

野村茂雄

日本原子力学会フェロー、シニアネットワーク(SNW)会員

E-mail : nomura.home.310@gmail.com

出身

岐阜県羽島市、岐阜高校、早稲田大学理工学部鉄鋼材料学博士課程卒

主な職歴

元日本原子力研究開発機構(JAEA) 理事

元原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF) 理事

元早稲田大学・東京都市大学 大学院共同原子力専攻 非常勤講師

元日本原子力学会会長(2012-13年)

JAEA・OB会 会長

専門分野

原子炉構造、核燃料・原子力材料、核燃料サイクル、放射性廃棄物の処理・処分、原子力施設の管理と廃止措置、鉄鋼材料全般

資格

核燃料取扱主任者、第一種放射線取扱主任者、第一種衛生管理者、危険物取扱者甲種、甲種防火管理者、第二種電気工事士

対話会テーマ・基調講演

君はどう考える？ 我が国のエネルギー・電力の確保

日本原子力学会・シニアネットワーク

野村 茂雄

目次

「概論」

1. 世界の状況

一次エネルギー自給率④ 電源構成⑤

2. エネルギー経済

化石燃料の輸入⑥ 電気料金⑦

3. エネルギー政策

大原則⑧ 選択の論点⑨ 電力需要⑩⑪ 電源構成⑫ 非化石電源の課題⑬

「各論」

4. 再エネの展望と課題

設備容量⑮ 課題⑯ 各国の面積・コスト比較⑰⑱ 国民負担⑲ 出力変動⑳
太陽光㉑㉒ 洋上風力㉓ 地熱㉔ バイオマス㉕

5. 原子力発電の展望と課題

再稼働㉖ 世界の潮流㉗ 安全㉘ 革新炉㉙ 廃棄物㉚

「概論」

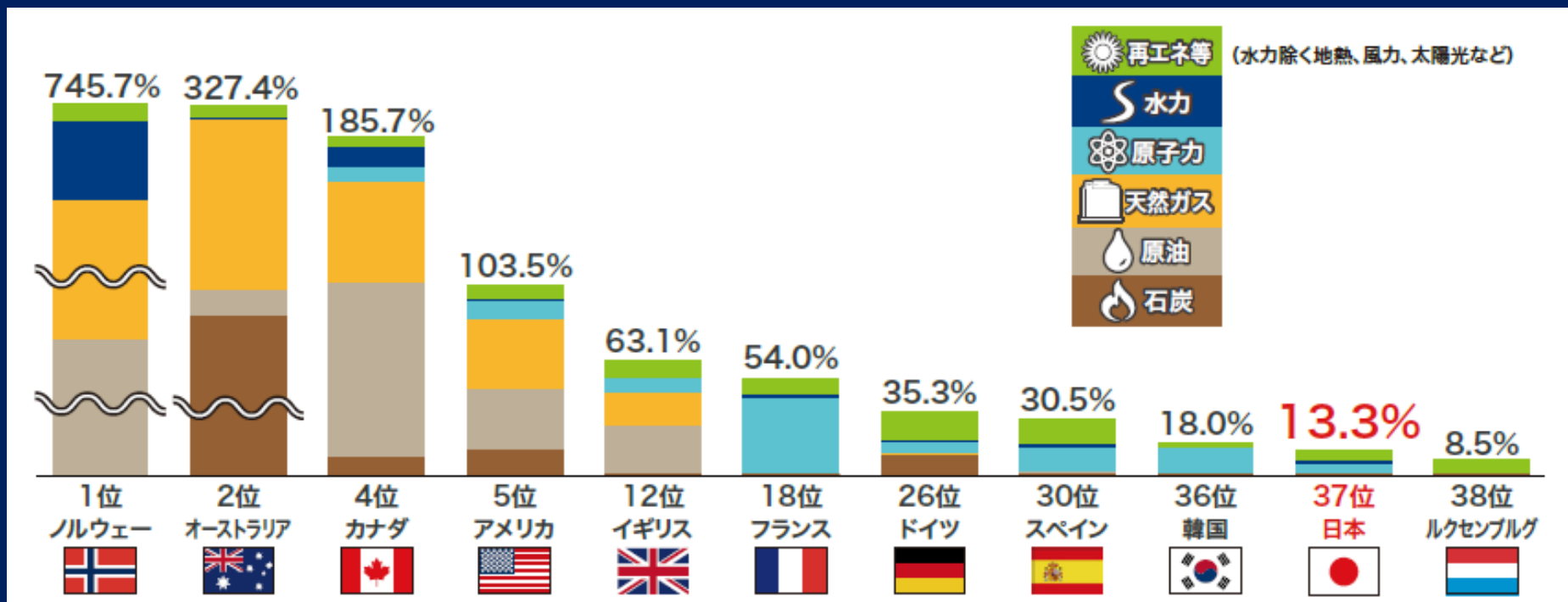
主要国の一次エネルギー自給率比較

一次エネルギー

化石燃料（石油、天然ガス、石炭）、原子力、再生可能エネルギー（太陽光、風力、他）など、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

