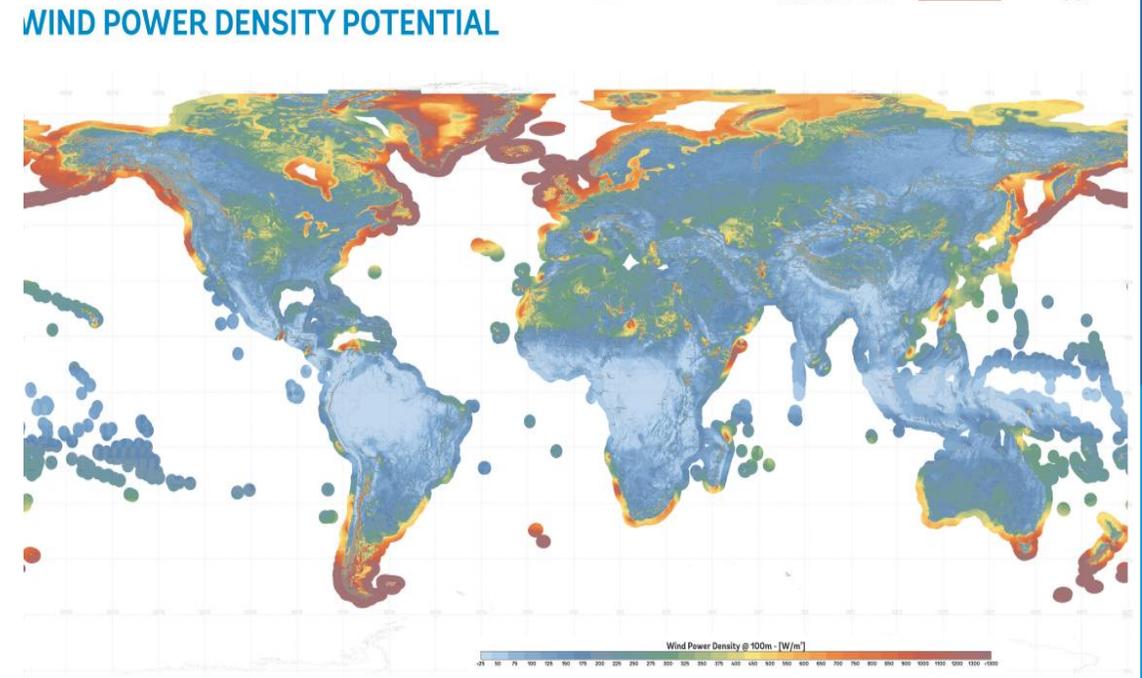
日本の太陽光発電ポテンシャルは、南米、オーストラリア、中東、アフリカなどと比べると小さい



世界的に見て日本の風力発電と太陽光発電のポテンシャルは恵まれていない

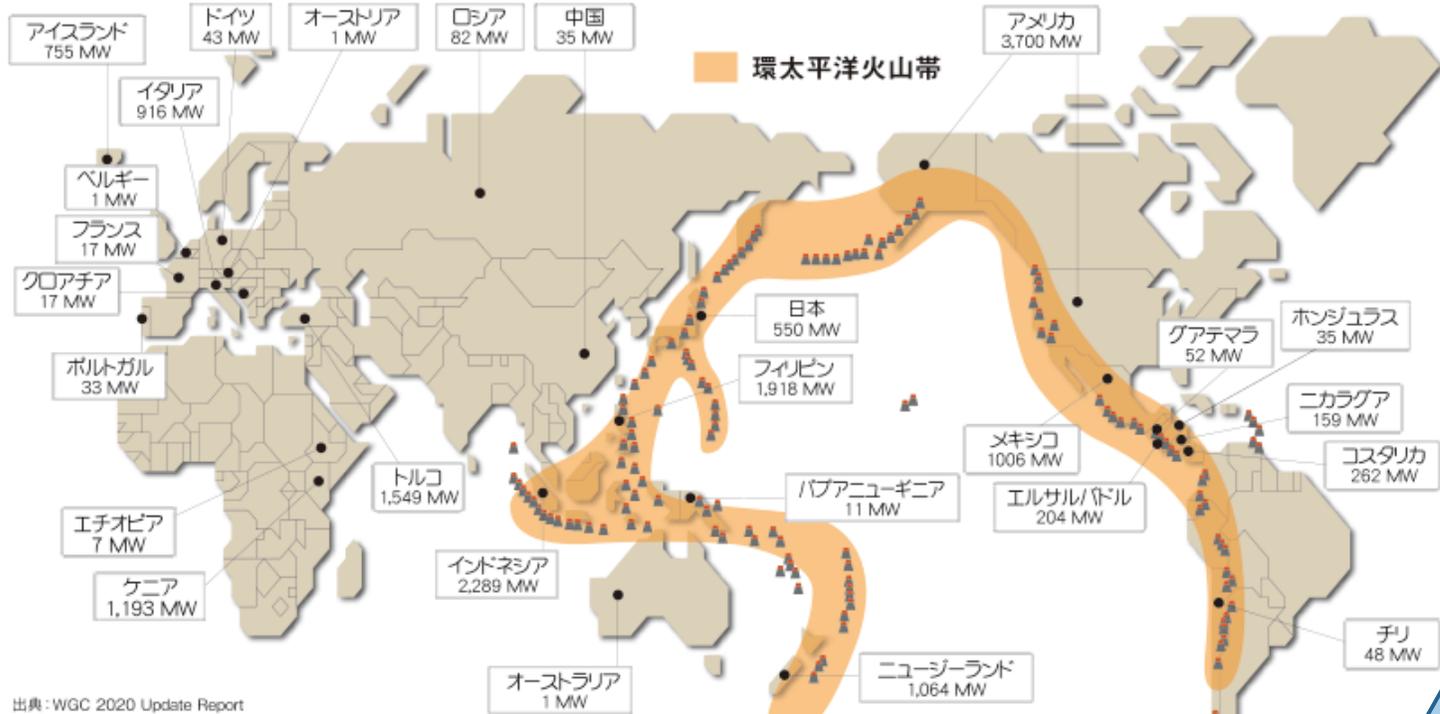
世界の風力発電ポテンシャルの分布

風力発電も、日本の沿岸部である程度のポテンシャルが存在するが、欧州に比べると小さい

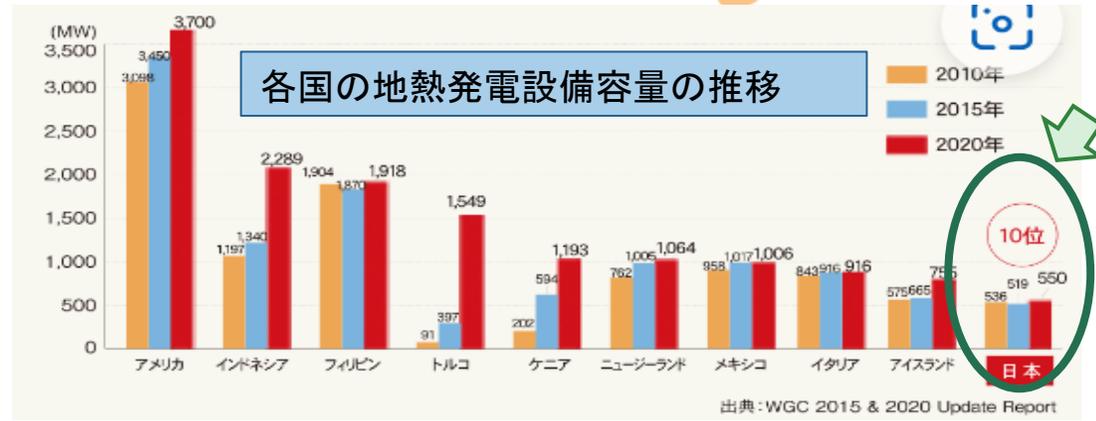


5-2. 脱炭素（どのようにしてCO2を減らすのか）（6/10）

世界各国の地熱発電設備容量



出典: WGC 2020 Update Report



日本は火山国。
資源はあるものの・・・

世界各国の主な地熱資源量

順位	国名	資源量(万kw)
1	アメリカ	3,000
2	インドネシア	2,779
3	日本	2,347
4	ケニア	700
5	フィリピン	600
6	メキシコ	600
7	アイスランド	580
8	ニュージーランド	365
9	イタリア	327
10	ペルー	300

