

# 環境ベテランズファーム セミナー (2024年9月)

講演テーマ:

脱炭素へのエネルギー転換  
-エネルギー基本計画の論点にもふれて-

講師: 公益財団法人 自然エネルギー財団常務理事  
大野 輝之 様

講師略歴:

- 1979年 東京大学経済学部卒。東京都入庁。都市計画局、政策報道室
- 1998年より環境行政に関わる。「ディーゼル車NO作戦」の企画立案、「温室効果ガスの総量削減と排出量取引制度」の導入など、国に先駆ける東京都の環境政策を牽引。省エネルギーの推進と自然エネルギーの導入を図る数々の施策を産業界の合意を形成して実現、都のエネルギー政策の根幹を作る
- 2010年から3年間、環境局長を務める。公益財団法人世界自然保護基金ジャパン理事
- 2013年より現職
- 2014年、カリフォルニア州からハーゲンシュミット・グリーンエア賞を受賞
- 著書に、「自治体のエネルギー戦略」、「都市開発を考える」(ともに岩波新書)、「現代アメリカ都市計画(学芸出版社)など



自然エネルギー財団

RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

インフォパック

# エネルギー基本計画の論点



2024年9月

# 今回のエネルギー基本計画改定に求められるものは

COP28決定、G7コミュニケを受け、  
脱炭素へのエネルギー転換を実現する  
日本の道を明らかにする



出典：UNFCCCウェブサイト



出典：在イタリア米国大使館ウェブサイト

脱炭素とともに、エネルギー安全保障と安定供給、  
低コストを実現する  
エネルギーミックスを明らかにする

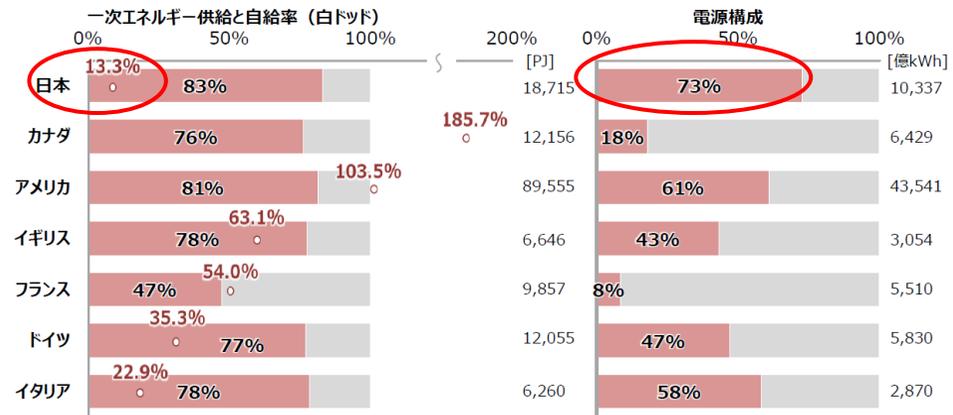
エネルギー・産業立地

## 【参考】化石燃料依存のエネルギー供給

2024.5.13 第11回  
GX実行会議 資料1

- 一次エネルギー供給で見た場合、日本は8割以上を化石エネルギーに依存。G7諸国の中では最多であり、水準としては遜色ないレベルにあるが、自給率で見た場合は最低水準。
- 電源構成で見た場合、7割以上を化石エネルギーに依存しており、この水準はG7各国と比較しても高いレベルにあり、脱炭素電源の拡大はG7各国との産業立地競争力の観点からも不可欠。

一次エネルギー供給・電源構成に占める化石エネルギー比率（2021年\*）



（出所）IEA「World Energy Balances」、総合エネルギー統計をもとに作成。日本は2021年度、その他は2021年の数字。

10

エネルギー・産業立地

## 【参考】貿易収支の変遷

2024.5.13 第11回  
GX実行会議 資料1

- 自国産エネルギーが乏しく輸入に頼る我が国は、高付加価値品で稼ぐ外貨を化石燃料輸入で消費。2023年には、自動車、半導体製造装置などで稼いだ分（輸送用機器約20兆円＋一般機械約9兆円）の大半を、鉱物性燃料（原油、ガスなど）の輸入（約26兆円）に充てる計算。
- 更に、世界的な脱炭素の潮流により、化石燃料の上流投資は減少傾向。海外に鉱物性燃料の大半を頼る経済構造は、需給タイト化による突如の価格上昇リスクや、特定国に供給を依存するリスクを内包。

出典：資源エネルギー庁「エネルギーを巡る状況について」2024年5月に赤梓など加筆

2030年までに

- ・世界の自然エネルギー設備容量を3倍にする。
- ・エネルギー効率の改善率を2倍にする。

遅くともCOP30の  
9～12カ月前までに

各国は次期NDCを提出する。  
→2025年2月までの提出が必要

2030年代前半

または、気温上昇を1.5度に抑えることを射程に  
入れ続けることと整合的なタイムラインで

排出削減対策が講じられていない既存の石炭  
火力発電をフェーズアウトする。

2035年までに

電力部門の全てまたは大部分を脱炭素化する。





1	日本の排出削減はオントラックか	3
2	AIの普及は電力需要の増加を招くのか	4
3	原子力発電は脱炭素を担えるのか	6
4	火力発電の脱炭素化は現実的か	9
5	太陽光発電、風力発電を日本で大幅に増やすことができるのか	12
6	脱炭素とともに エネルギー安全保障と電力安定供給・低コストを実現するエネルギーミックスは	20

# 日本の排出削減はオントラックか

政府は、日本の排出削減は2050年ネットゼロにむけた順調な減少傾向、オントラックであり、一方、他の欧米諸国のCO2削減は、「かなりの乖離、ディレールしている」と説明している。

しかし、この説明は恣意的。「オントラック」には三つのからくり。

- ① 日本の排出トレンドは2013年からの短期トレンド (A) だが、欧州各国は1990年からの長期トレンドで評価。

2013年からの比較では英国(25%)、ドイツ(19%)の削減率が日本(17%)を上回る(2021年)。

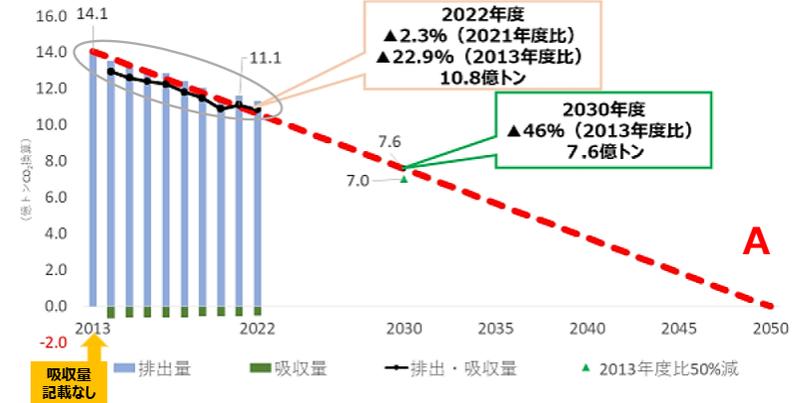
→ 欧州のように1990年からのトレンドで見れば、2050年には10億トン程度の排出量が残る (B)。

- ② 2013年だけは森林吸収量を引かない排出量 (グロス排出量) を使い、その後の削減実績の計算には森林吸収量を引いた排出量 (ネット排出量) を使うという特異な計算。

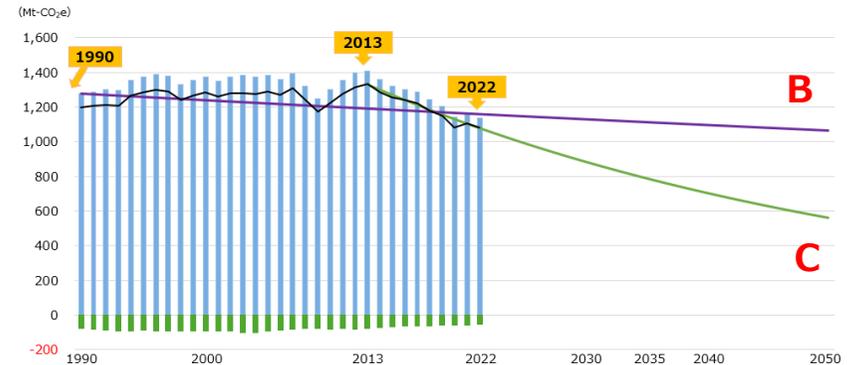
→ 2013年もネット排出量を使えば短期トレンドでも2050年の排出量はゼロにならず約5億6千万トンが残る (C) 。

- ③ 更に基準年の2013年は、福島原発事故後、原発稼働ゼロ、FITによる自然エネルギー拡大もまだごく初期の段階で、電力の排出係数が事故前より跳ね上がった年という要因も。

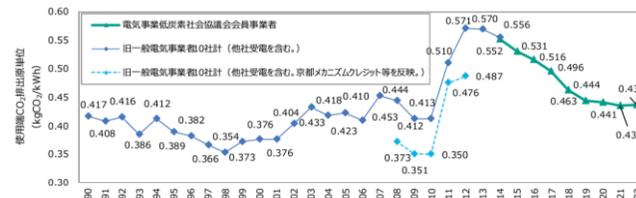
データをリアルに見れば日本の排出削減は、全くオントラックではない。対策強化が急務。



出典) 資源エネルギー庁「エネルギーを巡る状況について」(2024年5月15日) 基本政策分科会 (第55回)  
資料1 17pの図に楕円と黄色矢印・テキストボックスを自然エネルギー財団加筆



出典) 国立環境研究所「日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2024年」(和文 2024年5月31日修正版)  
「図1 我が国の温室効果ガス排出量及び吸収量の推移」を基に自然エネルギー財団計算・グラフ作成