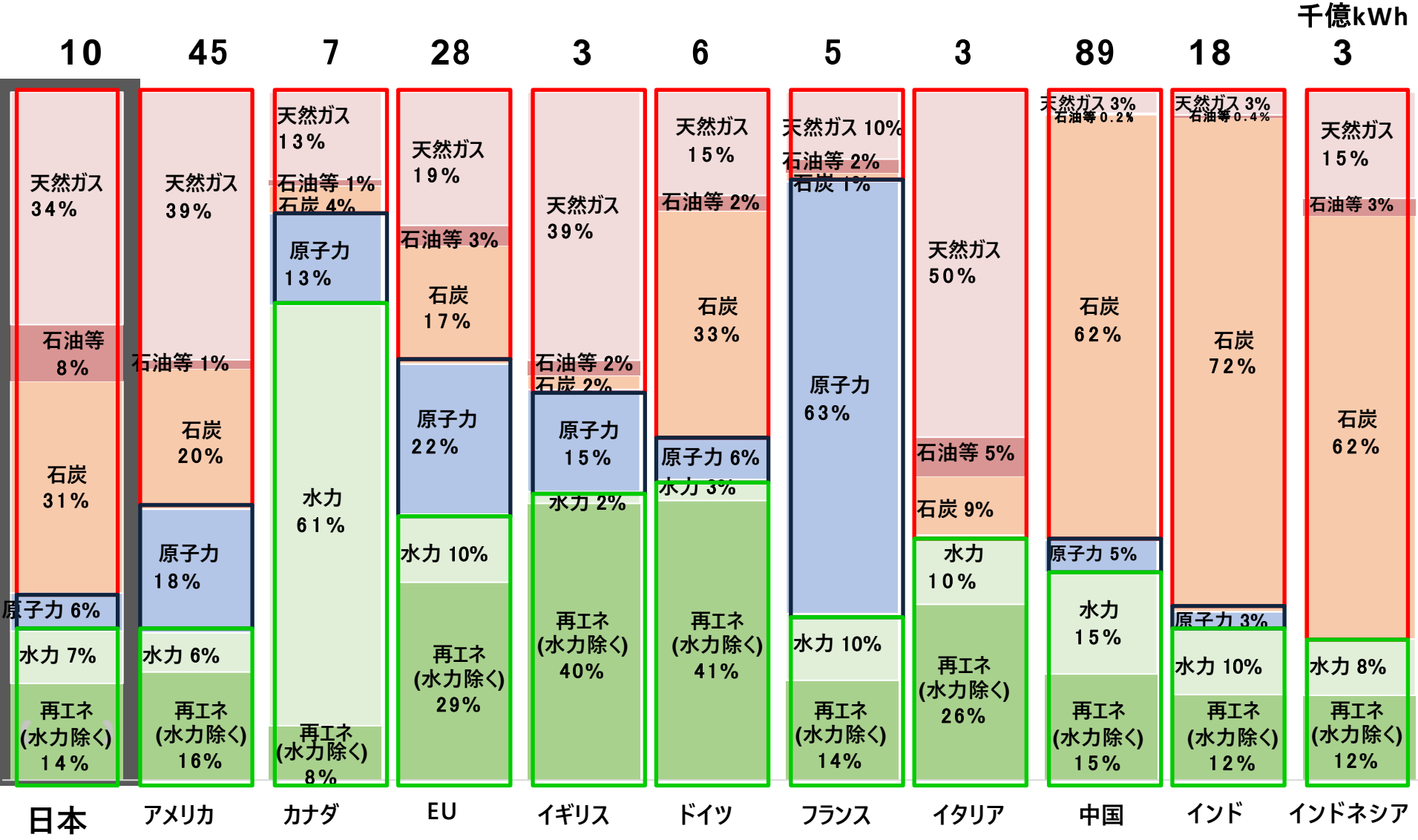


◆ 日本の自給率は13.3%で、他のOECD諸国と比べ低い。

◆ 海外輸入の化石燃料に大きく依存。

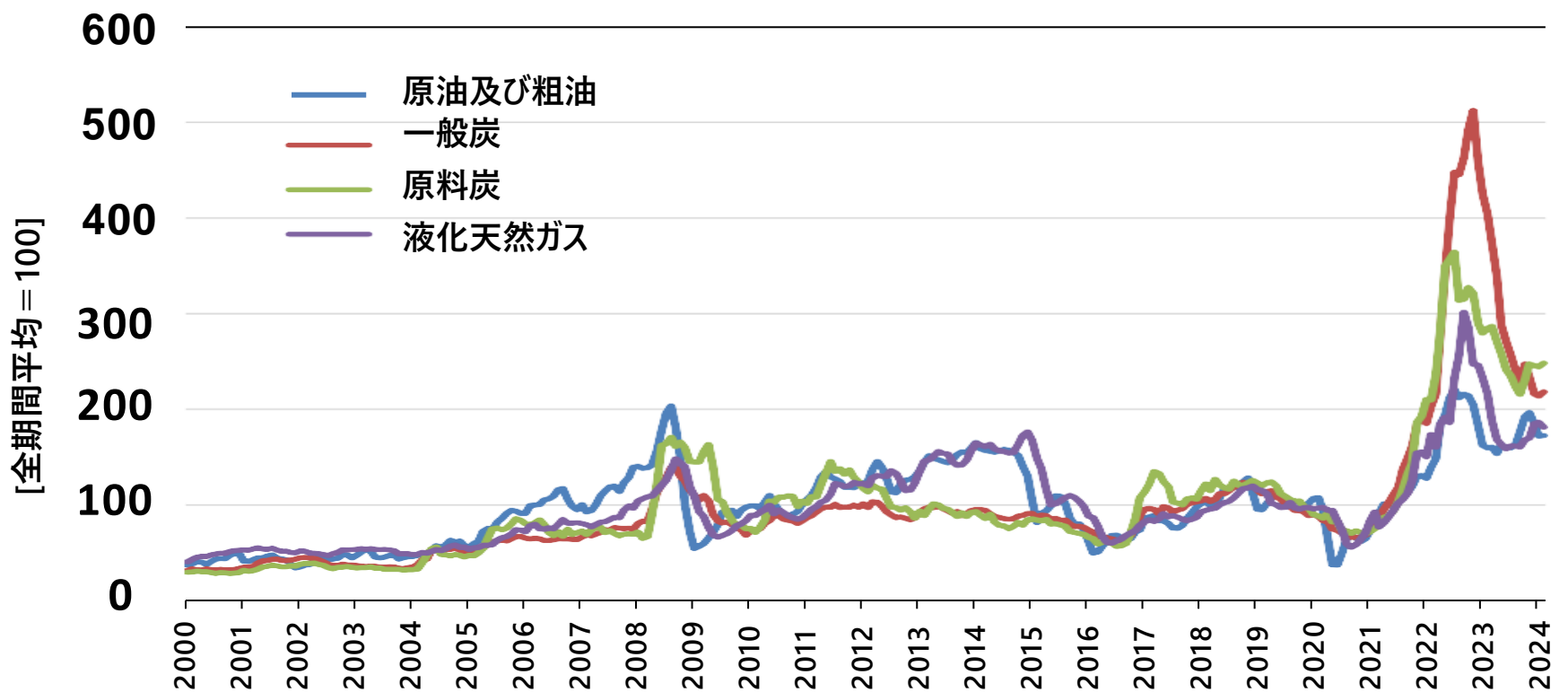
各国の電源構成の比較

- ✓ 国によって、化石燃料、原子力、再エネの割合が異なる。
- ✓ この比較図から、何が分かるか？



化石燃料輸入価格の変動

(2000～2024年の全期間平均を100とした場合の指数)



↑
ロシアの
ウクライナ侵略
2022/2

「出典」 [エネルギーを巡る状況について](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2024/055/055_004.pdf)：

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2024/055/055_004.pdf P69

財務省貿易統計をもとにエネ庁が作成,(2024.5) 全期間平均は2000年1月から2024年2月までの燃料種別輸入価格の単純平均

電気料金の全国比較 供給区域ごとの2023年度実績単価

出典:「脱炭素電源について」資源エネルギー庁エネ庁 2024.7

ロシアによるウクライナ侵略開始後の国際的な燃料価格高騰の影響が残っていた2023年度は、原子力発電所の再稼働が進む関西や九州エリアと、他のエリアは3割以上の価格差があった。

「円/kWh」

区域	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄
低圧	28.6	26.6	27.1	25.2	24.2	22.3	25.3	24.1	21.5	26.3
高圧	24.8	25.8	21.8	20.9	23.7	19.8	24.1	21.4	18.2	22.8
特別高圧	23.6	23.8	20.4	19.0	21.4	18.3	21.9	18.9	16.3	24.7
全電圧の加重平均	26.4	25.6	23.5	21.6	23.3	20.3	23.8	22.0	19.1	24.7
原発比率	0%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	16%	30%	0%

※電力広域的運営推進機関「2024年度供給計画の取りまとめ」エリア別発電電力量（送電端）の比率から引用。

日本のエネルギー・ミックス (資源エネルギー庁) エネルギー政策の大原則 S+3E

安全性(Safety)

+

1E. 安定供給
(Energy Security)
エネルギー自給率：30%程度

2E. 経済効率性
(Economic Efficiency)
電力コスト：8.6～8.8兆円程度

3E. 環境適合
(Environment)
エネルギー起源CO₂ 45%削減

日本のエネルギー選択の論点

～持続的安定電源確保と環境対策の両立～

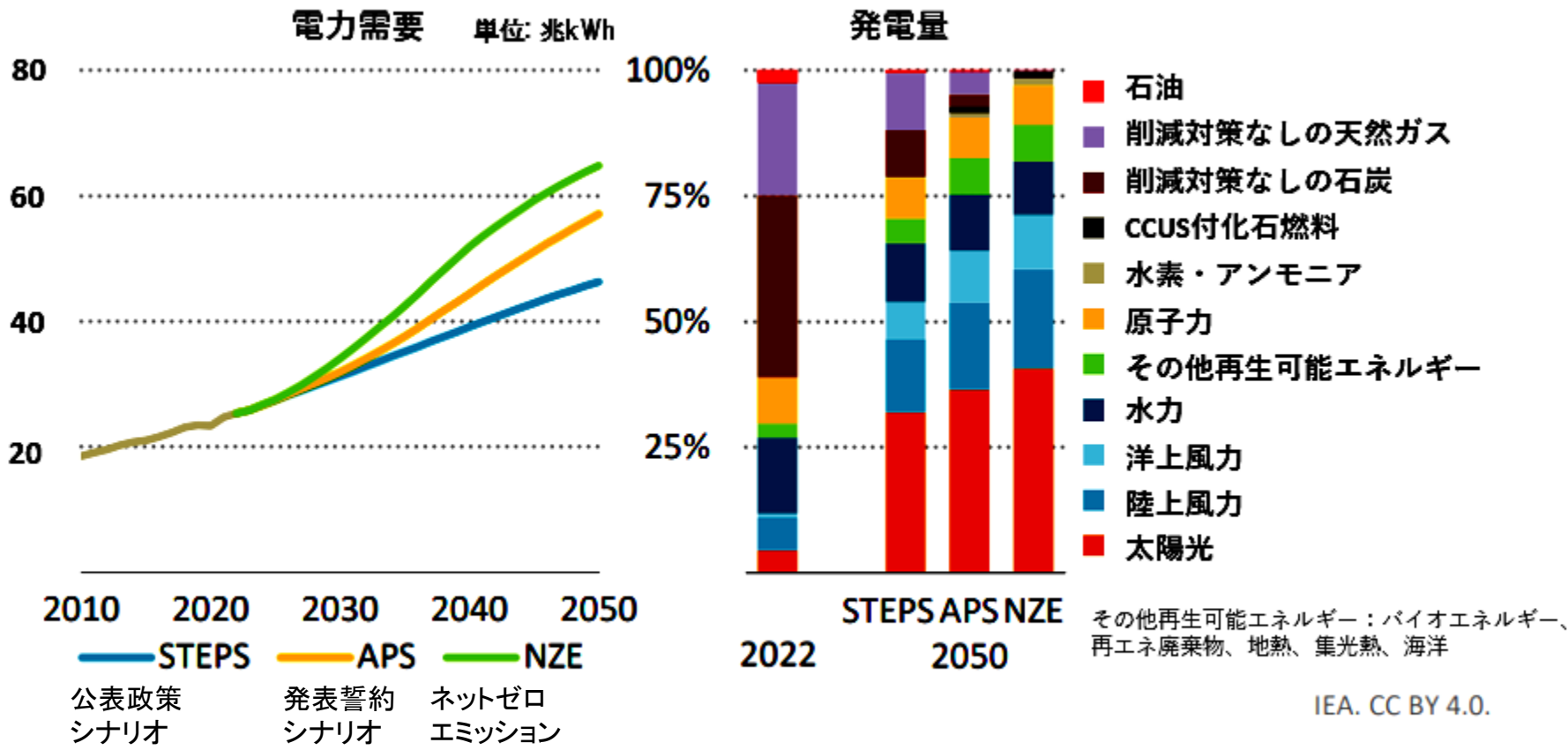
- ◆ エネルギー安全保障：50年先の戦略構築が必要
- ◆ 日本の特殊性：エネルギーネットワークのない島国・資源小国、
超高齢化社会へ突入。 安定で安価なエネ確保！
- ◆ エネルギー自給率：先進国最低13%(2022年)の大幅改善
- ◆ 地球温暖化対策：2050年CN(カーボンニュートラル)を目指し技術革新に邁進
- ◆ 再生エネルギー：バックアップ電源を確保し主力電源化
- ◆ 脱炭素火力：化石燃料依存リスクの低減と環境対応(CO₂固定化)で活用
- ◆ 原子力：確立された国産技術、社会的受容性改善、新設推進の環境構築、
再処理・高レベル廃棄物対策の推進