※1万kw=10MW ※1MW=1,000kw

出典: 資源エネルギー庁(総合資源エネルギー調査会資料

2016年6月)をもとに作成

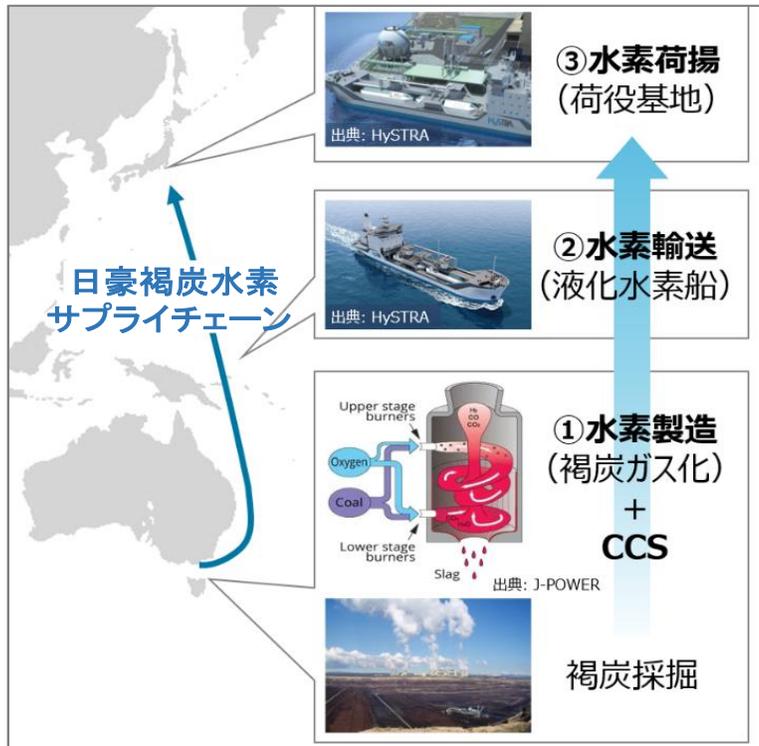
世界の地熱発電 | JOGMEC地熱資源情報

5-2. 脱炭素（どのようにしてCO2を減らすのか）（7/10）

③ 燃料の転換

③-1 水素（新燃料）

日豪のプロジェクト：
2022/2/25、液体水素を積載した船「すいそふろんていあ」号が神戸港に到着。世界初の快挙となりました。



出典: 資源エネルギー庁資料

水素の製造方法

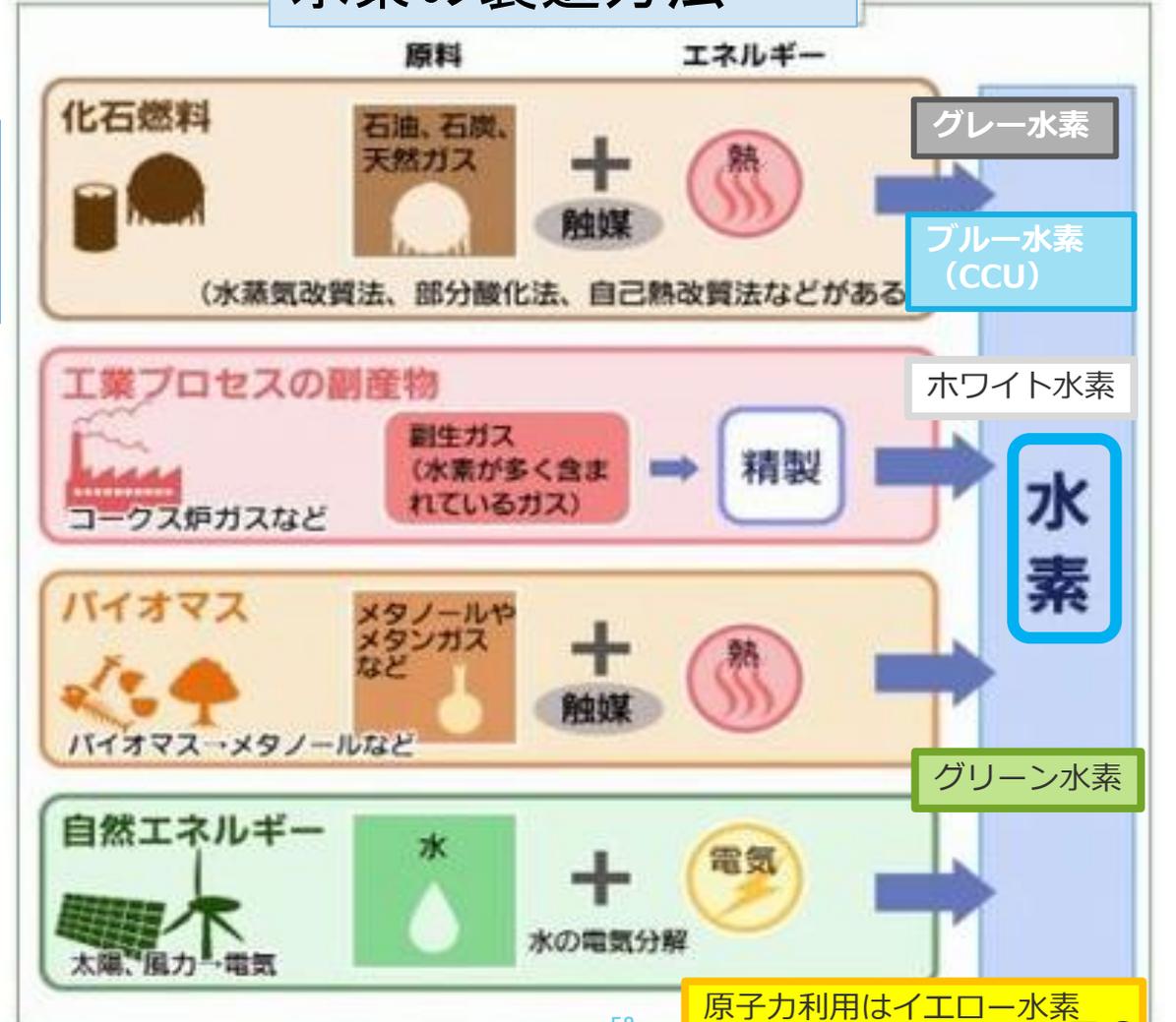


図1 水素の主な製造方法。出典：新エネルギー・産業技術総合開発機構

5-2. 脱炭素（どのようにしてCO2を減らすのか）（8/10）

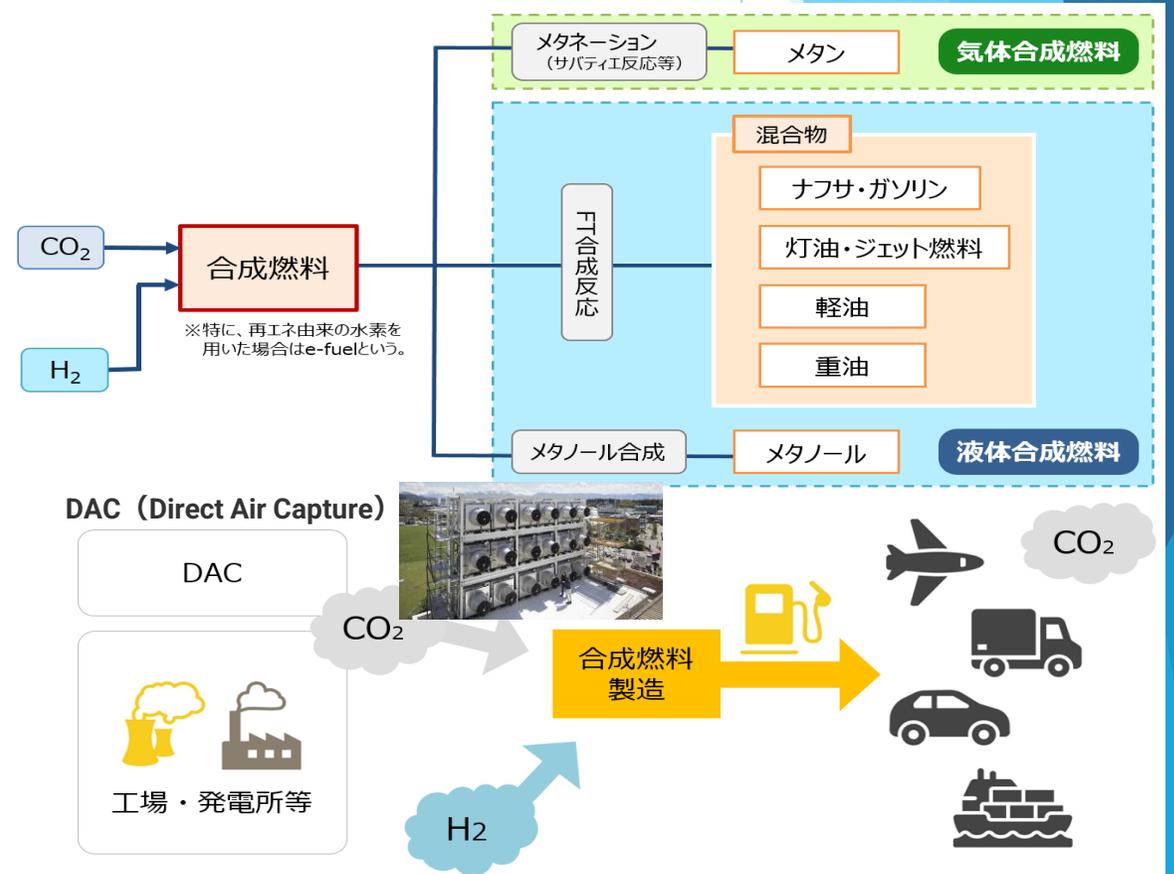
③ 燃料の転換

③-2 アンモニア（新燃料）-多角的な用途拡大



出典：資源エネルギー庁資料
3_8.pdf (meti.go.jp)