## 電力の排出係数の推移

原発事故後急上昇。稼働ゼロの2013年度に最高に。その後再稼働・太陽光拡大で低下し、その後横ばい。

出典) 環境省「2022年度の温室効果ガス排出・吸収量 (詳細)」(2024年04月12日)



# AIの普及は電力需要の増加を招くのか



① IEAのレポート“Electricity 2024”では、DC・AI等による2026年までの電力需要見通しを「高・低・ベース」ケースの3パターンで示している(①)。

2026年の数値は620~1,050TWhと幅があり、仮に高位の1,050TWhに達しても、同年の世界の電力需要(30,601TWh)の3.4%にとどまる。

② 電力中央研究所の分析では、2050年度の国内電力需要は「低・中・高」シナリオで919~1,244TWh(②)と大きな幅がある。DCの影響(基地局等のネットワーク含む)も21~198TWhと違いが大きい。

現状と変わらない低シナリオは「技術開発によるデータ処理効率化」、「省エネ」、「床面積の伸び鈍化」を反映している。

③ 第6次エネ基の議論(2021年)でも、各研究機関による2050年の電力需要見通しは、標準シナリオで1,300~1,600TWhのレンジであった(下表③)。

電中研の高位シナリオでも、第6次エネ基検討時の予測の範囲。

高位での増加予測でも、前回の第6次基本計画検討時の需要予測の範囲。

更に、技術開発などにより効率化で増加を抑えることも可能。

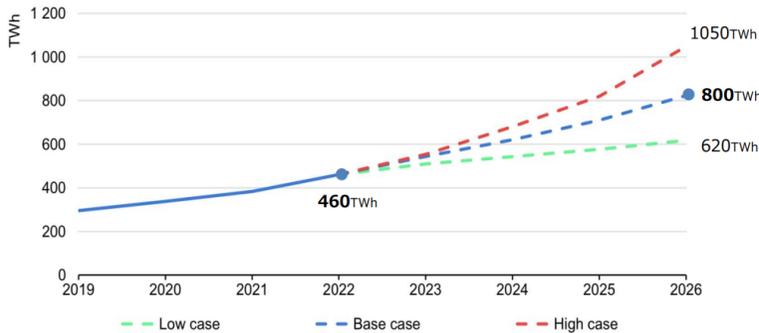
何故、いま、前からわかってきた需要増を新しい問題のように提起するのか

①

## IEAによる世界のデータセンター、AI等の電力需要の見通し

- IEAによれば、世界のデータセンター、AI等による電力需要は、2022年460TWhから2026年ベースケースで800TWhまで増加する見通し(2024年1月時点)。

世界の電力需要(データセンター、AI等)(2019-2026)

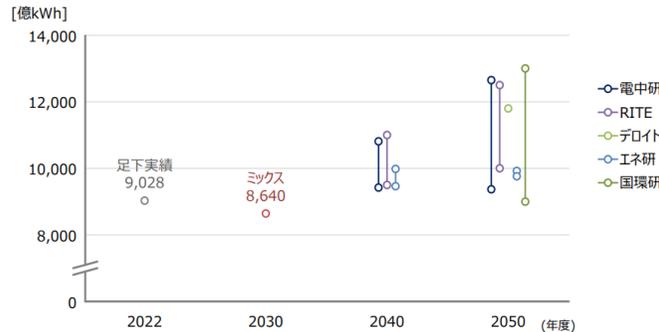


(出所) IEA "Electricity 2024" (2024年1月24日公表)

②

## 研究機関等による国内電力需要見通し

- これまでの研究機関等による分析では、日本の電力需要の見通しには大きな幅が存在。
- 現時点では、各社の試算の前提は様々であるが、データセンター・半導体工場等による需要増の可能性が明示的に考慮されているものは、下記のうち電中研、RITE、デロイト。



(出所) 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計 2022年度確報」(2024年4月12日)、電力広域的運営推進機関 第3回 第4回料金の電力需給シナリオに関する検討会資料(2024年1月24日、3月5日)、日本エネルギー経済研究所「IEE」アトルック2024」、国立環境研究所「2050年脱炭素社会実現に向けた排出経路 追加分析」中央環境審議会地球環境部会地球温暖化対策計画フォローアップ専門委員会 第7回 資料4をもとに作成。

③

## 第6次エネ基検討時点(2021年)の2050年電力需要見通し(標準シナリオ)

研究機関・企業名	電力需要(TWh)
自然エネルギー財団	1,470
RITE	1,400 弱
国立環境研究所	1,400-1,600
デロイトトーマツ	1,450
日本エネルギー経済研究所	1,300

注)自然エネルギー財団は「総電力需要」、他の機関・企業は「発電量」を示している。

出典)

① 資源エネルギー庁「エネルギーを巡る状況について」(2024年5月15日)基本政策分科会(第55回)資料1、IEA "Electricity 2024" (2024年1月)、② 資源エネルギー庁「電力需要について」(2024年6月6日)基本政策分科会(第56回)資料1、電力中央研究所「2050年度までの全国の長期電力需要想定—基礎的需要・追加的需要(省エネ・電化)の暫定試算結果—」(2024年1月24日)、同「2050年度までの全国の長期電力需要想定—追加的要素(産業構造変化)の暫定試算結果—」(2024年3月5日)、③ 資源エネルギー庁「2050年シナリオ分析の結果比較」(2021年7月13日)基本政策分科会(第45回会合)資料1を基に自然エネルギー財団作成



# IT業界からも増加を否定する見解



AI・DCによる大幅需要増を「杞憂」とする見方、さらには技術進展等による「大幅減」も予想されている。



2024.07.02 10:30

ビル・ゲイツ、AIが引き起こす電力危機を否定「心配しすぎ」と



出典) Forbes Japan 「ビル・ゲイツ、AIが引き起こす電力危機を否定『心配しすぎ』」(2024年7月2日)

出典) 日経クロステック 「記者の眼 AIデータセンター急増で電力需要は“激減”か」(2024年8月21日)

では、私たちは、AIとデータセンターの利用が増えることで電力網が圧迫され悲鳴を上げるリスクを心配すべきなのだろうか。米マイクロソフトの共同創業者として知られる慈善家でテック投資家のビル・ゲイツによると、そうでもないようだ。

記者の眼 + 連載をフォロー

## AIデータセンター急増で電力需要は“激減”か

野澤 哲生 日経クロステック/日経エレクトロニクス

2024.08.21



全12529文字

### 中長期的には消費電力量は激減か

AIデータセンターで消費電力量が大幅に増加するとのレポートに対する強い違和感の原因はこれだけではない。まだ大きく2つ残っている。具体的には、(1) AI半導体やデータセンターの今後の技術革新による電力効率向上を考慮したレポートが少ない、(2) AIの導入による大幅な生産性の向上や省エネルギー効果を考慮したレポートがほとんどない—の2つである。

結論から言えば、これらを考慮すると、今後必要な電力量は中長期的には、既存の各種レポートで報告された「低」のシナリオ、つまり消費電力量は2050年でも現時点と大きく変わらないケースを大幅に下回ると考えている。これが、本稿の主題でもある。



# これまでのITの経験でも・・・



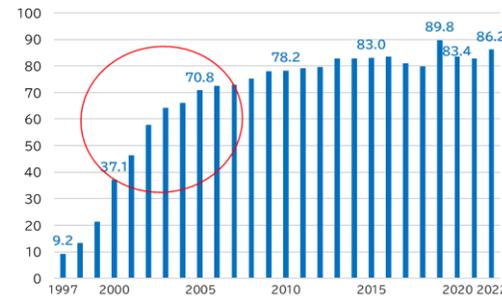
過去20年以上にわたり、インターネットもまた、人間社会に変革をもたらした。AI同様、半導体・DCを要する情報技術だが、その利用率が上昇しても、国内電力需要はむしろ減少している。

インターネットの普及が国内電力需要に大きな影響を及ぼさなかった要因

- ① 半導体の性能など技術の進化
- ② インターネットによる効率化（業務時間短縮 → 空調・照明・機器制御に必要な電力消費節約）

インターネット利用率の大幅な拡大期(2000-2005年)にも、電力需要の増加は5%であり限定的

国内のインターネット利用率(個人)



国内の電力消費量



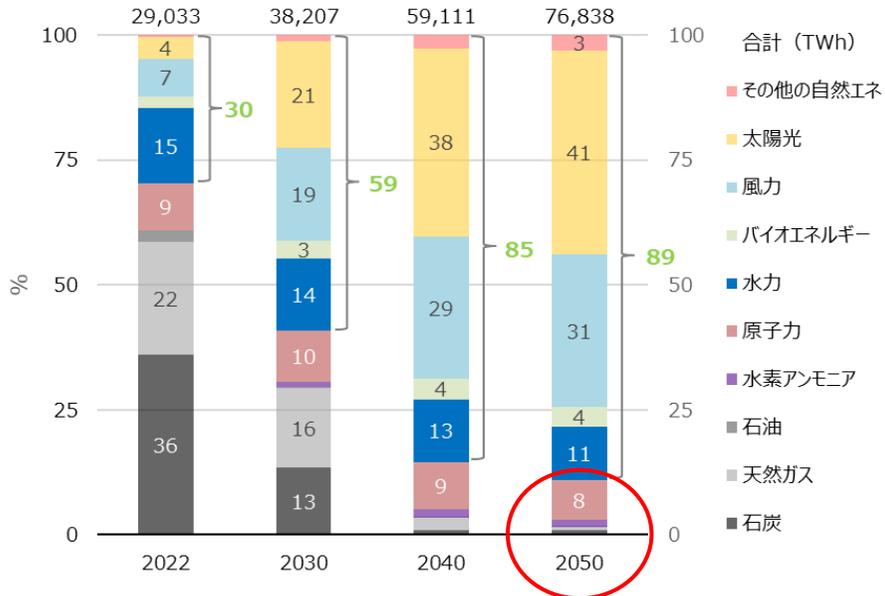
出典) 自然エネルギー-財団 石田雅也 「AIの普及は電力需給に影響を及ぼさない、自然エネルギー-100%を実現できる期待も」(2024年7月12日)