➡ エネルギービジョン、あなたはどのように考えますか？

増大する世界の電力需要と電源構成

2050年の電力需要は現状の2倍に増加、再エネと原子力が主役

「出典」 国際エネルギー機関(IEA) <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>



- 電力需要の伸びは、中国、インドなど途上国が先導。
- EV普及、エアコン利用、データセンターなどが要因。

千葉県印西市「世界のINZAI」 国内最大規模のデータセンター

- 世界のIT企業のデータセンターが次々と建設されている。→ 規模、展開、課題？
- 印西地区での電力供給量約120万KWが、2027年に180万KWまで拡大予定。



地中送電設備
(TEPCO PG 2024.7)

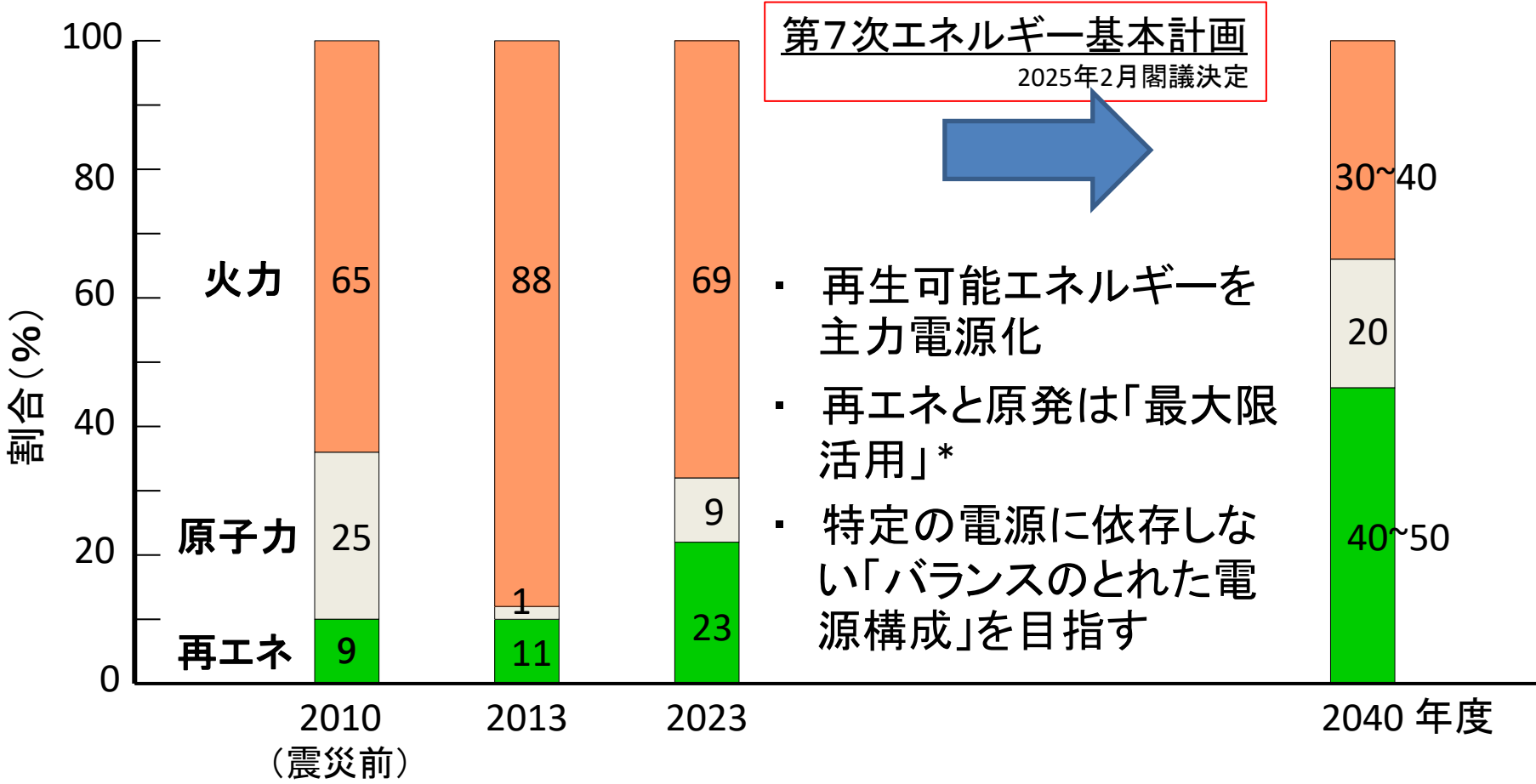


DC内部 (NTT Data)



- 「大和ハウスの印西パーク」
日本最大規模: 約27万m²、14棟、2030年完成
(日経クロステック、大和ハウス工業HP)
- Amazon, Google, NTT Dataなど、国内最大級
- 「Air Trunk TOK1データセンター」は、43万KW超と巨大
一部運用開始 (Air Trunk HP)

日本の電源構成



第7次エネルギー基本計画
2025年2月閣議決定



- 再生可能エネルギーを主力電源化
- 再エネと原発は「最大限活用」*
- 特定の電源に依存しない「バランスのとれた電源構成」を目指す

発電電力量 (兆KWh)	1.04	1.08	0.99	1.1~1.2
--------------	-------------	-------------	-------------	----------------

* 2023年から2050年で: 太陽光2~3倍、風力4~8倍、地熱3~7倍、バイオマス1.5倍に増加
 * 原子力発電の位置づけ: 「可能な限り依存度を低減」から「最大限活用に」方針転換。

日本：非化石電源の課題

～脱炭素化社会：原子力と再エネが主役も課題山積～

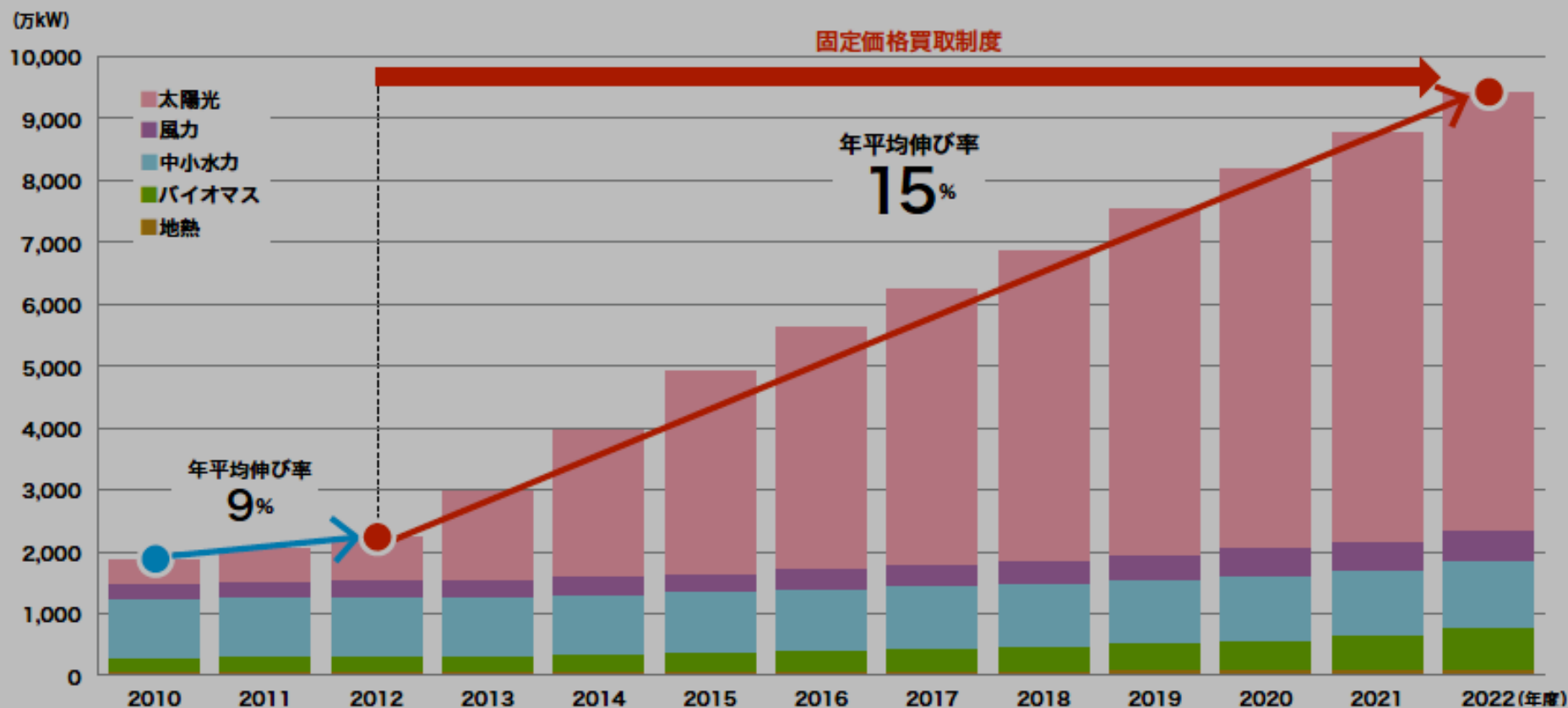
- 再エネ主力電源化（太陽光、風力：使えるだけ使う）
 - 弱点：①お天気に作用される不安定電源
 - ②バックアップ電源、大容量蓄電が必要
 - 設置基準要件が無く、自然災害に弱い
 - 主力電源化への道程は極めて不確定、国民負担の増加