③-3 合成燃料（新燃料）-CO2の利用



出典：資源エネルギー庁資料 エンジン車でも脱炭素？グリーンな液体燃料「合成燃料」とは | スペシャルコンテンツ | 資源エネルギー庁 (meti.go.jp)

5-2. 脱炭素（どのようにしてCO2を減らすのか）（9/10）

④ 原子力の利用

再稼働



女川原子力発電所 2号機



島根原子力発電所 2号機

次世代革新炉の開発・設置

革新軽水炉

【特徴】

- 設計段階から新たな安全メカニズムを組み込むことにより、事故の発生リスクを抑制し、万一の事故があった場合にも放射性物質の放出を回避・抑制する機能を強化。

【現状】

- 標準設計は概ね終了。規制基準を明確にするため、現在、原子力エネルギー協議会（ATENA）と規制委員会とで意見交換中。
- 経産省予算にて、新たな要素技術の成熟度を高める研究開発や実証試験を支援。



◆ 三菱重工業 (SRZ-1200)

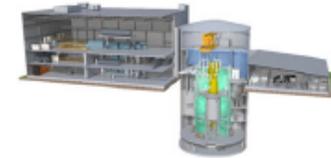
SMR (小型モジュール炉)

【特徴】

- 出力が30万kW以下の小型軽水炉。自然循環により、冷却ポンプや外部電源なしで炉心冷却が可能。

【現状】

- 米国やカナダにおいて、データセンターへの電力供給などの目的で、2030年手前での運用を目指し、開発が進められている。
- 海外プロジェクトへの日本企業の参画や研究開発を支援。



◆ GE日立 (BWRX-300)



◆ NuScale (VOYGR)

高速炉



【特徴】 ◆ 三菱重工業 (実証炉)

- 冷却材にナトリウムを利用することでプルトニウム燃焼を効率的に行う。
- 廃棄物量・有害度低減、資源の有効利用など核燃料サイクルの効果を向上。

【現状】

- GX経済移行債を活用した実証炉開発事業を2023年に開始。米国や仏国とも連携。
- 2024年7月、炉と燃料サイクルの研究開発全体を統合してマネジメントする組織をJAEAに設置。電力やメーカー、JAEAのメンバーで構成。

高温ガス炉



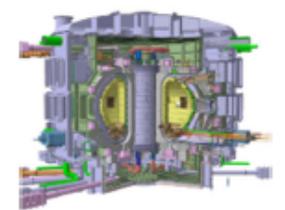
【特徴】 ◆ 三菱重工業 (実証炉)

- 発電だけでなく高温熱を利用して水素製造を行う。
- 冷却材に化学的に安定なヘリウムを利用。減速材に耐熱性や蓄熱性に優れた黒鉛を利用することで冷却機能を喪失しても自然に冷温停止が可能。

【現状】

- GX経済移行債を活用した実証炉開発事業を2023年に開始。英国とも連携。並行して試験炉「HTTR」による水素製造試験を目指す。
- HTTRへの水素製造施設の接続に向けて、2024年度中に原子炉設置変更許可申請予定。

核融合



◆ ITER (実験炉)

【特徴】

- 核融合反応から得られる熱エネルギーを利用して発電。

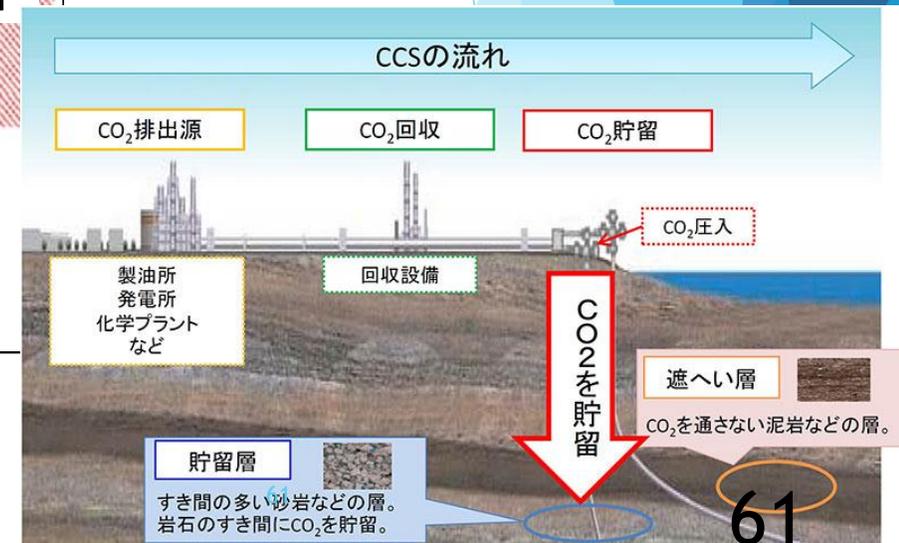
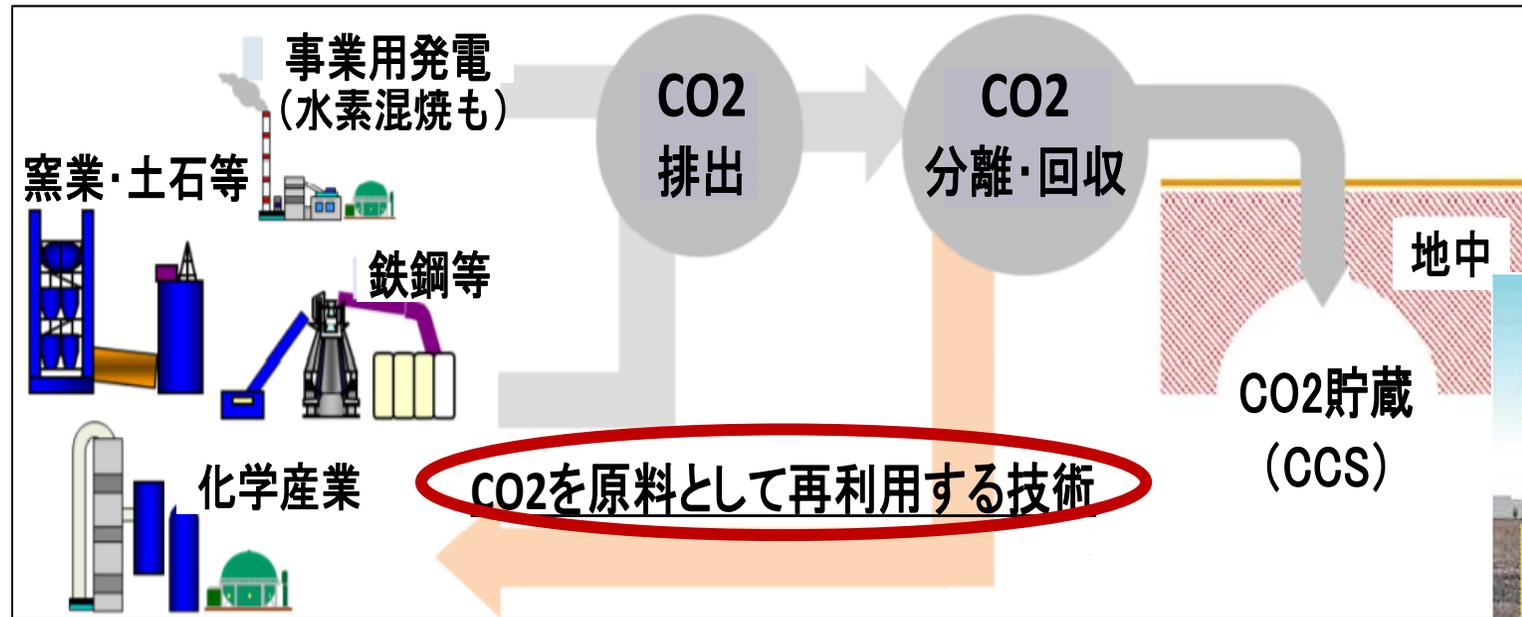
【現状】