# 原子力発電は脱炭素を担えるのか



3倍化しても原子力発電が供給できるのは、世界の電力需要の1割程度

国際エネルギー機関（IEA）のネットゼロシナリオでは、2050年の世界の**原子力発電設備容量は916GW**で、現在の2倍以上になるが、**発電量は6,015 TWh**、割合では**7.8%**にとどまる。**自然エネルギーが89%**。  
原子力3倍化が実現できると、**1,239GW**になるがそれでも**2050年の総発電量の10.6%**にすぎない。



出典) IEA "Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach 2023 Update" (2023年9月) のデータに基づき自然エネルギー財団作成

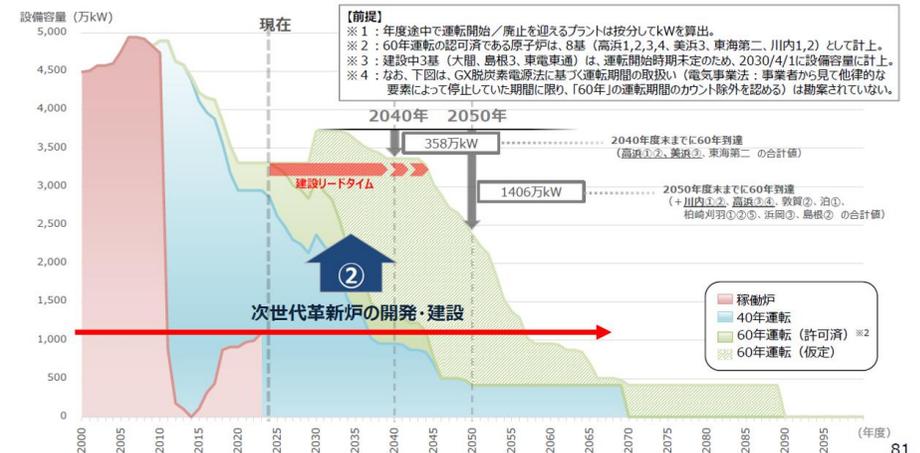
日本では、原子力発電は2050年代の電力需要の4~6%しか供給できない

- ① 現在、審査中の原子炉が全て再稼働
- ② まだ再稼働申請をしていない原子炉も全て再稼働
- ③ しかも、それらが全て60年運転許可を得る

という、楽観的な見通しをしても、2055年ごろには、原発の設備容量は、現在の稼働レベルと同じ**1,000万kW**程度になる（赤矢印）。

電力需要が現在のままだでも6%程度、40%増になったら、4%程度しか供給できない。

**10%供給には、100万kWの原発10基の新設が必要**



出典) 資源エネルギー庁「脱炭素電源について」(2024年7月8日) 基本政策分科会 (第58回) 資料1 P.81より抜粋。赤い矢印は自然エネルギー財団が加筆



# 原子力発電は脱炭素を担えるのか

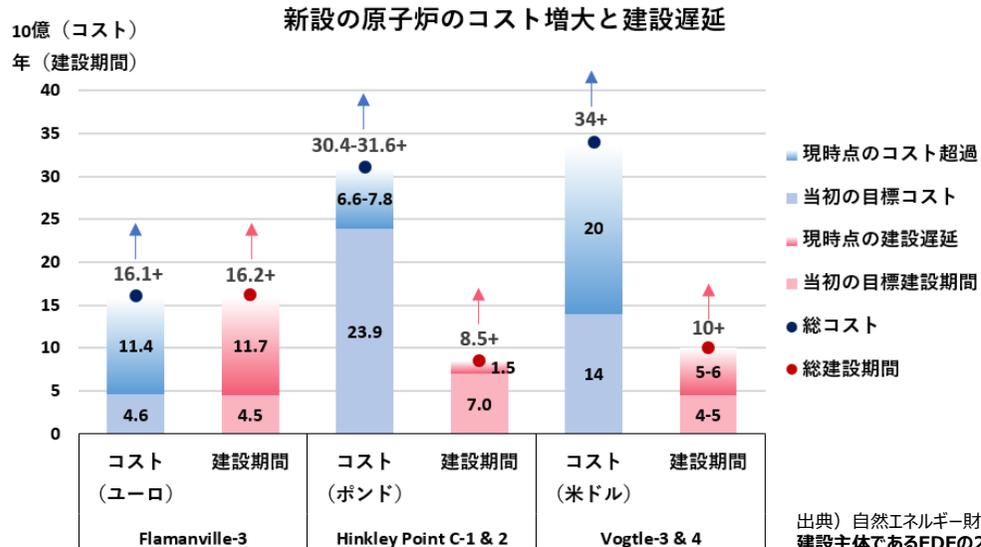
## 原子力発電の新設には、高コスト化・建設期間長期化の壁

### 原発建設費の高騰と建設期間の長期化

フランスのフラマンヴィル3号機（設備容量：1.63 GW、2007年に建設開始）、英国のヒンクリーポイントC-1・C-2（合計3.26 GW、2018-2019年から建設中）は、莫大なコストの超過と何年にも及ぶ遅延が発生。

フラマンヴィルは予定を12年超過し、17年を要した。建設費は161億€超（2兆4千億円超（1€＝150円））。

政府の発電コスト検証の想定4800億円（1.2GW）の3倍以上に。



### 日本では、原発の新設に20年のリードタイム

6月25日の原子力小委員会資料は、原発新設には約20年の建設リードタイムがあることを明記している。

→ いま、直ちに着手できたとしても、

2035年、2040年までに全く間に合わない。

2050年代の10%供給に必要な10基の新設も困難。

### 【参考】電源種別の建設リードタイム（イメージ）

2022.6.22 第67回  
電力・ガス基本政策小委員会  
制度検討作業部会 資料5を加工



出典) 資源エネルギー庁「原子力に関する動向と課題・論点」（2024年6月25日）  
原子力小委員会（第39回）資料1 P.105より抜粋

出典) 自然エネルギー財団「インフォパック 日本の原子力発電 政策の妥当性を検証」（2023年2月）  
建設主体であるEDFの2024年1月の発表では、ヒンクリーポイントCの建設期間は更に長期化し、コストも更に増加している。

原子力発電が脱炭素化で果たす役割は、あったとしても小さな脇役



# 原子力発電は脱炭素を担えるのか



新設のもう一つの壁：原子力発電への投資の前提＝

「放射性廃棄物の最終処分施設を稼働する詳細な計画」がない

EUタクソミーは、原子力発電投資の前提条件として、「2050年までに高レベル放射性廃棄物の最終処分施設を稼働させる詳細な計画を整備する」ことを規定した。

こうした最終処分施設は、フィンランドの「オンカロ」が操業に向けた準備をしているが、世界でも他には例がない。

■ 日本経済新聞 2024年8月26日

「建設には巨額の資金が必要になるが、現時点で大手行幹部は『最終処分場などの問題をクリアしないと融資対象としては難しい』と明かす。」

## ■ 使用済燃料貯蔵も既に8割を超える

発電所名		使用済燃料貯蔵量	管理容量	貯蔵割合
北海道	泊	400	1,020	39%
東北	女川	480	860	56%
	東通	100	440	23%
東京	福島第一	2,130	2,260	94%
	福島第二	1,650	1,880	88%
	柏崎刈羽	2,370	2,910	81%
中部	浜岡	1,130	1,300	87%
北陸	志賀	150	690	22%
関西	美浜	500	620	81%
	高浜	1,440	1,730	83%
	大飯	1,870	2,100	89%
中国	島根	460	680	68%
四国	伊方	750	930	81%
九州	玄海	1,180	1,370	86%
	川内	1,100	1,290	85%
原電	敦賀	630	910	69%
	東海第二	370	440	84%
六ヶ所		2,968	3,000	-
合計		19,688	24,440	81%

※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場合がある。

(2024年3月末時点)【単位：トンU】

出典) 経済産業省「核燃料サイクルの確立に向けた取組と今後の検討事項について」2024年6月

## ■ 各国の最終処分場立地の現状

国名	最終処分施設の立地	原子力発電世界シェア
米国	未選定 (ユッカマウンテンの代替地)	23.32%
フランス	Cigéo	13.48%
中国	未選定	10.71%
日本	未選定	9.83%
ロシア	Krasnoyarsk	6.38%
ドイツ	未選定	5.31%
韓国	-	5.18%
カナダ	未選定	3.17%
英国	未選定	2.75%
スウェーデン	Forsmark	2.21%
スペイン	-	1.65%
インド	未選定	1.39%
ベルギー	-	1.20%
フィンランド	Onkalo	0.88%
チェコ	未選定	0.79%
スイス	Nordlich Lagern	0.67%
スロバキア	未選定	0.65%
ハンガリー	未選定	0.39%

注) 設備容量シェアは2023年7月1日時点の稼働実績に基づく(稼働中、長期停止中、停止済が対象)。出典) Mycle Schneider Consulting Project "The World Nuclear Industry Status Report 2023" (2023年12月) P.381 表24を基に自然エネルギー財団作成