- 原子力発電の持続的活用（安定供給の切り札）
 - 安定性、発電コストはベスト
 - 稼働遅れ、新增設不透明で存在感が低下
 - 高レベル放射性廃棄物の地層処分対策の遅れ
 - 社会的受容性改善と核燃料サイクル確立が課題

「各論」

再エネの設備容量の推移(大規模水力は除く)

2012年の固定価格買取制度(FIT制度、20年間)の導入以降、再エネの設備容量が急増



「出典」 資源エネルギー庁:日本のエネルギー 2023年度版 エネルギーの今を知る10の質問

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2023/01.html#section1>

再エネ：主力電源として最大限の導入拡大に向けた課題

多数の調査テーマがある

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
- ✓ 住民トラブル発生 → 事業規律強化

②国民負担の抑制

- ✓ FIT制度(20年間の固定価格買取)による国民負担増 → 更なるコスト低減

③出力変動への対応

- ✓ 再エネの出力変動時への対応
- ✓ 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

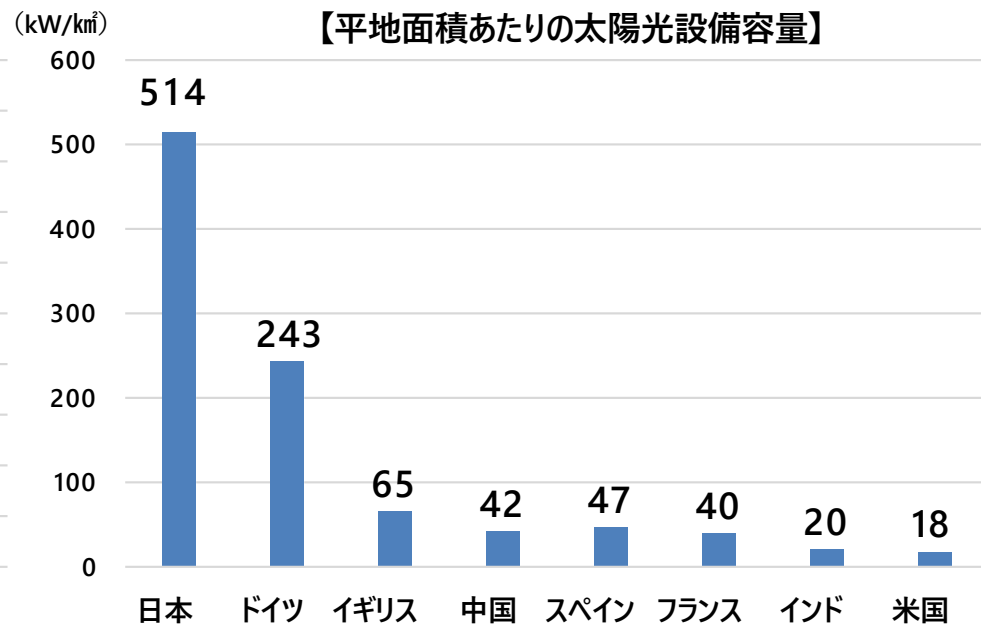
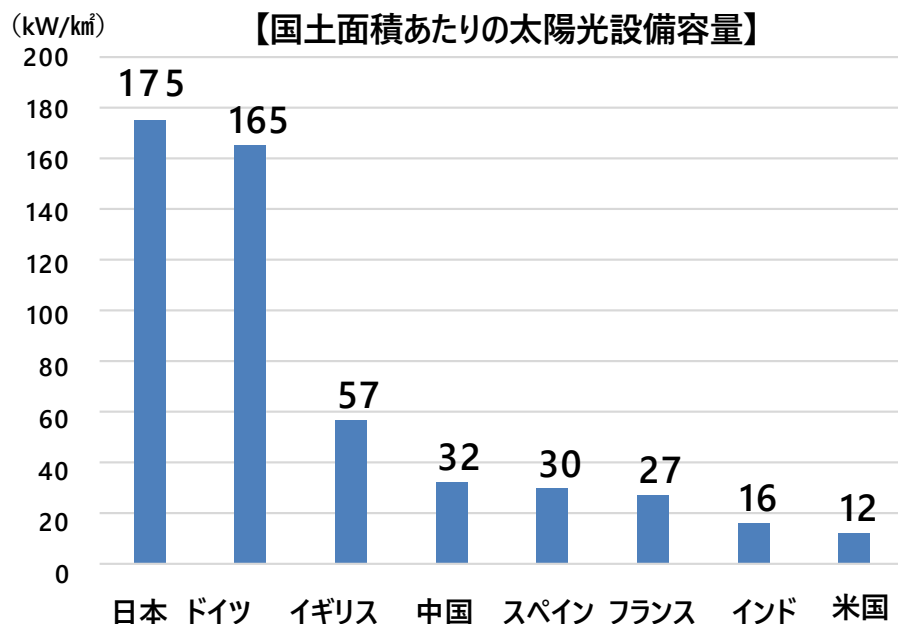
④イノベーションの加速と サプライチェーン構築

- ✓ 新たな再エネ適地
- ✓ 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、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 → パロブスカイトや浮体式洋上風力などの社会実装加速化

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。
- ✓ 発生量ピーク(2030年半ば以降)に向けた計画的廃棄対応。
→ 廃棄・リサイクルの制度整備

日本の国土面積当たり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。



	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	5,909	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%	8.5%	4.0%	4.0%	2.7%	8.0%	4.4%	3.4%

(出典) 外務省HP (<https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/index.html>), Global Forest Resources Assessment 2020

(<http://www.fao.org/3/ca9825en/CA9825EN.pdf>) IEA Renewables 2022、IEAデータベース、2021年度エネルギー需給実績(確報)、FIT認定量等より作成

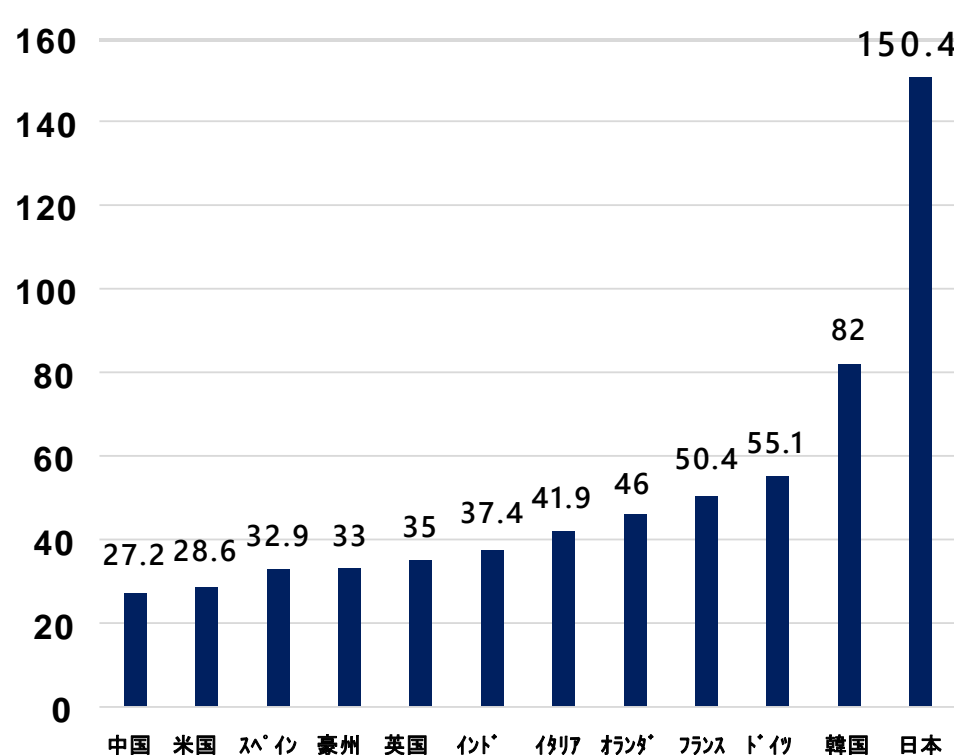
※平地面積は、国土面積から、Global Forest Resources Assessment 2020の森林面積を差し引いて計算したものの。