- 米国の核融合スタートアップ企業を中心に2030年前後での核融合実用化を掲げ、多様な炉型の開発への挑戦が発表されている。
- 日本においても、スタートアップ企業がトカマク型、ヘリカル型、レーザー型などそれぞれの炉型での実現を目指す。

5-2. 脱炭素（どのようにしてCO2を減らすのか）（10/10）

⑤ CCUS/カーボンリサイクル(新技術)

CO2から製品に繋がる化学素材原料ができればすごいです。



CCUS: CO2の回収・貯留、そしてCO2の利用を組合わせた技術

出典: 資源エネルギー庁資料

6. GX実行会議

- ・GXは、「グリーン・トランスフォーメーション」
- ・GX実行会議（議長＝石破内閣総理大臣）は、産業革命以来の化石燃料中心の経済・社会、産業構造をクリーンエネルギー中心に移行させ、経済社会システム全体の変革の実行を目指す会議です。

- ・第1回は2022年7月27日に開催され、これまで14回開催されました。
- ・2022年12月22日に開催された第5回で、「GX実現に向けた基本方針 ～今後10年を見据えたロードマップ～」が取りまとめられました。

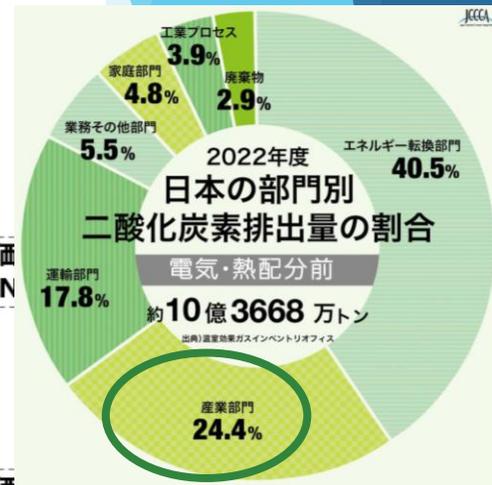
- ・2024年12月26日に開催された第14回では、「GX2040ビジョン」の案が取りまとめられ、2025年2月18日に「GX2040ビジョン 脱炭素成長型経済構造移行推進戦略改訂」が閣議決定されました。



出所：首相官邸 | GX2040ビジョンの案を取りまとめました。GXに関する新たな事業が次々と生まれ、脱炭素エネルギーの利用やDXにより更に高度化された産業構造を目指します。脱炭素電源の整備や脱炭素エネルギーのサプライチェーンの構築、次世代送配電ネットワークの整備により、新たな産業集積を目指します。 | Instagram

6-1. 脱炭素技術 (1/2)

		脱炭素技術	克服すべき主な課題 ※1 薄赤色のエリアは技術的なイノベーションが必要なもの	コストパリティ
電力部門	発電	再エネ	➢ 導入拡大に向け、系統制約の克服、コスト低減、周辺環境との調和が課題	水素価格 約13円/Nm3
		原子力	➢ 安全最優先の再稼働、安全性等に優れた炉の追求、継続した信頼回復が課題	
		火力+CCUS/ カーボンリサイクル	➢ CO2回収技術の確立、回収CO2の用途拡大、CCSの適地開発、コスト低減が課題	
		水素発電	➢ 水素専焼火力の技術開発、水素インフラの整備が課題	
		アンモニア発電	➢ アンモニア混焼率の向上、アンモニア専焼火力の技術開発が課題	
産業部門	熱・燃料	電化	➢ 産業用ヒートポンプ、設備のコスト低減、技術者の確保、より広い温度帯への対応が課題	水素価 40円/N
		バイオマス活用 (主に紙・板紙業)	➢ 黒液（パルプ製造工程で発生する廃液）、廃材のボイラ燃料利用の普及拡大に向け、燃料コストの低減が課題	
		水素化 (メタネーション)	➢ 水素のボイラ燃料利用、水素バーナー技術の普及拡大に向け、設備のコスト低減、技術者の確保、水素インフラの整備が課題 ➢ メタネーション設備の大型化のための技術開発が課題	
		アンモニア化	➢ 火炎温度の高温化のためのアンモニアバーナー等の技術開発が課題	
	製造プロセス (鉄鋼・コンクリート・化学品)	鉄： 水素還元製鉄	➢ 水素による還元を実現するために、水素による吸熱反応の克服、安価・大量の水素供給が課題	水素価 ₁₁ 約8円/Nm3
		コンクリート： CO2吸収型 コンクリート	➢ 防錆性能を持つCO2吸収型コンクリート（骨材としてCO2を利用）の開発・用途拡大、スケールアップによるコスト低減、CO2のセメント原料活用（石灰石代替）の要素技術開発が課題 ➢ セメントキルン（回転窯）からのCO2回収のための技術開発が課題	
		化学品： 人工光合成	➢ 変換効率を高める光触媒等の研究開発、大規模化によるコスト低減が課題	



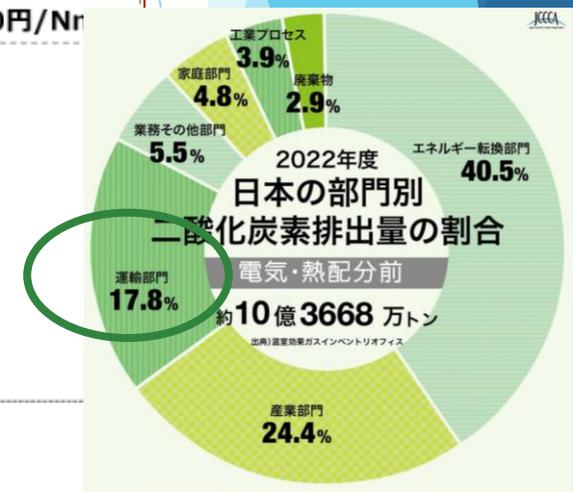
出所：エネ庁HP「カーボンニュートラル」って何ですか？（後編）～なぜ日本は実現を目指しているの？ | スペシャルコンテンツ | 資源エネルギー庁 (meti.go.jp)

※2 主なエネルギー起源CO2を対象に整理、製造業における工業プロセスのCO2排出も対象
コストパリティは既存の主要技術を対象に燃料費のパリティ水準を算出

※3 水素発電のパリティはLNG価格が10MMBtuの場合、水素還元製鉄は第11回CO2フリー水素WGの資料より抜粋(100kW級の純水素FCで系統電力+ボイラーを置換)

6-1. 脱炭素技術 (2/2)

		脱炭素技術	克服すべき主な課題 ※1 薄赤色のエリアは技術的なイノベーションが必要なもの	コストパリティ
民生部門	熱・燃料	電化	<ul style="list-style-type: none"> エコキュート、IHコンロやオール電化住宅、ZEH,ZEB等を更に普及させるため、設備コスト低減が課題 	
		水素化	<ul style="list-style-type: none"> 水素燃料電池の導入拡大に向けて、設備コスト低減、水素インフラの整備が課題 	
		メタネーション	<ul style="list-style-type: none"> メタネーション設備の大型化のための技術開発が課題 	
運輸部門	燃料 (乗用車・トラック・バスなど)	EV	<ul style="list-style-type: none"> 導入拡大に向け、車種の拡充、設備コストの低減、充電インフラの整備、充電時間の削減、次世代蓄電池の技術確立が課題 	電力価格 約10~30円/kWh
		FCV	<ul style="list-style-type: none"> 導入拡大に向け、車種の拡充、設備コストの低減、水素インフラの整備、が課題 	
		合成燃料 (e-fuel)	<ul style="list-style-type: none"> 大量生産、コスト削減を実現する燃料製造方法等の技術開発が課題 	
	燃料 (船・航空機・鉄道)	バイオジェット燃料/ 合成燃料 (e-fuel)	<ul style="list-style-type: none"> 大量生産、コスト削減を実現する燃料製造方法等の技術開発が課題 	
		水素化	<ul style="list-style-type: none"> 燃料電池船、燃料電池電車の製造技術の確立、インフラ整備が課題 	
		燃料アンモニア	<ul style="list-style-type: none"> 燃料アンモニア船の製造技術の確立 	
炭素除去	DACCS、BECCS、植林	<ul style="list-style-type: none"> DACCS : エネルギー消費量、コスト低減が課題 BECCS : バイオマスの量的制約の克服が課題 (CCSの適地開発、コスト低減は双方共通の課題) 		



※2 DACCS : Direct Air Capture and Storage、BECCS : Bio-energy with Carbon Capture and Storage

※3 ガソリン自動車との比較。ガソリン価格が142.8円/Lの時を想定 (詳細は第11回CO2フリー水素WGの資料を参照)