# 火力発電の脱炭素化は現実的か：① CCS付火力発電

## ■ 火力発電でのCCS利用実績は世界で2件。回収率は低い。

現在、世界で稼働中のCCS火力発電は、カナダと米国の小規模石炭火力2基のみ。いずれも実際の回収率は、目標の90%に遠く及ばない。

カナダ・バウンダリーダム発電所の9年間平均回収率は57%



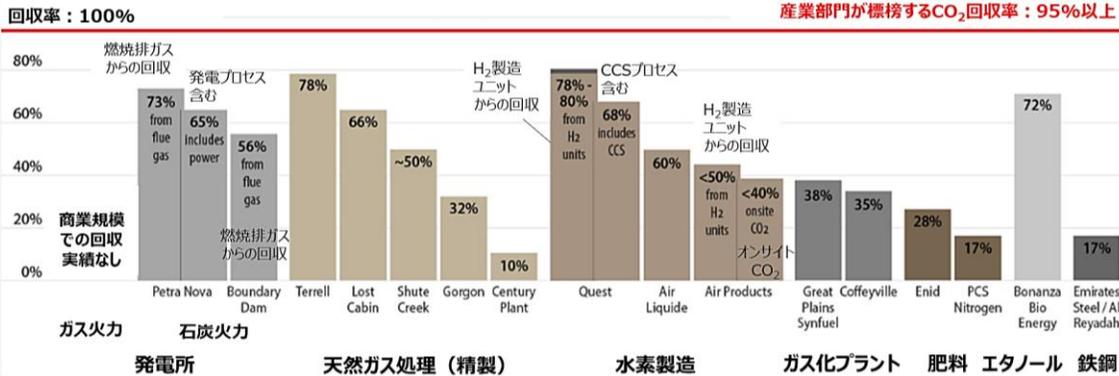
## ■ 米電力団体「CCSは時期尚早」

米政府が火力発電削減対策としてCCS (90%以上回収) を提案したのに対し、電力事業者の団体 (エジソン電気協会) は、「CCS を全面的に導入するのは時期尚早である」と声明 (2024年4月25日)

出典) The Edison Electric Institute “EEI Statement on EPA’s Package of Final Rules for Power Plants” (2024年4月25日)

出典) IEEFA “Carbon Capture at Boundary Dam 3 still an underperforming failure” (2024年4月30日)

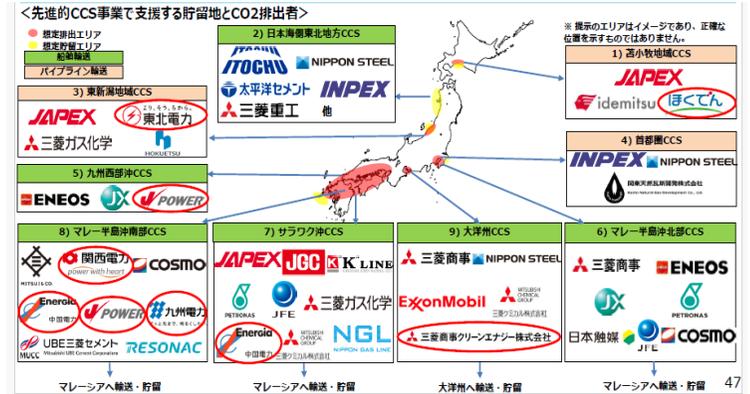
## ■ 他の用途でも回収率は低い。80%にも達していない。



出典) IEEFA “Carbon Capture and Storage An unproven technology that cannot meet planetary CO<sub>2</sub>mitigation needs” (2024年8月26日アクセス) に自然エネルギー財団が凡例等訳を加筆

## ■ 日本の先進的CCS事業の回収率は不明

「先進的CCS事業」では、9事業者10か所の火力発電所でCCSを推進



出典) 資源エネルギー庁「安定供給の現状と課題と火力の脱炭素化の在り方について」(2024年7月23日) 基本政策分科会 (第59回) 資料1 P.47より抜粋。

「総容量約600万kW を対象に年間CO<sub>2</sub> 回収量約600万トン」という目標をあげているが、何%の回収率を達成できるのか不明。

100万kW の石炭火力発電所から排出されるCO<sub>2</sub>は、「高効率」と称する超々臨界 (USC) 方式であっても年間約 500万トン。

脱炭素化への効果を示すためには、回収率の明示が必要。

## 日本のCCS政策の疑問

対象、貯留先選定、コスト目標に合理性を欠く

### ① 対象

CCSはセメント生産など一部の産業では、必要となる可能性  
がある。しかし、日本の戦略は **hard to abate** ではない発  
電部門を主要な対象の一つに。

### ② 貯留先を海外に依存

2030年の事業開始をめざすが、具体的な国内の貯留先は不明。  
これから「探査・試掘等」で探す状況

一方、貯留先の海外シフトをアジアゼロエミッション共同体  
(AZEC) の枠組で加速。化石燃料の輸入を続けることに加え、  
排出ガス処分も海外に求める二重の海外依存、脆弱性を生む。

経済産業省の依頼により、地球環境産業技術研究機構が行った  
研究では、2050年に毎年2億3500万トン～2億8200万トンを  
海外で貯留するとの試算。

アジア大洋州地域での主なCCS事業



出典 資源エネルギー庁「次世代燃料・CCUS・重要鉱物等について」(2024年8月30日) 基本政策分科会  
(第61回) 資料2 P. 67より抜粋。

## 世界のCCSの実際

計画は増えても実際の進捗は低い

IEAの2050年ネットゼロシナリオは、2023年版で2021年版  
よりCCSの利用見通しを縮小。

CCSの実際の進展が遅いことを理由のひとつとして説明している。  
CCSの減少を代替したのは、自然エネルギーと電化の増加として  
いる。

CO<sub>2</sub>回収量合計 (Mt-CO<sub>2</sub>)  
NZE (ネットゼロシナリオ)

	2030	2050
WEO2021	1,665	7,602
WEO2023	1,024	6,040

出典) IEA “World Energy Outlook 2021” (2021年10月) ならびに “World Energy  
Outlook 2023” (2023年10月) を基に自然エネルギー-財団作成

### ③ コスト削減の見通しも立っていない

国は13～15円/kWhという発電コスト目標を掲げているが、行政  
事業レビューでは、コスト削減の見通しがたたないという本音も。

資源エネルギー庁 資源・燃料部 CCS政策室長

「この事業の中でも、我々もコスト低減は、日々のF/Sの結果や  
今後の計画の中で、実際に見直しを図ってきているところではある  
のですが、コスト低減ができるのはかなり先になってしまう可能性  
はあると思うのですね。」

出典) 経済産業省「令和6年度経済産業省行政事業レビュー公開プロセス (B日程) 議事録」(2024年6月6日)  
P.41



## 火力発電の脱炭素化は現実的か：② 石炭アンモニア混焼発電

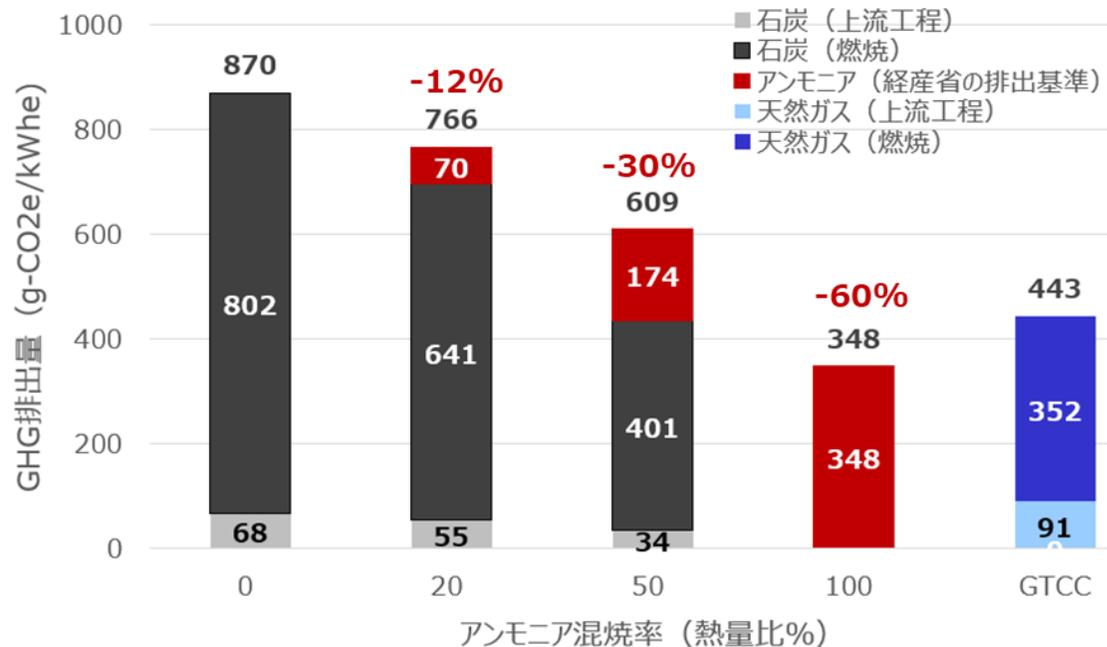


アンモニア混焼も専焼も削減効果は小さく、高コスト

### 石炭火力におけるアンモニア混焼によるGHG排出削減効果

国が定めた低炭素水素等燃料基準のアンモニアを使用した場合

- ・20%混焼の削減率は12%。
- ・50%混焼でも削減率は30%。天然ガス火力（GTCC）より大きな排出。
- ・100%専焼の削減率は60%。なお4割程度の排出が残る。



注) 上図の排出量に輸送工程は含まれていない。

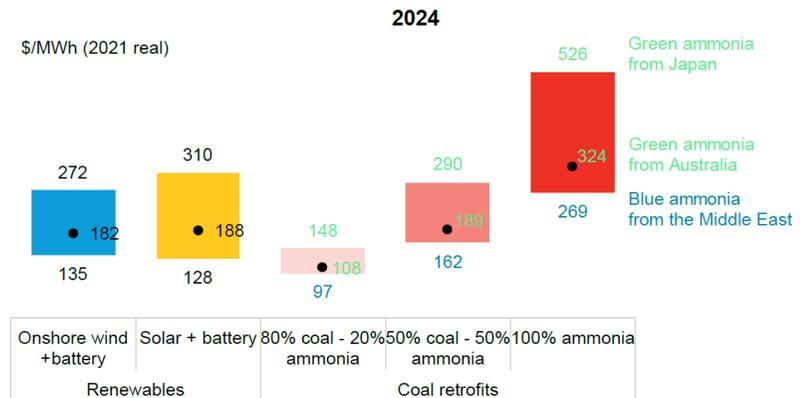
出典) IEA「The Role of Low-Carbon Fuels in the Clean Energy Transitions of the Power Sector」(2022 Feb.)