各国の再エネコストの比較

日本の再エネは相対的に高く、導入拡大に向けてコスト低減が必要。

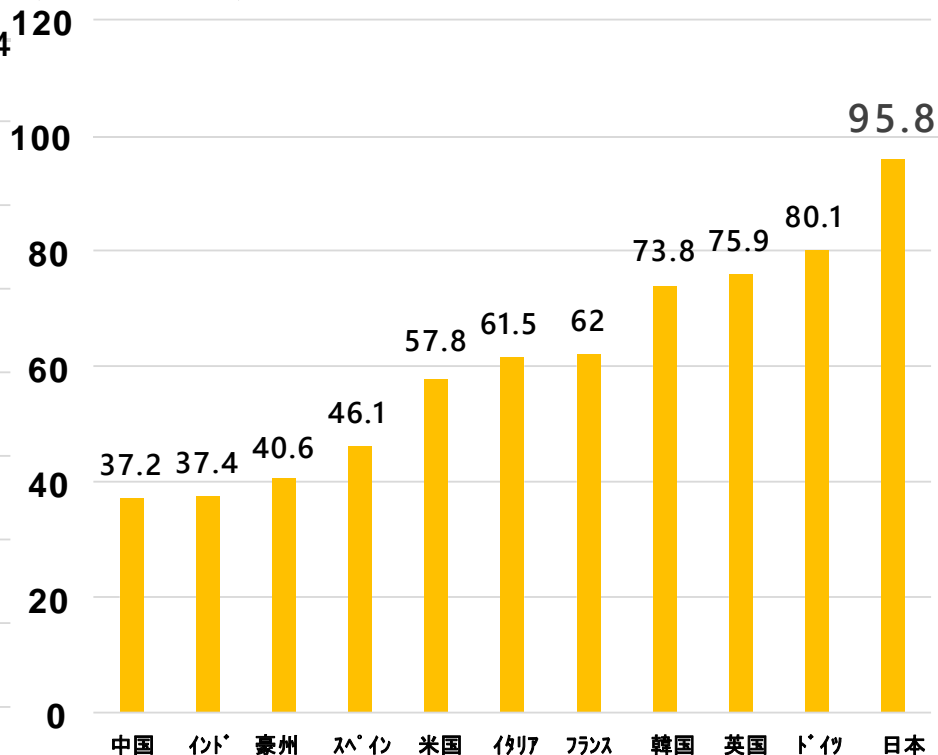
風力

(単位：\$/MWh)



太陽光

(単位：\$/MWh)



「固定価格買取制度」

- ✓ 再エネで発電した電気を、電力会社が固定価格で一定期間(20年間)買い取る制度。
- ✓ 再エネの買取費用は国が入札などで決め、電力会社が利用者から賦課金という形で回収。

グラフの年度総額(兆円)は、再エネ買取総額。

その内、(国民負担の増加となった)賦課金の累計は25兆円



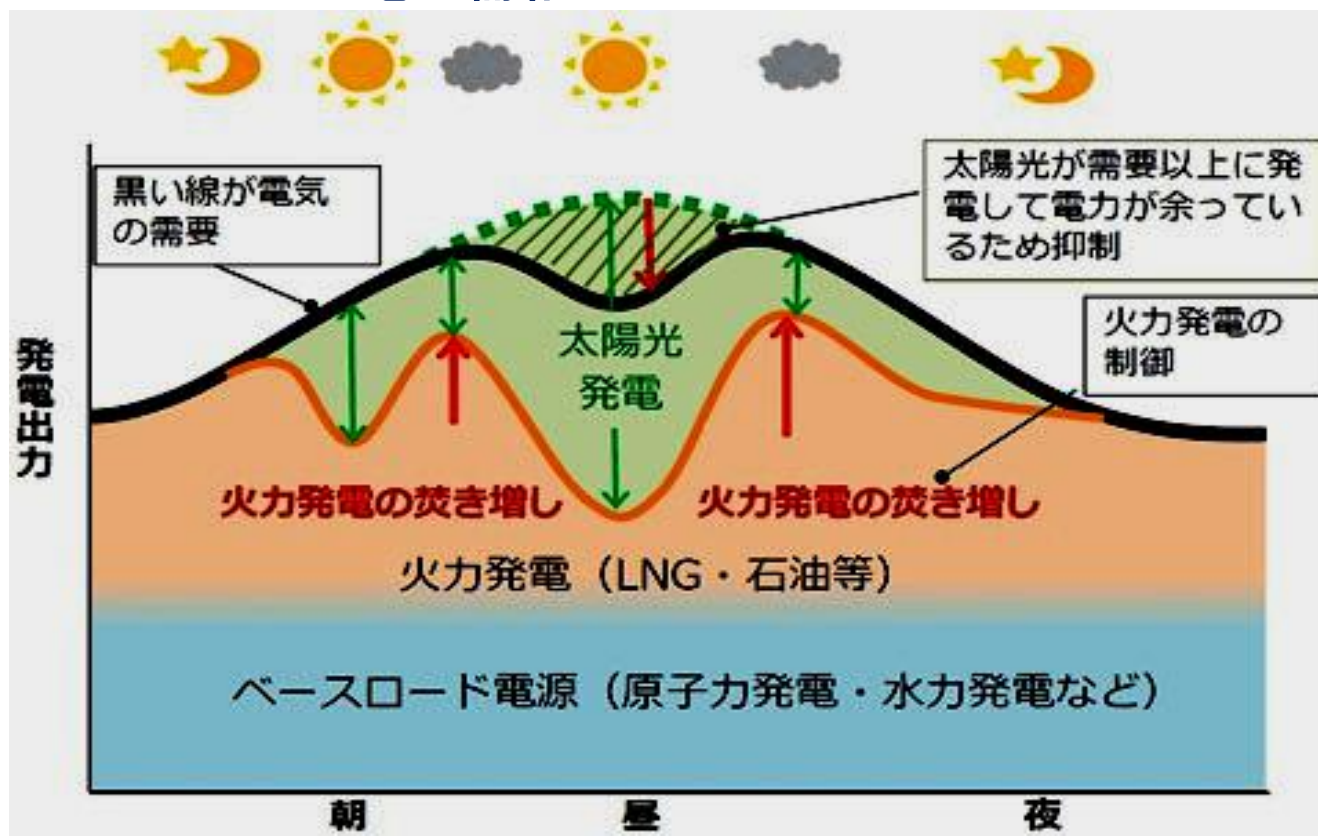
2023年度 なぜ安くなったのか？

- 「再エネ電気の買取費用等から、同量の電気を再エネ以外で調達した場合の費用を減じて計算」
- 2025年度の水準は、3.98円/kWh。平均的な使用量の家庭で賦課金負担は1592円/月。年額約1.9万円
- 2012年度FIT制度開始直後における高い価格の事業用太陽光が、買取総額全体の約6割を占め、2032年頃までは増加傾向が想定される。 2032年以降順次終了。

再エネ出力変動への対応：電力ネットワークの次世代化等

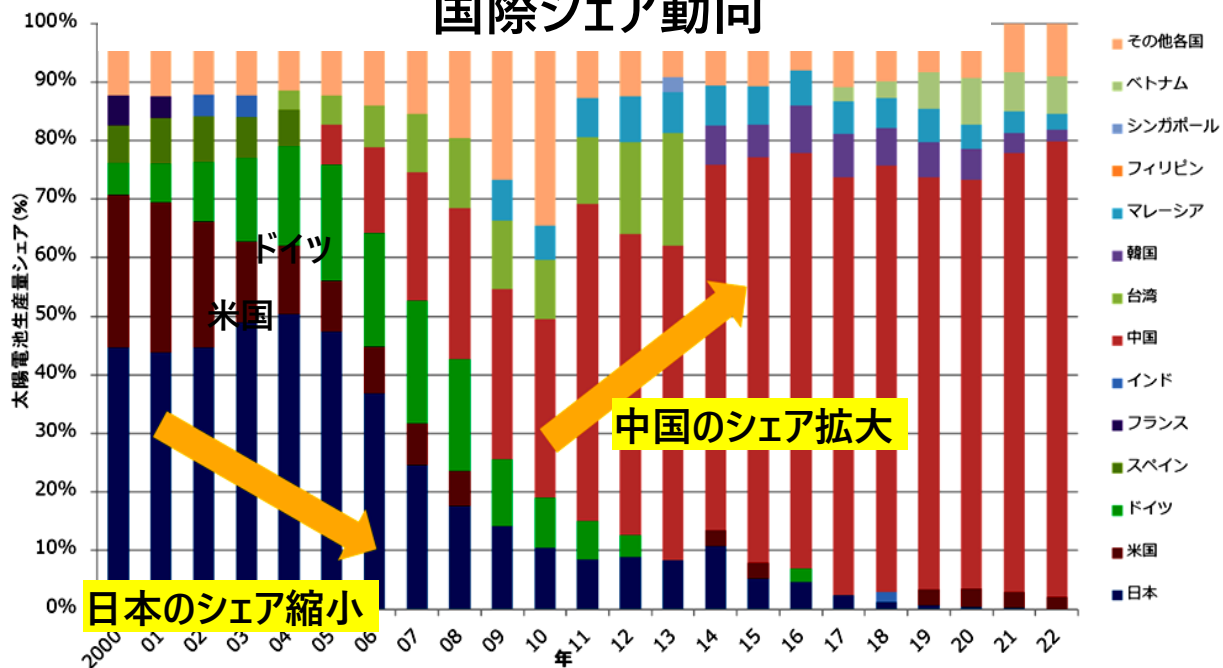
- 電力系統において、常に電気を使う量と発電する量（需要と供給）のバランス維持が必要。このバランスが崩れると、周波数に乱れが生じ、最悪の場合は大規模停電につながる。
- そのため、連系線整備、揚水、蓄電池などの調整力の活用等を図りつつ、供給が需要を上回る場合、再エネ電源の「出力制御」を行うなど、出力変動へ対応