※4 主なエネルギー起源CO2を対象に整理、製造業における工業プロセスのCO2排出も対象
コストパリティは既存の主要技術を対象に燃料費のパリティ水準を算出

「カーボンニュートラル」って何ですか？ (後編) ~なぜ日本は実現を目指しているの？ | スペシャルコンテンツ | 資源エネルギー庁 (meti.go.jp)

6-2. GX実現への投資額

政府は、GX実現に向けた基本方針を示し、**総投資額を2030年度までに約150兆円と見積もっています**

(※措置済み以外の数字は全て精査中であり概数)

GX経済移行債による投資促進策(案)

	官民投資額	GX経済移行債による主な投資促進策	措置済み (R4補正～R5補正) 【約3兆円】	R6FY以降の 支援見込額	備考 ※設備投資(製造設備導入)支援の補助率は、原則 中小企業は1/2、大企業は1/3
製造業	鉄鋼	・製造プロセス転換に向けた設備投資支援(革新電炉、分解炉熱源のアンモニア化、ケミカルサイクル、バイオケミカル、CCUS、バイオリアクター等への転換)		5年:4,800億円	・4分野(鉄、化学、紙、セメント)の設備投資への支援総額は 10年間で1.3兆円規模 ・別途、GI基金での水素還元等のR&D支援、グリーンチール/グリーンミルの生産量等に応じた税額控除を措置
	化学				
	紙パルプ				
	セメント				
運輸	自動車	・電動車(乗用車)の導入支援 ・電動車(商用車)の導入支援	2,191億円 545億円		・別途、GI基金での次世代蓄電池・モーター、合成燃料等のR&D支援、EV等の生産量等に応じた税額控除を措置
	蓄電池	・生産設備導入支援 ・定置用蓄電池導入支援	5,974億円	2,300億円 3年:400億円	・2,300億円は経済安保基金への措置 ・別途、GI基金での全固体電池等へのR&D支援を措置
	航空機	・次世代航空機のコア技術開発			・年度内に策定する「次世代航空機戦略」を踏まえ検討 ・別途、GI基金でのSAF、次世代航空機のR&D支援、SAFの生産量等に応じた税額控除を措置
	SAF	・SAF製造・サプライチェーン整備支援		5年:3,400億円	
	船舶	・ゼロエミッション船等の生産設備導入支援		5年:600億円	・別途、GI基金でのアンモニア船等へのR&D支援を措置
くらし等	くらし	・家庭の断熱窓への改修 ・高効率給湯器の導入 ・商業・教育施設等の建築物の改修支援	2,350億円 580億円 339億円		・自動車等も含め、 3年間で2兆円規模 の支援を措置(GX経済移行債以外も含む)
	資源循環	・循環型ビジネスモデル構築支援		3年:300億円	・別途、GI基金での熱分解技術等へのR&D支援を措置
	半導体	・パワー半導体等の生産設備導入支援 ・AI半導体、光電融合等の技術開発支援	4,329億円 1,031億円		・別途、GI基金でのパワー半導体等へのR&D支援を措置
エネルギー	水素等	・既存原燃料との価格差に着目した支援 ・水素等の供給拠点の整備		5年:4,600億円	・価格差に着目した支援策の総額は供給開始から 15年間で3兆円規模 ・別途、GI基金でのサプライチェーンのR&D支援を措置 ・拠点整備は別途実施するFSを踏まえて検討
	次世代再エネ	・太陽光・風力・洋上風力、水電解装置のサプライチェーン構築支援と、太陽光・風力の導入支援		5年:4,200億円	・設備投資等への支援総額は 10年間で1兆円規模 ・別途、GI基金での太陽光・風力等のR&D支援を措置
	原子力	・次世代革新炉の開発・建設	891億円	3年:1,600億円	
	CCS	・CCSバリエーション構築のための支援(適地の開発等)			・先進的なCCS事業の事業性調査等の結果を踏まえ検討
分野横断的措置		・中小企業を含め省エネ補助金による投資促進等 ・ティップテック・スタートアップ育成支援 ・GI基金等によるR&D ・GX実装に向けたGX機構による金融支援 ・地域脱炭素交付金(自営線マイクログリッド等)	3,400億円 8,060億円 30億円	400億円 1,200億円 60億円	・ 3年間で7000億円規模 の支援 ・ 5年間で2000億円規模 の支援(GX機構のファイナンス支援を含む) ・令和2年度第3次補正で2兆円(一般会計)措置 ・債務保証によるファイナンス支援等を想定

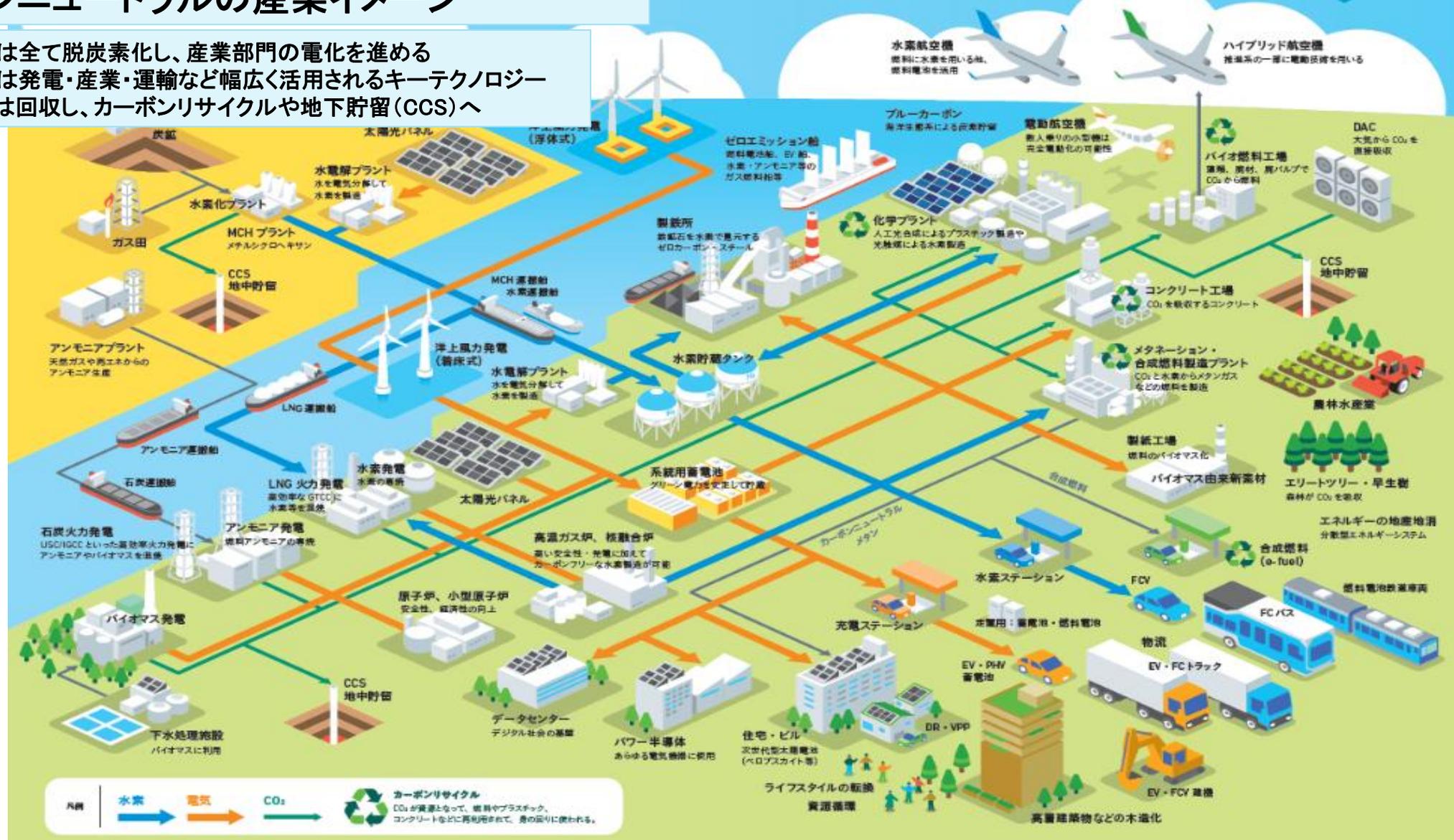
出所:内閣官房HP [siryou1.pdf\(cas.go.jp\)](https://www.siryou1.pdf(cas.go.jp))

次世代を担う皆さんのご活躍を期待します

カーボンニュートラルの産業イメージ

- ・電気は全て脱炭素化し、産業部門の電化を進める
- ・水素は発電・産業・運輸など幅広く活用されるキーテクノロジー
- ・CO2は回収し、カーボンリサイクルや地下貯留(CCS)へ

経済産業省



次世代を担う皆様のご活躍を期待します

ソサエティ 5.0

日本が提唱する未来社会のビジョンで、サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させ、人間中心の社会を実現するというコンセプト