および経産省資料をもとに自然エネルギー財団作成

### ブルームバーグNEFによる経済性分析

「日本の一般的な石炭火力発電所をアンモニア50%混焼に向けて改修しても、その平準化発電コスト（LCOE）は洋上風力などの排出量ゼロの発電コストを大幅に上回ります。日本にとってアンモニア混焼は、電力部門による排出量削減において経済性に優れるというのは考えにくいでしょう。」

チャート7：2024年における平準化発電コスト(LCOE)



出所:ブルームバーグNEF。

注:蓄電池の持続時間は四時間想定。

出典)ブルームバーグNEF「日本のアンモニア・石炭混焼の戦略におけるコスト課題」2022年9月28日

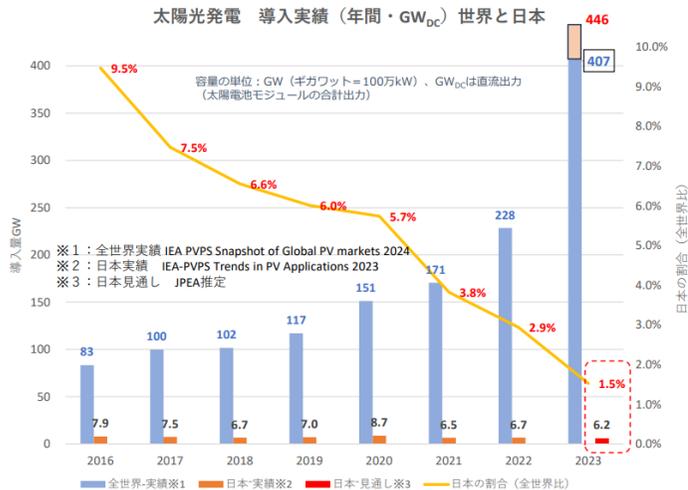


# 太陽光発電、風力発電を日本で大幅に増やすことができるのか

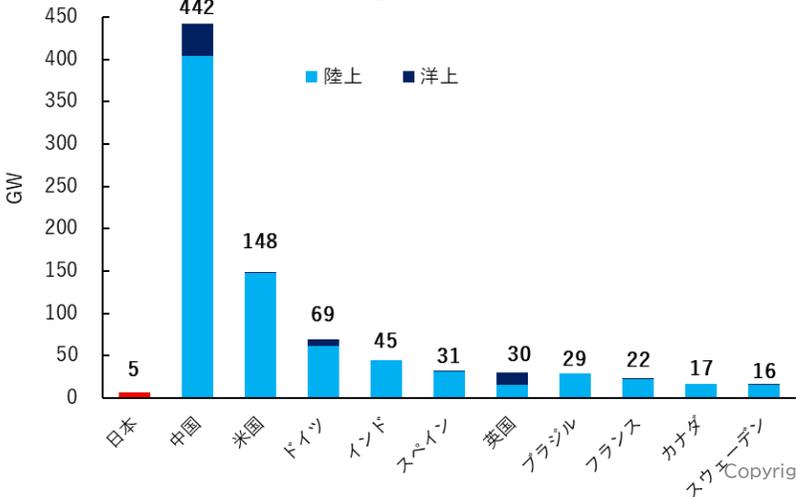


日本の自然エネルギー拡大は停滞している

## 太陽光発電：世界では加速、日本では減速



## 風力発電：2023年末、日本は5GW。世界10位のスウェーデンの3分の1



## 日本のRE100企業：自然エネルギーが調達できずに苦戦

国 Country	加盟企業数 (本社所在) # of members (HQ)	加盟企業数 (事業実施) # of members (operation)	電力消費量 合計 Total Electricity Consumption	自然エネルギー の比率 Share of Renewables
米国 US	98	254	100 TWh	77%
英国 UK	49	212	16 TWh	88%
ドイツ Germany	17	186	12 TWh	89%
中国 China	5	249	44 TWh	50%
日本 Japan	80	205	32 TWh	25%
全世界 Global	382	382	481 TWh	50%

Source: RE100

出典) 自然エネルギー財団シンポジウム「脱炭素へのエネルギー転換シナリオを考える」(2024年6月21日) 討論2 「ビジネスは自然エネルギーを求める」資料

IT大手：RE100にコミット。  
日本に自然エネが足りなければ、  
データセンターは日本に立地できない。



画像出典) gguy -stock.adobe.com

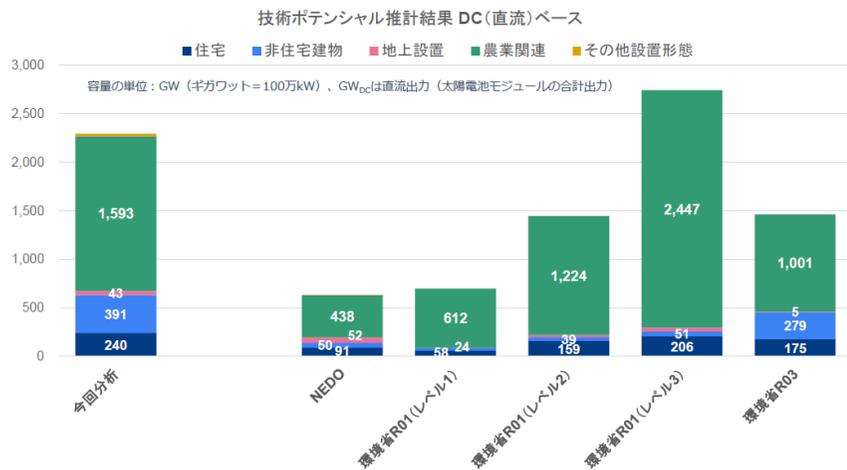
インテル、TSMC、サムソンSDI、アドバンテ  
ストもRE100を目標に



# 日本には自然エネルギーの巨大なポテンシャルがある

## 太陽光発電のポテンシャル

農地と建物を中心に、2,380GW。現在の導入量の30倍、  
2035年自然エネルギー80%に必要な導入量（280GW）の8倍以上



出典) JPEA 「PV OUTLOOK 2050 (2024年版ver.1)」(2024年7月1日) P.12より抜粋

日本エネルギー経済研究所の  
ポテンシャル評価(2024年  
8月)\*は土地置きを導入可能  
設備容量を20GW-107GWと  
推計。これは、農地での営農型  
ソーラー、風力とのハイブリッド型  
などの可能性を全て除外した試  
算。実際には、様々な導入例が  
ある。

\*「地域条例・建物特性を考慮した太陽光発電の  
導入ポテンシャル評価」2024年8月19日

福岡県響灘ハイブリッド型  
(赤丸が風車)



出典) Google Earth に自然エネルギー財団加筆

太陽光追尾型架台および両面モジュールでの  
次世代営農型太陽光発電の実証事業



出典) 出光興産株式会社ウェブサイト

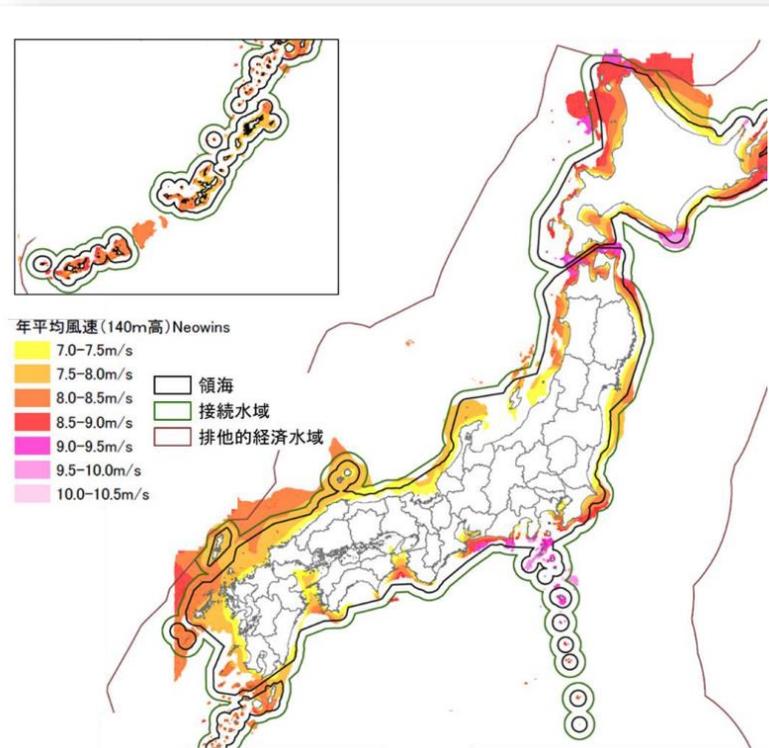
## 洋上風力発電のポテンシャル

日本の領海+EEZには、1,128GWがある。



着床：水深50m未満、  
風速7.5m/s以上

浮体：水深50m以上300m未満、  
風速8.0m/s以上



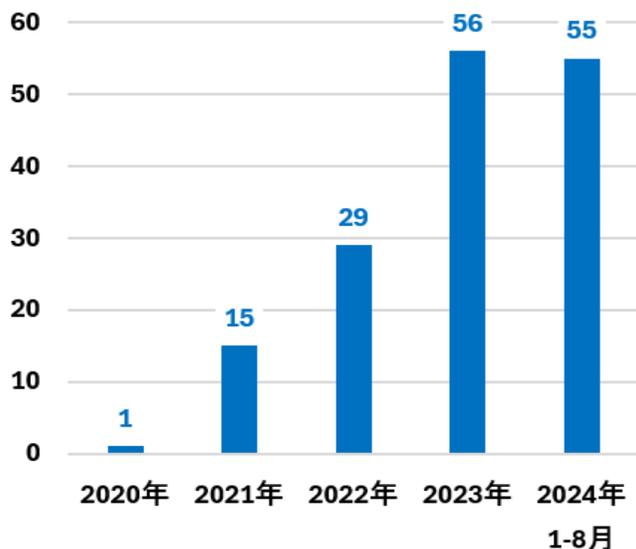
出典) 自然エネルギー財団 「日本の洋上風力発電ポテンシャル」(2023年11月)