<電力需給のイメージ>



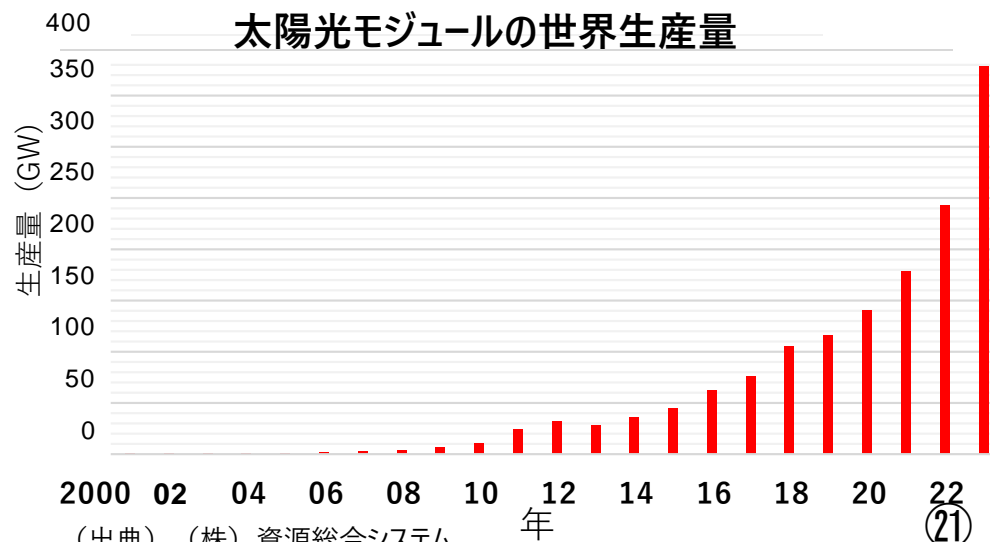
太陽光パネル生産の世界動向

国際シェア動向



- ✓ 再エネ産業は、中国が圧倒。
- ✓ 日・米・独のシェア激減。日本は、直近1%未満。
- ✓ 世界の再エネ容量増の半数は、中国での設備設置。

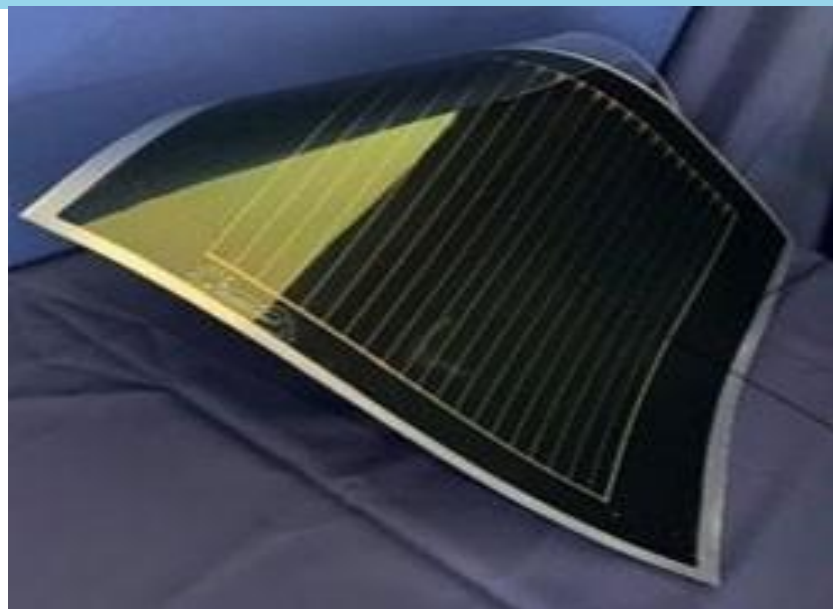
太陽光モジュールの世界生産量



(再エネを増やすほど、中国依存が強くなる)

日本のイノベーション技術：ペロブスカイト太陽電池

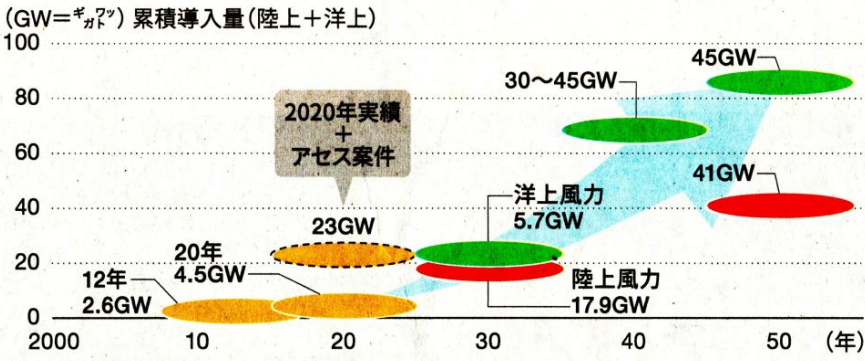
- 現在主流となるシリコン型太陽光電池は、原材料を含め中国に大きく依存。
- 軽量・柔軟の特徴を持つ次世代型太陽電池「ペロブスカイト」は、我が国が技術的にも強みを持ち、主要の原材料のヨウ素について日本は世界第2位の産出量。
- 課題は多い。今後の導入に向け、耐久性向上、量産技術の確立、産業競争力の観点から国内製造サプライチェーンの確立、需要創出に繋がる事業環境整備が必要 → 先導する国内メーカーは？



「洋上風力事業」 脱炭素時代の切り札になれるか？

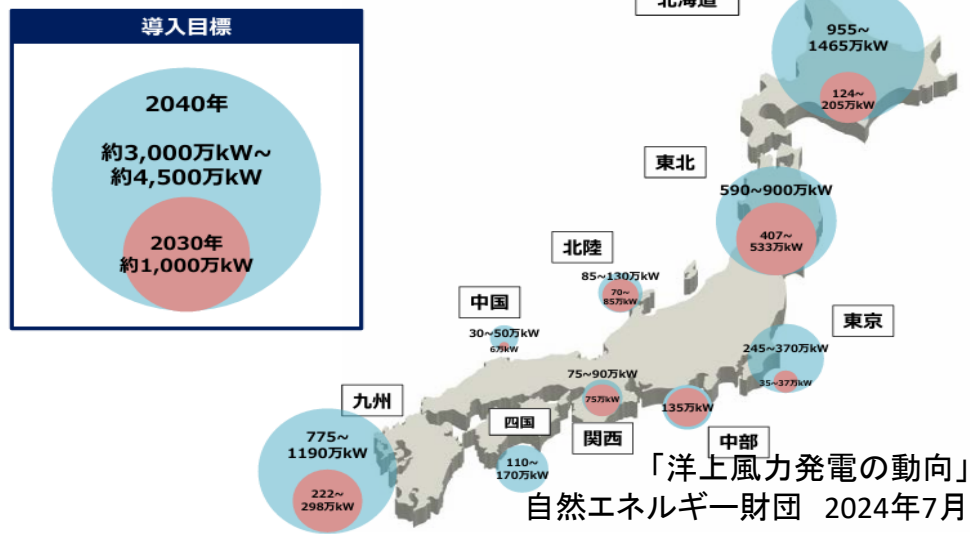
建設コスト上昇で強い逆風 読売新聞2025.2.7、日経2023.12.13 2025.2.11