狩猟社会(1.0)、農耕社会(2.0)、工業社会(3.0)、情報社会(4.0)に続く、AI、IoT、ビッグデータ、ロボット、ブロックチェーン、量子コンピューターなどの技術を活用し、持続可能で豊かな社会を目指します。

エネルギー産業はソサエティ5.0の中核となる分野の一つであり、特にユーティリティ3.0と密接に関わる要素が多い

- 課題**
- ・エネルギー不足の可能性
 - ・需要に対応した安定供給
 - ・地球温暖化問題
 - ・被災時の対応



(1) 分散型エネルギーとスマートシティの実現
ソサエティ5.0では、エネルギー供給は一方的なものではなく、双方向でリアルタイムに最適化される仕組みへと変化します。スマートシティの一環として、分散型電源(太陽光発電、風力発電、蓄電池など)が相互に接続され、AIやブロックチェーンを活用したエネルギー取引が一般化

(2) AI・IoT・ビッグデータを活用した次世代エネルギーマネジメント
従来のエネルギー管理は、人間の判断に依存する部分が多かったですが、ソサエティ5.0ではAIがエネルギーの需要予測や最適配分をリアルタイムで行うようになります。

(3) EV・水素社会の推進とモビリティの変革
ソサエティ5.0では、エネルギーとモビリティが一体化していきます。電気自動車(EV)や水素燃料電池車(FCV)は、単なる移動手段ではなく、「エネルギーを蓄え、供給するインフラ」として機能するようになります。

(4) ブロックチェーンによるP2P電力取引の普及
ユーティリティ3.0とも関連するポイントとして、ブロックチェーンを活用した電力取引の分散化が進みます。従来は、大手電力会社が一括して電力を管理していましたが、今後は一般家庭や企業が発電した電力を、直接他の消費者に販売することが可能になります。ブロックチェーン技術により、契約や取引の透明性が確保され、電力の売買がスムーズに行われるようになります。

次世代を担う皆様のご活躍を期待します

電気事業の将来像 (Utility3.0)

・Utility1.0は、電気事業が始まって以来のビジネスモデルのこと。供給義務を伴った法的独占(地域独占)により「規模の経済性」を追求し、積極的な投資により高度経済成長を支えてきた。
・Utility2.0は、電気事業の自由化。これは1970年代に発生した、オイルショックなどで経済が低成長に移行したことを契機としています。電気事業者が独占的に活用していた、既存の送配電ネットワークを第三者に開放して発電と小売の分野の競争による事業のスリム化を図りました。

従来の集中型の電力供給モデルから分散型・双方向型のシステムへの移行を示唆する概念

(1) 分散型エネルギーシステムの発展

個々の家庭や企業がエネルギーの生産者(プロシューマー)となり、相互に電力を売買する時代が到来するとされています。ブロックチェーン技術を活用したP2P(ピア・ツー・ピア)取引や、分散型エネルギー管理システム(DERMS)による最適化が進む

(2) 再生可能エネルギーと脱炭素化の加速

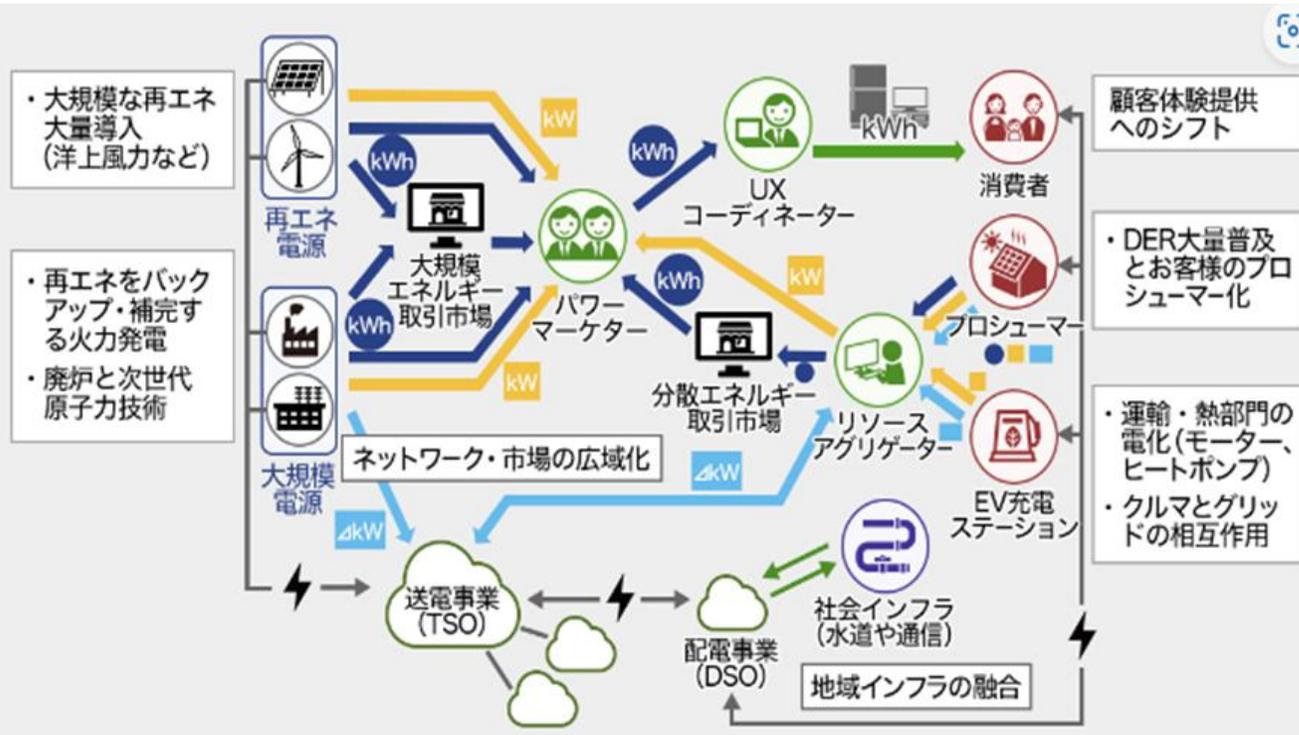
脱炭素社会の実現に向けて、再生可能エネルギー(太陽光・風力・水素・蓄電池)の拡大が進み、電力会社やメーカーはカーボンニュートラル戦略を強化する必要があります。また、CCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage: 二酸化炭素の回収・利用・貯留)や次世代原子力(小型モジュール炉SMR)など、新技術の開発も重要な要素となります。

(3) デジタル技術の活用(スマートグリッド・AI・IoT)

スマートグリッド、AI、IoTを活用したエネルギーマネジメントが進み、リアルタイムで需要と供給を最適化するエネルギー制御システムが普及します。例えば、AIによる電力需給予測や、自動で電力の最適配分を行うシステムが標準化される可能性があります。

(4) 水素・蓄電池技術の進化とエネルギーキャリアの多様化

水素エネルギーの活用が拡大し、水素社会の実現に向けたインフラ整備が進むでしょう。また、次世代蓄電池技術(全固体電池、フロー電池など)の開発が加速し、再生可能エネルギーの安定供給が可能になると考えられます。



出所:東京電力パワーグリッド 岡本浩副社長に聞く(前編) 構想から現実に進んだUtility 3.0と送配電事業の新たな役割 | EnergyShift (energy-shift.com)

次世代を担う皆様のご活躍を期待します

エネルギー産業は現在、大きな変革期を迎えており、魅力的な未来が広がっています

「未来のエネルギーを創るのは、これからの世代」

この業界には、新しい価値を生み出し、持続可能な社会を実現する大きな可能性があります。皆さんが未来に希望を持ち、エネルギー業界に挑戦することを楽しみにしています。

1. 新しい技術が未来を創るエキサイティングな業界

エネルギー産業は今、最先端技術が導入され、デジタルと融合しながら進化しています。AI・IoT・ブロックチェーン・量子技術などの革新的技術が、持続可能なエネルギーシステムを支える鍵となるため、理系・文系を問わず、さまざまなスキルを活かせる場があります。

2. 社会課題の解決に貢献できる仕事

気候変動対策やエネルギーの安定供給は、世界的な課題であり、その解決に貢献できるエネルギー産業の仕事は非常にやりがいのあるものです。「自分の仕事が地球環境を守り、未来の世代に影響を与える」という意識を持つことで、大きなモチベーションになります。

3. スタートアップや新規事業の可能性

ユーティリティ3.0の進展により、電力会社やメーカーだけでなく、エネルギー関連のスタートアップが増加しています。蓄電池管理やP2P電力取引、水素活用技術など、新しい分野でチャレンジする機会が多く、自ら新しい事業を生み出すことができる時代になっています。