# 太陽光：ビジネスの脱炭素化を目指す企業のPPA利用を加速

世界中の企業がビジネスの脱炭素化に向けて自然エネルギーの導入を拡大。日本国内ではコストが安くなった太陽光発電を利用する動きが活発に。新しく建設した太陽光発電設備の電力を長期契約で購入する「コーポレートPPA」を採用する企業が増えている。

## ■ 日本国内のコーポレートPPA契約件数

電力を利用する企業名を公表した契約だけを集計  
(建物の屋根や敷地を利用するオンサイトPPAを除く)

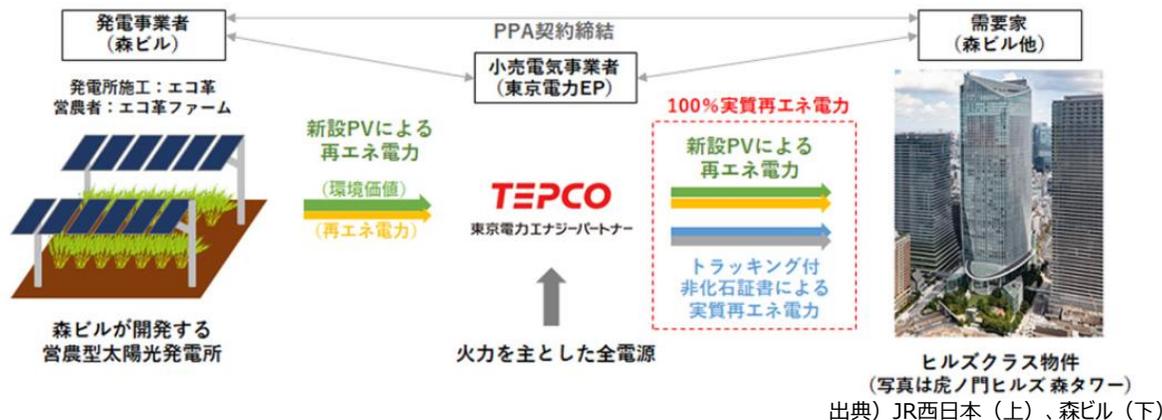


自然エネルギー財団調べ

JR西日本：新幹線を運行する電力に採用、環境にやさしい交通手段として企業の出張利用の拡大を図る。



森ビル：首都圏の高層ビルの電力に採用、オフィスの脱炭素化を進める企業の入居を誘致。



## ■ RE100 日本のエネルギー政策に対する提言 (PPA関係抜粋)

**フィジカルおよびバーチャル・コーポレートPPAの締結を促すため、発電事業者と需要家の間の障壁を取り除き、契約のプロセスを簡略化する。**

- PPA の契約締結および開始を促進するため、明確なガイドラインを作成する。
- PPA による新規再エネ事業拡大のプラスの影響について、政府のロードマップや計画で言及する。
- FIT/FIP 制度を適用しないPPA における再エネ購入のインセンティブを増加する。
- 需要家が幅広く電力供給事業者と取引できる環境を整備し、PPA の利用しやすさを向上させる。
- 需要家の追加的な負担がないように、バーチャル PPA に関する会計実務における課題を整理し、解決する。



# 太陽光： 地域と共生する建物屋上・壁面への設置、 農業の再生に寄与する農地活用型を中心に



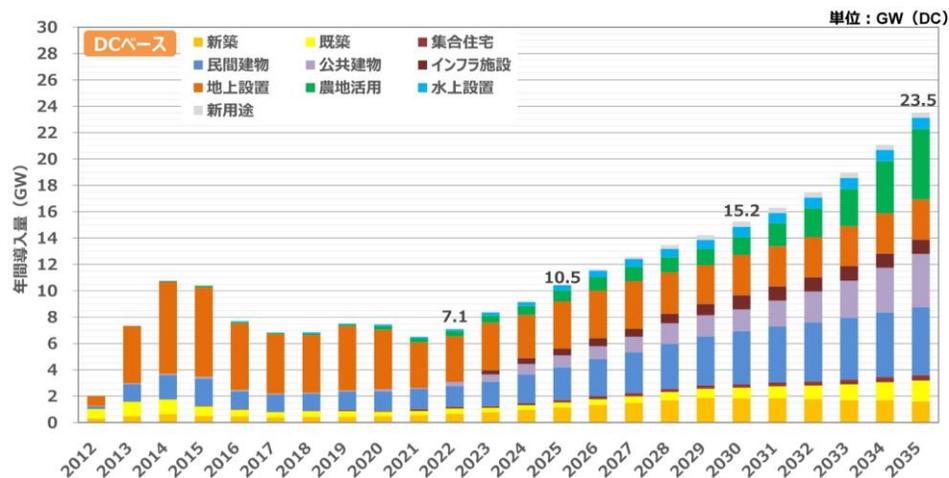
建物の屋上などで、2035年度までに現在の4～5倍の導入が可能。  
軽量フレキシブル型やペロブスカイトの活用で、壁面も含め、更に大量の導入が可能に。

## 営農型太陽光発電の推進は農業の再生と発展に貢献。

売電による新たな収益源の確保に加えて、デジタル技術を活用したスマート農業における電力の自家消費、消費者への環境価値の訴求も可能に。  
農業と農山村のエネルギー自給率を高め、食料安全保障を実現。

## ■ 資源総合システム (RTS) の予測 (導入加速ケース:DC)

今後は、建物・インフラ施設への設置が増加。2035年度には、  
年間導入量全体の6割を占める。  
土地置きの中では農地活用型が3分の2近くになる。



出典) 株式会社資源総合システム「日本の太陽光発電導入量予測 (2023-2035年)」(2023年10月)

Copyright © Renewable Energy Institute. All Rights Reserved

① 耐荷重の低い折板屋根に設置



③ 建築物壁面に設置



② 共同住宅の屋根上に接着剤で設置する様子



④ 曲面のある屋根上に設置



出典) 左上から順に、電巧社、東京都住宅供給公社、オルタナティブテクノロジー&プロダクツ。

出典) 自然エネルギー財団「ペロブスカイト太陽電池に高まる期待：軽量化が進展、窓・壁面一体型も」  
(2024年9月4日)



耕作放棄地でのソーラーシェアリング  
(小田原かなごてファーム)

出典) 合同会社小田原かなごてファーム  
「ソーラーシェアリング5号機完成」  
(2023年4月14日)



酪農学園大学と自然電力が牧草地に設置した  
垂直型太陽光パネル

出典) 酪農学園大学  
「本学と自然電力(株) 牧草地に垂直型太陽光パネルを設置したソーラーシェアリング実証実験を開始」  
(2024年1月15日)



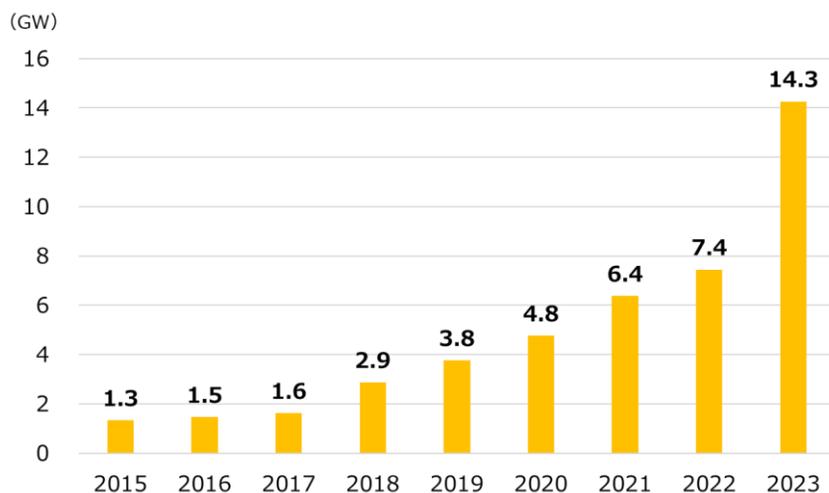
# ドイツの太陽光発電戦略からの示唆

## 高い目標の設定・必要な規制改革の実施

ウクライナ侵攻後のエネルギー危機を踏まえ、ドイツは、太陽光発電導入を加速する戦略を策定。既に効果をあげている。

**目標** 2030年 215GW、2035年 309GW  
2040年 400GW

**年間導入量** 2015年には1.3GWまで減少していたが、その後増加に。2023年には14.3GWへと前年の2倍近い導入量に。その70%以上はルーフトップソーラー。2026年以降は、毎年22GWの導入をめざす。



出典) IRENA "Renewable capacity statistics 2024" 2024年3月より自然エネルギー財団作成

- 2023年5月「太陽光発電戦略」を策定
- 8月に戦略を具体化する「ソーラーパッケージ法案」を閣議決定、2024年4月に成立。
- 農業用地や駐車場などにPVを設置する土地の二重利用促進の措置
- 商用施設の屋上用PV設置手続きの簡素化
- 住宅のバルコニーに設置するプラグインPVの申請手続き簡素化（配電系統事業者への届け出廃止）
- ドイツ国内の太陽光発電生産の再構築
- 太陽光発電設置の熟練労働者の育成 など

## Germany's balcony PV installations hit 200 MW in H1

Germany's Federal Network Agency (Bundesnetzagentur) says 220,000 balcony PV systems were installed in the country in the first half of the year, reaching 200 MW.