日本の風力発電の導入実績と目標の規模感

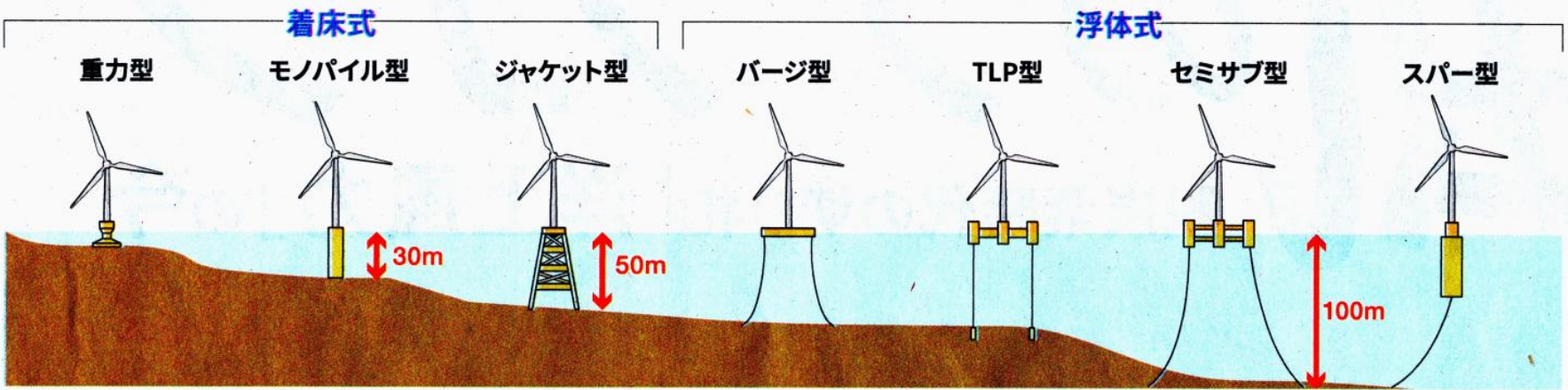


風力発電の累計導入量584万kW(2720基、24年末)、電源全体の1%。今後15年で4~8%へ

【参考】エリア別の導入イメージ



主な洋上風力発電設備の形式とその特徴

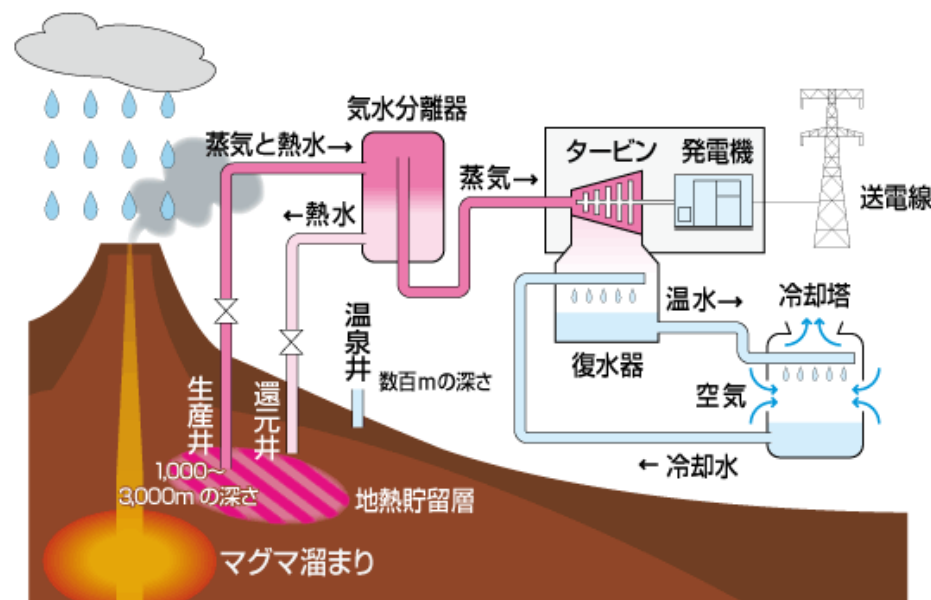


出所:国土交通省「国土交通白書2022」

参考:2025年、日本の洋上風力発電~今どうなってる?これからどうなる?
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/yojohuryokuhatuden2025.html>

地熱発電への期待

- 日本の地熱資源量は世界3位。
- エネルギー基本計画の目標
23年度0.3% → 40年度1～2%



- 課題は？
 - 適した場所が国立公園内に集まる。
 - 開発が難しい、熱水や蒸気不足
 - 温泉事業者の懸念(湯量や泉質への影響)

- 次世代技術への期待
「クローズドループ」 高温の地層に人工的に水を流し込み、発生した蒸気で発電
「超臨界地熱」 従来の地熱の3倍以上の深さの地層から蒸気を取り出す

「地熱を知る・学ぶ（地熱資源情報）」

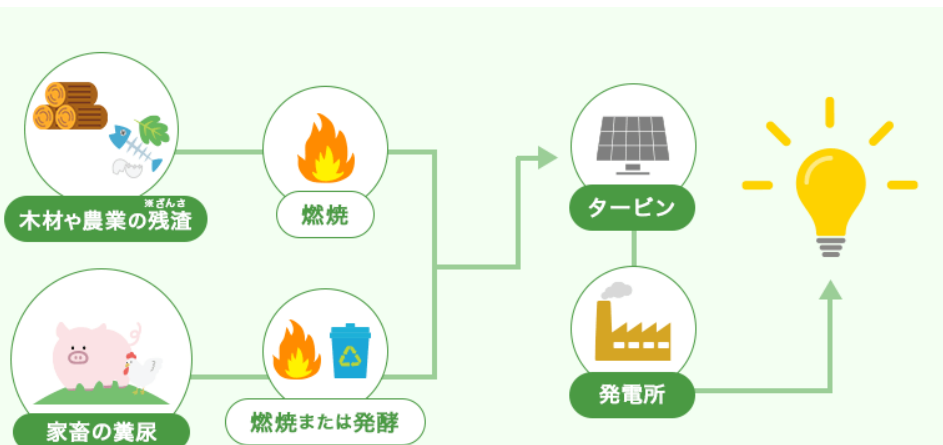
エネルギー・金属鉱物資源機構

<https://geothermal.jogmec.go.jp/information/geothermal>

バイオマス発電は、拡大できるのか？

2025年 日経2.3 2.17 朝日新聞2.14 中国新聞2.17

生物資源を活用して電気をつくる



Carbonix HP

※…濾過(ろか)をした後に残ったかすのこと

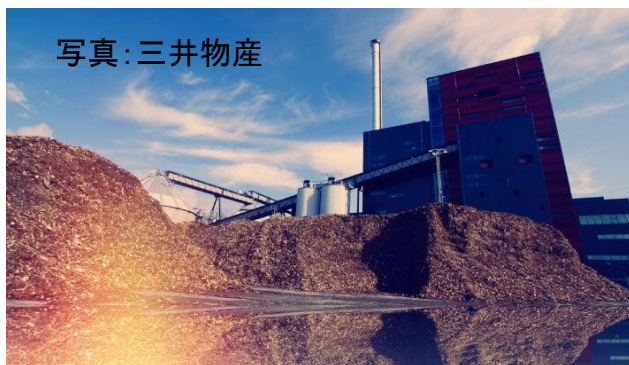


写真: 三井物産

- ・ 経済産業省は再生可能エネルギー支援の範囲を初めて縮小。2026年度から輸入木材などを使うバイオマス発電を対象から外す。

輸入価格の高騰で新規参入が途絶え、将来的な発電コストも太陽光の4倍近くに高止まりしているのが原因。

鈴川エネルギーセンター(静岡県富士市)の国内有数の規模の木質バイオマス発電所(出力8万5400KW)が昨年12月3日、運用停止。負債総額は約535億円(昨年3月期末)。燃料輸入元の米エンビバ社の破綻と燃料調達コストの上昇が影響。

- ・ 奈良県生駒市では、都市部から収集する木質廃棄物を主な燃料とした2カ所目の発電所(8万MWh/年)を4月に稼働。一般家庭の約2万世帯分で、国の固定価格買い取り制度(FIT)を使わずに販売。

原発再稼働 事故後14年で14基

電事連HP 2025年3月



未申請
 審査中
 許可
 稼働
 廃止

PWR
 BWR
 GCR

世界の潮流は、原子力発電を推進

2025年4月現在

参考：IAEA Power Reactor Information System (PRIS)2023 WWW.IAEA.org/pris

原発利用：32ヶ国、416基 建設中：16ヶ国、59基

・ 米国 [94/0]	・ チェコ [6/0]	・ 台湾 [2/0]
・ フランス [56/1]	・ パキスタン [6/0]	・ 南アフリカ [2/0]
・ 中国 [55/24]	・ スエーデン [6/0]	・ ブルガリア [2/0]
・ ロシア [37/3]	・ フィンランド [5/0]	・ メキシコ [2/0]
・ 韓国 [26/2]	・ ベルギー [5/0]	・ ルーマニア [2/0]
・ インド [19/8]	・ スロバキア [5/1]	・ ベラルーシ [2/0]
・ カナダ [19/0]	・ ハンガリー [4/0]	・ イラン [1/1]
・ ウクライナ [15/2]	・ スイス [4/0]	・ オランダ [1/0]
・ 日本 [14+/3]	・ UAE [3/1]	・ アルメニア [1/0]
・ 英国 [9/2]	・ アルゼンチン [3/1]	・ スロベニア [1/0]
・ スペイン [7/0]	・ ブラジル [2/1]	

原発廃止・利用せず

ドイツ、イタリア、オーストリア
ベトナム、マレーシアなど

新規参入

- ・ エジプト [0/3]
- ・ トルコ [0/4]
- ・ ハンガリー [0/2]

- 中国、ロシアが積極的に国内建設、外国輸出。
- 米国は、運転期間を60年から80年に延長、SMR小型炉開発。
- フランスは、20年ぶりに160万KW(EPR2)6+8基建設表明。英国、東欧にも進出