4. グローバルな視野で活躍できる

脱炭素化やエネルギーシフトは世界共通のテーマであり、日本だけでなく、世界中で活躍できるチャンスがあります。再生可能エネルギーの導入が進む欧州や、新興国のエネルギーインフラ整備に関わるなど、グローバルなキャリアを築くことも可能です。

ま と め

- ・エネルギーを考える上で大切なことは、**S+3E**。安全性を大前提とし、安定供給、経済効率、環境を同時達成すべく取り組む。
- ・今月、**第7次エネルギー基本計画**が閣議決定された。「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**」すること。「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」を目指すこと。「**原子力は安全保障に寄与し、脱炭素効果の高い電源としてを最大限活用する**」とされた。
- ・再エネ、原子力、火力、何れも電源としての利点・課題があり、一つのエネルギー源で必要な要件を同時に満たすものはない。このため、**再エネ、原子力、火力(CO₂を排出しない)**を**バランスよく組み合わせた電源構成**(エネルギーミックス)とすることが必要。
- ・脱炭素(カーボン・ニュートラル)は省エネルギー、再生可能エネルギー、燃料の転換、原子力発電、CCUS(二酸化炭素の回収、利用、貯蔵)を組み合わせる。

エネルギーは私たちの日々の生活に密接に関わるもの。 エネルギーの問題0
について、自分事として考えてみよう。

ご清聴ありがとうございました



東北学院大学
TOHOKU GAKUIN UNIVERSITY

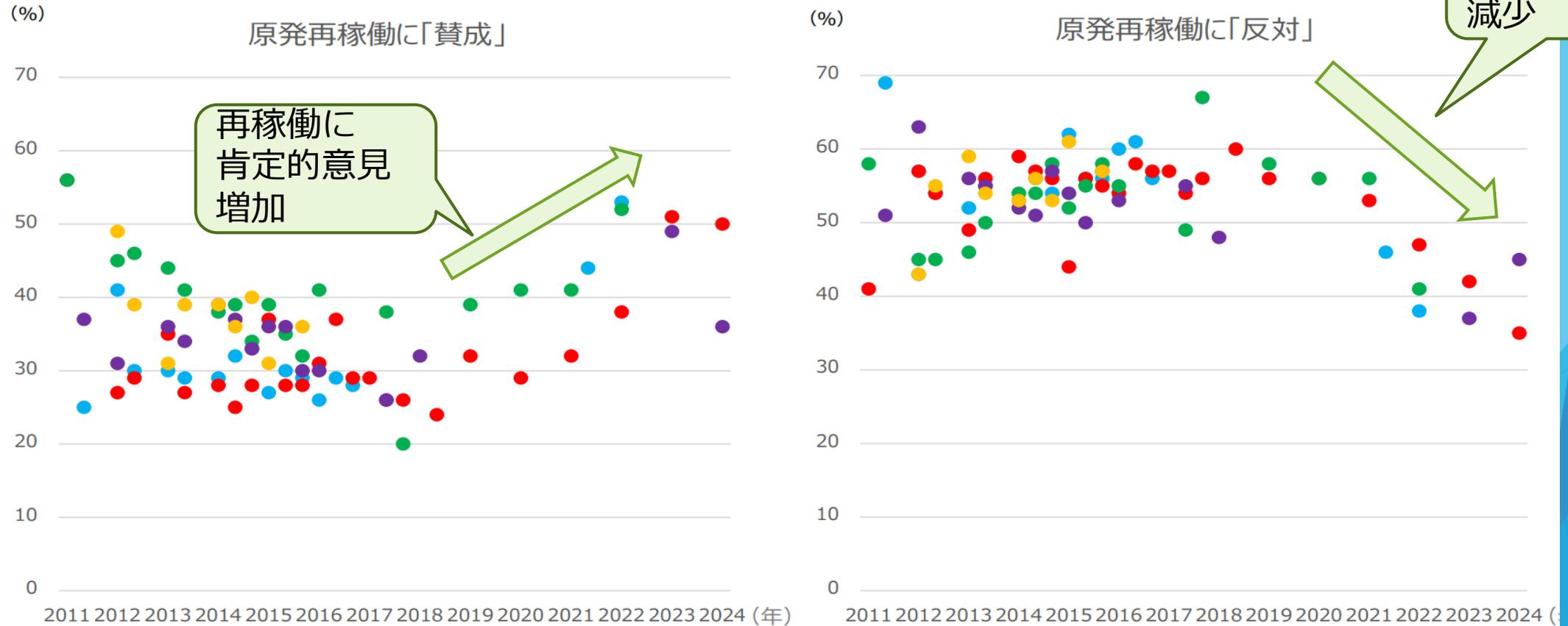
(参考)最近の原子力に関する世論調査から



本頁出所:[【寄稿】原子力を取り巻く「空気」が変わった?～2022年度「原子力に関する世論調査」の結果を読む～ | エネ百科 | きみと未来と。\(ene100.jp\)](#)⁷²

7-1. 原子力発電の再稼働に関する世論調査の経年変化(全国紙)

- 東京電力福島第一原子力発電所事故後、各社は原発の再稼働について世論調査を実施。近年、再稼働への肯定意見が増加し、否定意見が減少する傾向にある。



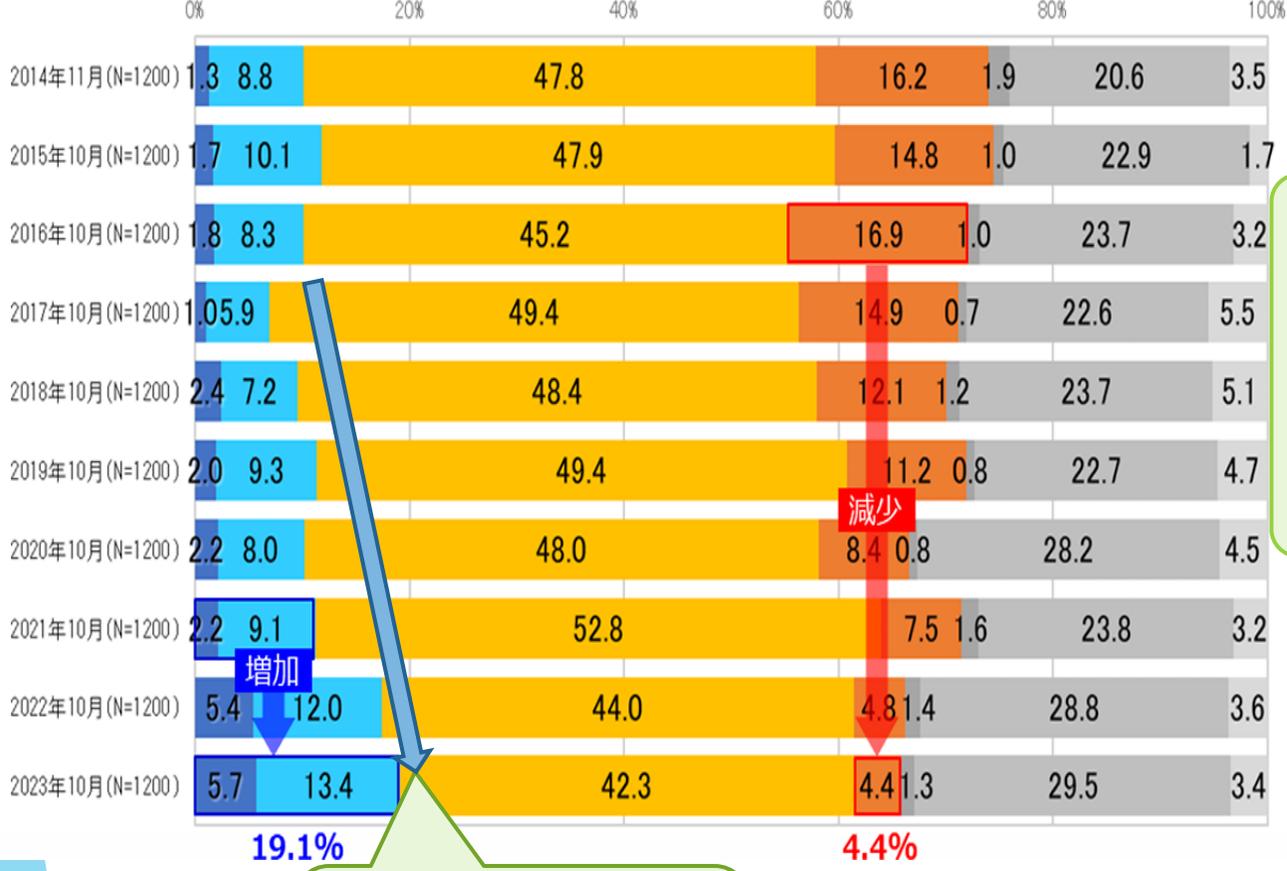
● 日経新聞 ● 朝日新聞 ● 読売新聞 ● 毎日新聞 ● 産経新聞

出所: エネ庁HP 039_01_00.pdf

7-2. 原子力に関する世論調査の経年変化と年代別傾向 (日本原子力文化財団)