JULY 19, 2024 SANDRA ENKHARDT

MARKETS MODULES & UPSTREAM MANUFACTURING RESIDENTIAL PV GERMANY



Image: EET Energy

2024年上半期で、報告されただけで22万件、合計20万kWのバルコニーPVが設置された。

出典) PV magazine



# 洋上風力発電の導入加速のために



## ■ 1.5℃目標に沿った野心的な目標と実現に向けた具体的なロードマップの必要性

現行「エネ基」の洋上風力導入目標は2030年に5.7GW。浮体式目標値はまだ存在しない。国は30年に10GW、40年に30-45GWの「案件形成」も掲げるが、先行する欧州・中国はもちろん、中国以外のアジアや北米においても各国・地域で高い導入目標がある。市場にシグナルを与える事業計画を見通せる野心的な「導入目標」により、世界の投資とサプライチェーンを呼び込む必要がある。

2050年へ向けた洋上風力発電の導入目標（世界・GW）

目標	2025	2030	2031	2035	2038	2040	2050
欧州		≥60					≥300
イスピアウ宣言*		≥65					≥150
マリーエンベルク宣言		19.6					
オステンド宣言		120					300
アジア							
中国							
台湾	5.6		14.5	20.5			
韓国		14.3			40.7		
日本		5.7				30-45	
ベトナム		6					91
米国							「案件形成」の数値
米国（連邦）		30					
浮体式				15			

出典) Global Wind Energy Council (GWEC) “Global Offshore Wind Report 2024” (2024年6月) 及び各国・地域資料を基に自然エネルギー財団作成。[インフォバック] 洋上風力発電の動向：世界と日本における現状 (第5版 改訂版) より

## ■ 拡大の加速を促す政策の実施

領海内洋上風力の迅速な拡大のためには、

- ① 国が地域調整、系統・港湾確保、調査等を行う真のセントラル方式、
- ② 許認可制度プロセスの合理化による開発期間の短縮化、
- ③ 案件組成のための地域合意の促進、が必要である。

## ■ 洋上作業員出入国管理・作業船舶入出港手続の整備と簡素化

洋上風力の建設工事・メンテナンス等に必要特殊船舶のほとんどは外国船籍であり、「カボタージュ規制」により領海内での外国船籍の運用が厳しく制限されている。

「カボタージュ規制」は、事業者が適切規模の船舶を、公募よりも十分に余裕をもって合理的なコストで調達する上で、大きな障害となっている。すでに船舶調達ができずに公募への入札を諦める事業者もでている。

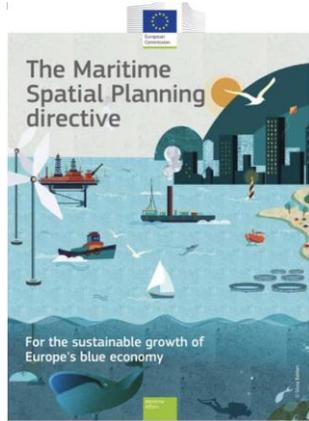
「カボタージュ規制」の厳格な運用は、洋上風力の迅速な拡大を阻害し、産業拠点の国内化に負の影響を与える。国土交通大臣特許の要件の明確化、海域全体への特許や特区の設定、外国人船員・作業員の資格緩和措置、いわゆる「60日ルール」の日数拡大など、柔軟な運用が早急に求められている。

# 浮体式洋上風力発電の導入加速のために

## 「改正再エネ海域利用法案」(EEZ法案)の一刻も早い国会での制定と 第7次エネルギー基本計画での目標値の設定が必要

### ■ 海洋空間計画の策定

海洋のさまざまな目的をあらかじめ定めた「海洋空間計画」を策定し、利害関係者の特定が難しいEEZ海域の利用を、海洋資源を保護しながらも効率化させる



#### 例) EUディレティブ「海洋空間利用計画 (2014/89/EU)」

- 生態系に基づくアプローチ
- 環境、経済、社会、安全面を考慮
- 一貫性の促進
- 陸と海の相互作用
- 活動と利用の空間的・時間的分布の特定
- 利害関係者の参加と市民の参加
- 入手可能な最善のデータと利用共有
- MS間および海域レベルでの協力
- 第三国との協力

出典) イザベラ・デストベレア、駐日欧州連合代表部 通商部参事官、2023年6月、自然エネルギー財団のシンポジウムにて

### ■ 送電事業者による洋上変電所までの送電線整備の実施・負担

送電線の整備は、送電事業者が実施することが合理的である。

一方で、各送電エリアをつなぐ連系線と共に、洋上風力ポテンシャルの高い北海道地域の地内送電網の整備を進める必要があり、費用負担ルールの明確化が急務である。

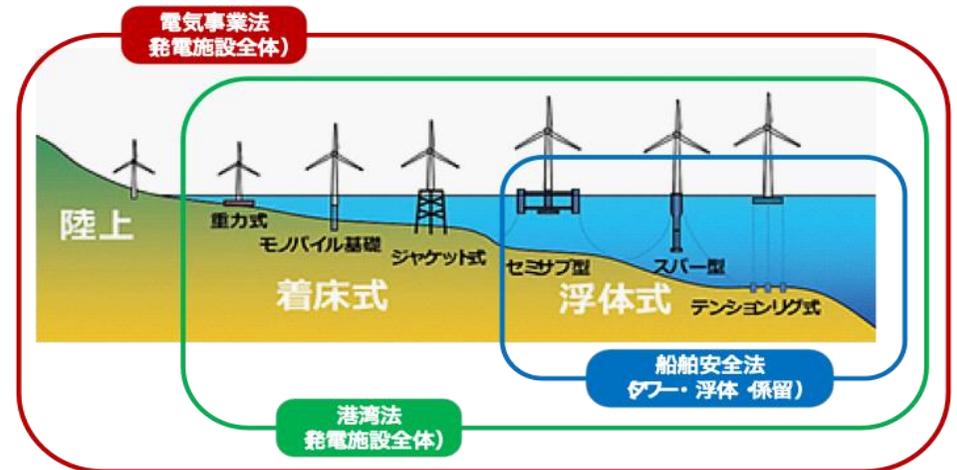
### ■ 浮体式洋上風力のリードタイムの短縮化と技術基準の整備

浮体式洋上風力の建設を迅速に進めるためには、

- 手続の合理化・効率化窓口の一本化、
- 手続モニタリングによる改善、
- デジタル化の推進、
- 技術基準・適合性評価の国際標準化、
- 国際規格の最大限の活用と国際相互認証制度の活用

が求められている。

#### 電気事業法、港湾法、船舶安全法の適用範囲



出典) 日本海事協会「ClassNKの風車認証及び関連サービス【ホームページ公開版】」(2021年8月)を基に自然エネルギー財団作成



# デジタル技術で「太陽光・風力 + 蓄電池」が火力なしでもブラックアウトを防ぐ



## 経済産業省の説明

「電源離脱など系統トラブル発生の際、慣性力が足りない、ブラックアウトになる恐れ」

「慣性力を持つ火力や原子力発電が必要」

### 慣性力としての火力の役割

- 系統で突発的なトラブル（電源の離脱、落雷等）が生じた場合、  
 ○ **太陽光、風力、蓄電池などの非同期電源**は、直流の電流を50Hzや60Hzの交流に変換するため電子機器を使用。周波数や電流の急激な変化に対して、**周波数を維持する機能を持たず**、周波数の変化が一定の閾値を超えると、その電子機器を守るため**離脱（解列）**する。
- ✓ **火力、原子力、水力などの同期電源**（50Hzや60Hzの回転速度で回る電源）は、タービン（機械）の回転で発電しており、周波数や電流の急激な変化に対して、**同じ周期で回転を維持する力（慣性力）**が働くため、相対的に周波数や電流の急激な変化に対して、**発電を継続し、周波数を維持する機能を有する**。
- 蓄電池等に疑似的に慣性力を持たせる技術についても開発が進められ、市場投入が始まっているもの、普及拡大はこれからの状況。



出典）資源エネルギー庁「安定供給の現状と課題と火力の脱炭素化の在り方について」（2024年7月23日）基本政策分科会（第59回）資料1

日本の変動型自然エネルギー（太陽光・風力）の電力割合は、まだ10%強。電力系統での慣性が問題になるレベルにはほど遠い。

太陽光と風力の割合が高まっても、デジタル技術の活用で十分対応可能である実例が既に世界で生まれている。

火力発電によるアナログ慣性に固執せず、電力でもDXの活用をめざすべき。

自然エネルギー先進国では、デジタル技術の活用で、火力なしでの慣性（イナーシャ）の確保を進める

## ■ オーストラリア：2030年RE82%

南オーストラリア州は2023年で自然エネルギー72%。隣接州との連系線活用とともに、15万kWの巨大バッテリー（Hornsedale Power Reserve）を2020年までに整備。ここだけで州に必要なデジタル慣性の半分を提供。



## ■ ハワイ：2025年RE100%

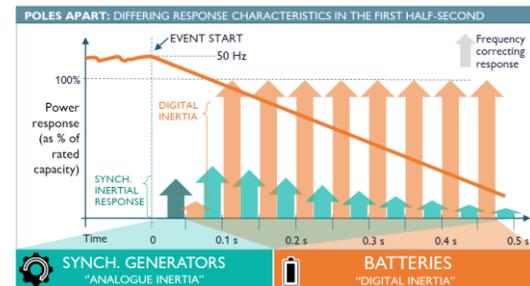
オアフ島で18.5万kWのカポレイ蓄電所が2023年末に稼働。ハワイ州最後の石炭火力を代替し、州の電力需要の20%と必要なデジタル慣性を提供している。