従来の基準と新基準との比較

➤ 従来と比較すると、シビアアクシデントを防止するための基準を強化するとともに、万一シビアアクシデントやテロが発生した場合に対処するための基準を新設

＜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

＜新規制基準＞

意図的な航空機衝突への対応
放射性物質の拡散抑制対策
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)
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
電源の信頼性
その他の設備の性能
耐震・耐津波性能

(テロ対策) 新設
(シビアアクシデント対策) 新設
強化又は新設
強化

革新炉の種類 (開発コンセプト) 参考: エネ庁2024

革新軽水炉



◆ 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
- 更なる安全性向上、過酷事故対策の付与

< 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)



□ BWRX-300 (日立GE)

- 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 >

- ・小規模なため規模の経済性小 ・安全規制等の整備

高速炉

冷却材にナトリウムを使用



◆ 実験炉: 常陽 (JAEA)

- 資源の有効利用、自然冷却・閉じ込め
- 廃棄物の減容・有害度低減

< 課題 >

- ・ナトリウムの安定制御 ・免震技術・燃料製造

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)

- 高温ヘリウム冷却材(水素爆発なし)
- 950°Cの熱利用が可能(水素製造等)
- 高温耐性で炉心溶融なし

< 課題 >

- ・エネルギー密度・経済性の向上
- ・被覆燃料の再処理

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

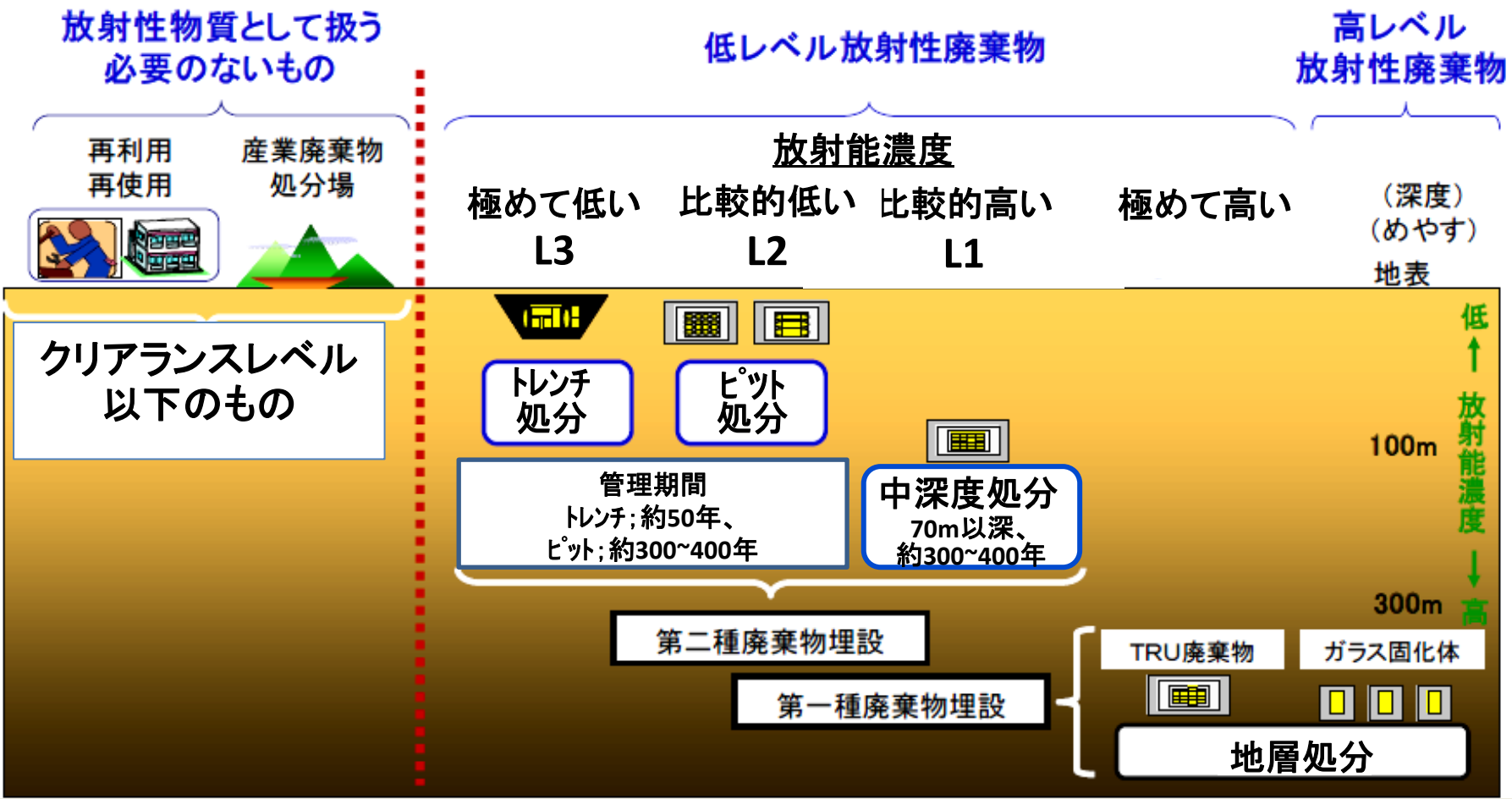
- 連鎖反応が起こらず、万一の場合は反応がストップ
- 廃棄物が少ない

< 課題 >

- ・プラズマ維持、主要機器開発・設計
- ・エネルギー密度・経済性の向上

日本の原子力施設からの廃棄物処分基準

炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について | 原子力規制委員会



軽水炉全51基の廃炉により発生する放射性廃棄物量

第36回 METI 原子力小委員会 2023.7

- 放射線物質でない廃棄物 約2,180万トン(約98%) クリアランス物(CL)約103万トンを含む
- 低レベル放射性廃棄物 約45万トン (約2%)
 - L3(トレンチ処分)約37万トン、L2(ピット処分)約7.4万トン、L1(中深度処分)約0.8万トン

どのようにして学ぶのか？

1. 「何を知りたいのか？」を 自問自答

2. 調べる方法

→ 基礎基盤から応用まで、インターネットで検索。

いくらでも深堀できる。海外(英語圏)の情報も有用。

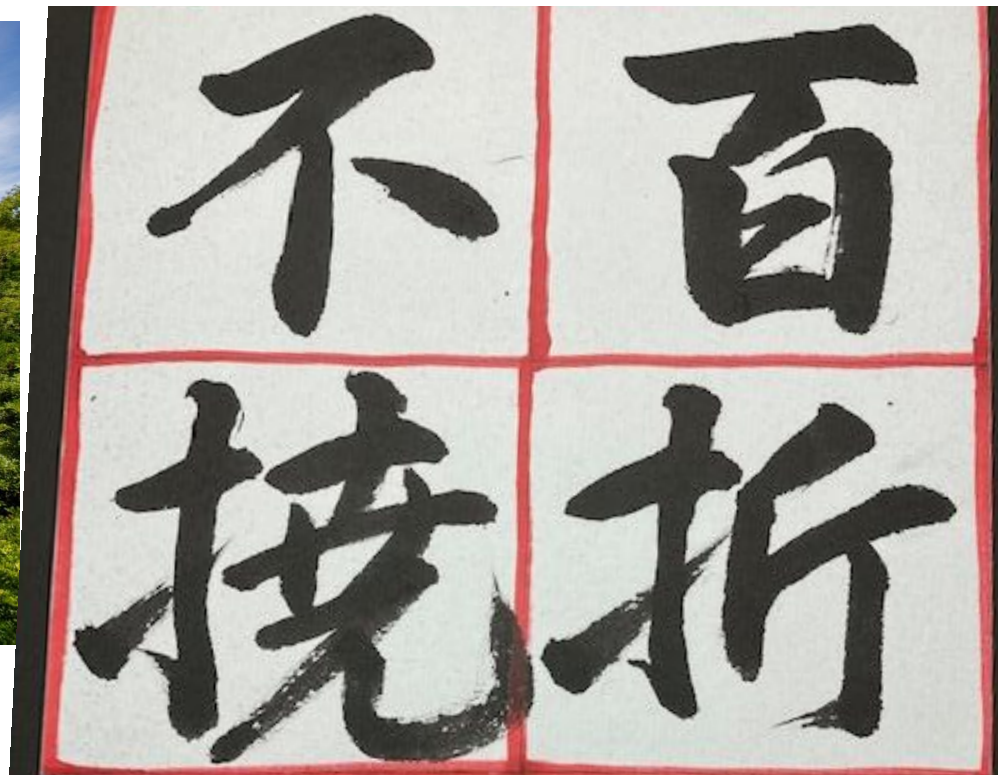
→ それでも解決できない時は、専門家(先生、関係者)に聞く。

→ 課題を探し当て、自ら探求する。

3. 留意すべきこと

- プロセス、手段に間違いはないか？
- 科学技術的客観性を見極める。
- 多様な見解があり、結論に至っていない課題もある、迷路に入らない。
- 罠(ワナ)に捕らわれないこと。

岐阜高専の皆様 今後の活躍に、期待しています！



何度失敗して挫折感を味わっても、くじけずに立ち上がること。
どんな困難にも臆くせず、初めの意志を貫くこと。

(岐阜高校校歌)