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。あなたの考えに近いものをお選びください。(○は1つだけ)

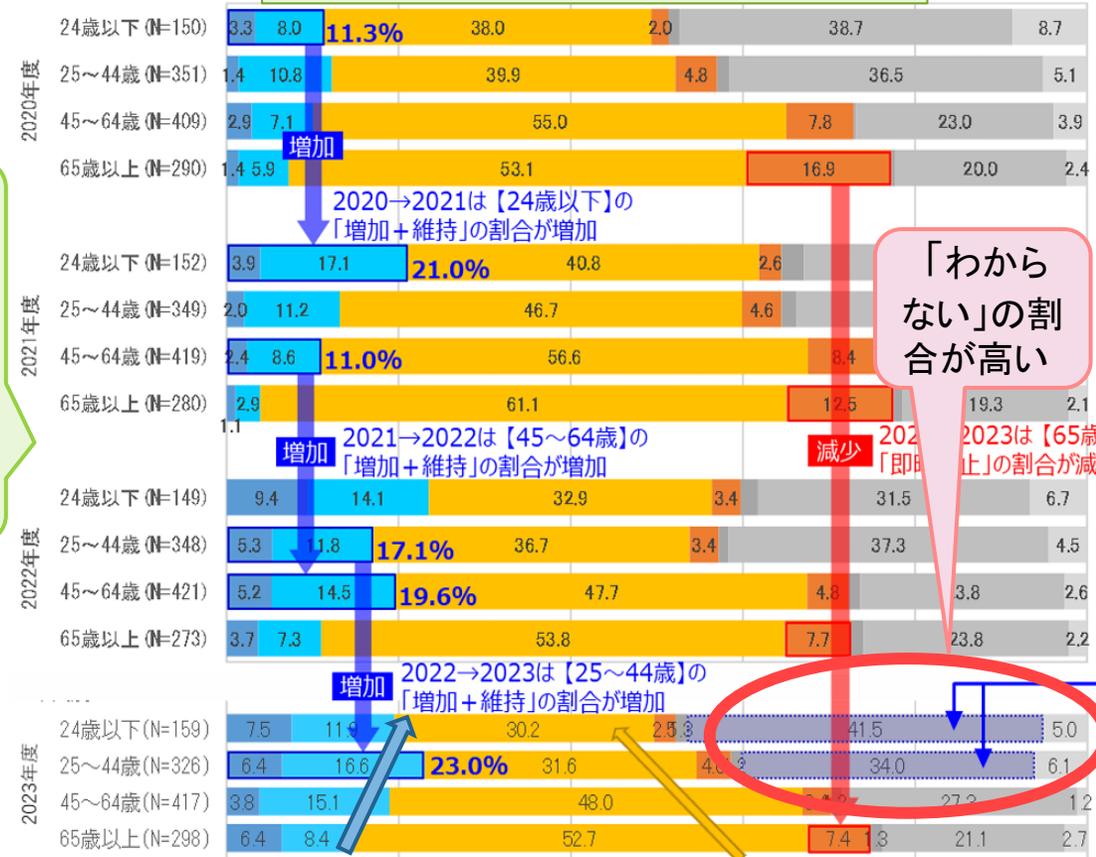
経年変化(2014~2023年)



原子力発電の積極的な利用の意見が増加傾向

若い人ほど、原子力発電の利用について、肯定的な傾向

2020~2023年度 年代別



「わからない」の割合が高い

- 原子力発電を増やしていくべきだ (増加)
- 原子力発電は即時、廃止すべきだ (即時廃止)
- 東日本大震災以前の原子力発電の状況を維持していくべきだ (維持)
- その他、わからない、あてはまるものはない
- 原子力発電をしばらく利用するが、徐々に廃止していくべきだ (徐々に廃止)

Q:「原子力発電所再稼働に伴うリスクが民衆に受け入れられると思いますか？」とのご質問には。

リスクと安全という科学的な視点に加えて安心という心理的(感情的)な視点も絡む問題です。

「リスク」という言葉を、理系の人には「被害の影響の大きさ」や「被害が発生する可能性(確率)」、あるいは「影響の大きさと可能性(確率)の組合わせ」という意味で使います。
一方、日常的には「危険性」や「危険度」といった意味合いで用いられています。

“安全”の定義

日本では：(安全：広辞苑より)

- **危険がないこと**、平穩無事であること
- 損傷、損害、危害を受ける心配がないこと

日本と世界では、安全に関する考え方が違う？

世界では：(国際規格の定義) (ISO/IEC GUIDE 51)

- **許容できないリスクがないこと**

(Safety : Encyclopedia Britannicaより) : **activities** that seek either to minimize or to eliminate hazardous conditions. (危険な状態を最小限にするか、または排除することを求める**活動**)

英語文化圏ではコントロールすることそのものと捉えられている。

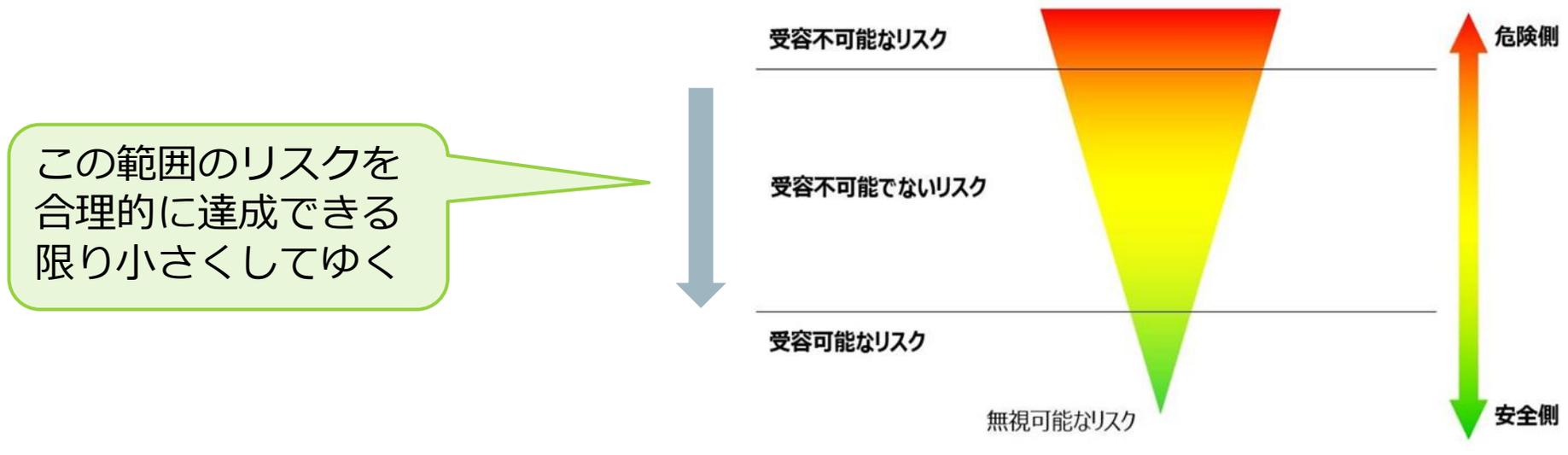
「日本語の字義」のように考えていてはコントロールの対象にならない。

現実的に解釈すれば、**安全とは**「リスクを見つけ出し、これを合理的に達成可能な限り小さくする活動」と言えます

そもそも“安全”とは

安全か？ = 社会的に受け入れられる**リスク以下**

「安全」とは、「許容不可能なリスクがないこと」 (ISO/IECガイド51)



特に新しい技術的な事柄一般について、専門家と一般の方とでは、安全に関する考えに違いがある？から、ここに(専門家が思うに)安全であるが、(一般の方は)安心できず、受け入れられない、ということになるのだらうと思います。

原子力発電所の再稼働、処理水の放出、原子力に限らず新型コロナワクチン、遺伝子組み換え作物などにしても然り、どの程度のリスクであれば安全かということではなく、**ゼロリスク(安心)**を求める方にこれらを受け入れて頂くことは難しいのではないのでしょうか。

リスクと安全、安心と信頼

安心は技術的な事柄ではなく、心理的(感情的)なことであって、人と人との或いは人とそれと関連する組織との**信頼感**から生まれるものであることから、再稼働を受け入れ頂くには原子力に携わる者は安全に関するリスクを低減してゆくことは勿論のこと、関係者との信頼を大事にし、醸成して行くことが大切と思います。

これによって受入れて頂く土壌ができるのではないかと思います。

ご清聴ありがとうございました



東北学院大学
TOHOKU GAKUIN UNIVERSITY