## ■ アイルランド：2030年RE70%

2010年代からデジタル慣性の活用に取り組み、風力発電で既に年間電力消費量の35%を供給。

54.5万kWの大規模蓄電池が導入済み。アイルランドの電力規模は北海道なみ。



出典）オーストラリア：Neoen Australiaウェブサイト“The Hornsedale Power Reserve - Overview”（2024年9月3日アクセス）

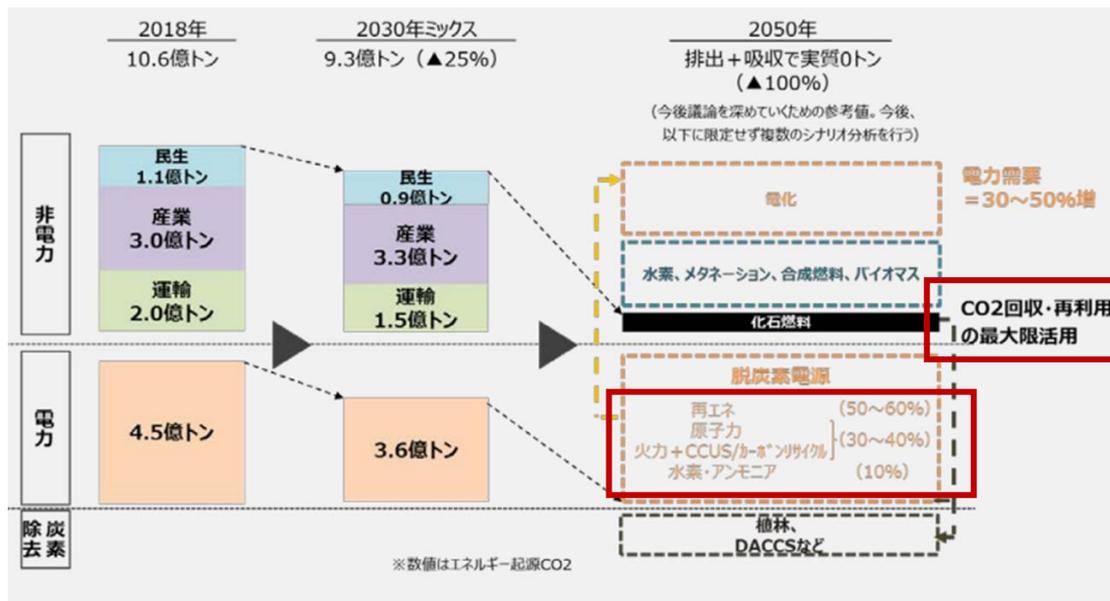
ハワイ：Hawai'i Public Radio “Hawai'i's largest energy storage project now online in Kapolei”（January 9, 2024）

アイルランド：Everoze Partners Limited “Everoze launches ‘Batteries: Beyond the Spin’ report on digital inertia”（October 2017）



# 「化石燃料 + CCS」と原子力発電に、脱炭素の多くを依存する戦略からの転換を

第6次基本計画策定時の2050年ビジョンは、電力の30～40%が「CCS + 原子力」。  
非電力でも「CO<sub>2</sub>回収・再利用の最大限活用」を提唱



出典) 経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」(2020年12月25日)に赤枠を加筆。

政府はこの電源構成を「参考値」としているが、電力広域的運営推進機関の送電網マスタープランの検討では、再エネ50~60%を上限とする検討が行われている。

## 脱炭素の実効性の懸念

CCSのCO<sub>2</sub>回収率は8割未満。脱炭素達成困難。

## コスト上昇、競争力低下の懸念

高コストの原子力、CCS火力、水素・アンモニア発電が電力の5割を供給。

## エネルギー安全保障上の懸念

- ① 電力でも、非電力でも大量の化石燃料利用継続。海外依存が解消されない。
- ② 水素・アンモニアの国内生産が十分にできず、大量の海外輸入が必要に。
- ③ 回収したCO<sub>2</sub>の貯留も海外に依存。

## COP28でも、G7サミットでも、IEAシナリオでも示されている

自然エネルギー・エネルギー効率化の最大限活用を脱炭素戦略の中心に据えるべきでは

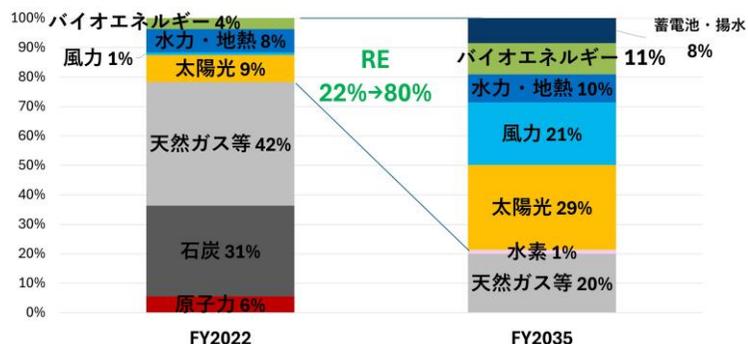
- ① エネルギー効率化の徹底を、大前提として進める。
- ② 太陽光・風力発電開発を加速し、電力部門の排出削減を行う。
- ③ 自然エネ電力を活用した産業の電化を進める。
- ④ 電化できないエネルギー需要には、自然エネルギー由来の国産グリーン水素を活用する。

# 脱炭素とともに エネルギー安全保障と安定供給・低コストを実現するエネルギーミックスは

## 自然エネルギー財団の提案

## 2035年に自然エネルギー80%で安定供給が可能か、その条件は何かを検討し公表（2024年6月）

電源構成：2022年実績と2035年のシミュレーション結果



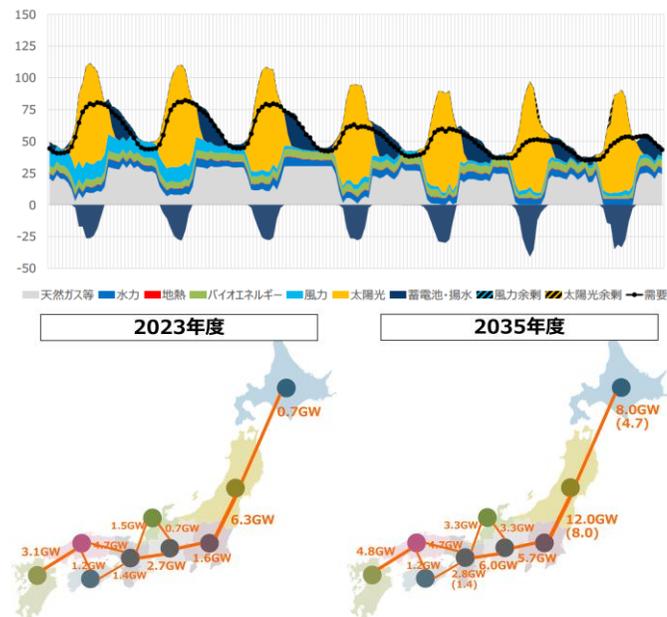
## ■ 安定供給

電力需給シミュレーションで24時間365日、  
自然エネルギー80%で電力の安定供給が可能であることを確認。

**鍵は、送電網整備と蓄電池の大量導入。**

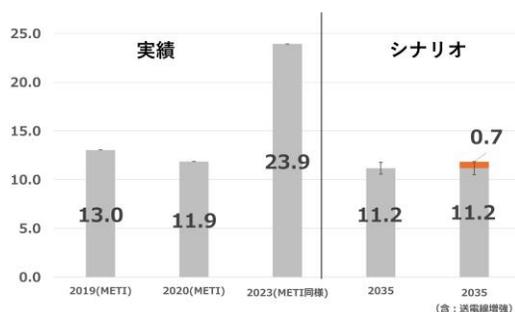
特に北海道－東京間の連系線をOCCTOのマスタープランよりも  
増強。蓄電池はEV活用含め72GW/184GWhの導入。

図 29 50Hzエリアの夏ピーク週（2035/8/1からの1週間）の電力需給  
（横軸：時間、縦軸：GW）



## ■ コスト

自然エネルギー80%でも、2035年にウクライナ侵攻前の  
発電コスト水準に。



## ■ エネルギー安全保障

燃料を海外に依存する電力は現在の79%  
から20%へ減少。8割の電力が国産に。



特設ページ

## エネルギー基本計画の論点



- 第1回 [「シリーズ：エネルギー基本計画の論点」を開始するにあたって](#)
- 第2回 [AIの普及は電力需給に影響を及ぼさない、自然エネルギー100%を実現できる期待も](#)
- 第3回 [日本の排出削減は「オントラック」なのか](#)
- 第4回 [ドイツの電気料金と電力輸入に関する誤った情報を正確に](#)
- 第5回 [日本の「ゼロエミッション火力」からの排出を考える：  
提示された水素・アンモニア低炭素基準では「対策済み」石炭火力にならず](#)
- 第6回 [続・日本の排出削減は「オントラック」なのか](#)
- 第7回 [GXの原発新增設は現実的なのか？](#)
- 第8回 [もっと自然エネルギーの話をしよう：原子力は電力の1割しか供給できないのだから](#)



# 環境ベテランズファーム Webセミナー

**Q & A**

# 環境ベテランズファーム セミナー

**以上でEVF セミナーを終了いたします**

**このセミナーにご質問・ご意見のある方はEVFのHPから質問内容・ご意見を送信お願いします。**

**今月末までに寄せられたご質問は講師に取りまとめてお取次ぎし、後日、セミナー報告の中の主要な質疑応答に集約してHPに掲載いたします。**