



自然エネルギー財団

RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

# 世界と日本で進むエネルギー転換

## 脱炭素と自然エネルギー100%の未来に向けて

---

2021年6月30日

大林 ミカ 事業局長  
公益財団法人 自然エネルギー財団

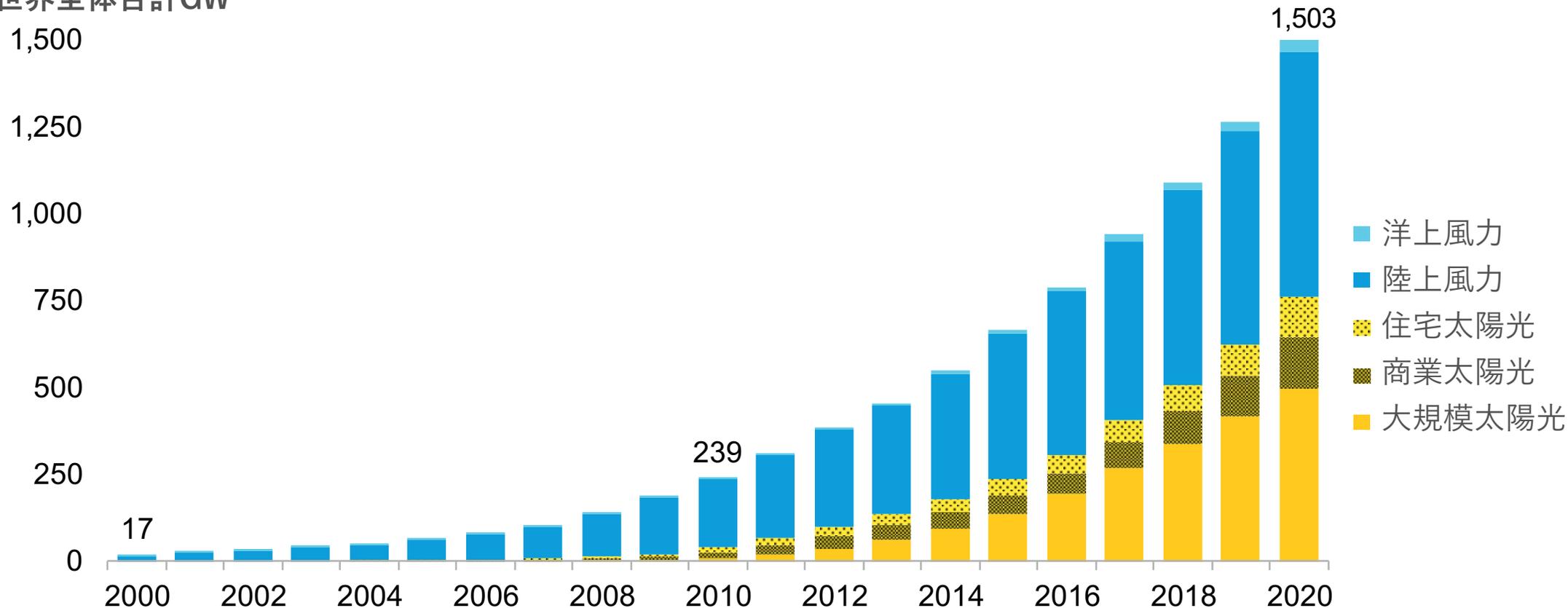
# 自然エネルギーの新たな10年が始まった



2020年に世界で導入された発電容量全体の80%以上が自然エネルギーであり、全体で260GW以上が導入された。特に拡大しているのは、太陽光発電と風力発電であり、伸びを支えているのは、破壊的ともいえる価格低下である。

この10年で、太陽光のコストは9割低下、風力発電もコストが4割低下した。昨年は127GWを追加、これまでで714GW（うち6GWは集中型太陽熱発電）が導入されている。風力は、新しいプレーヤーとして洋上風力が34GW増えたのを合わせ、昨年は111GWを追加、これまでで733GWが導入されている。

世界全体合計GW



# 世界の太陽光発電の拡大とコスト低減

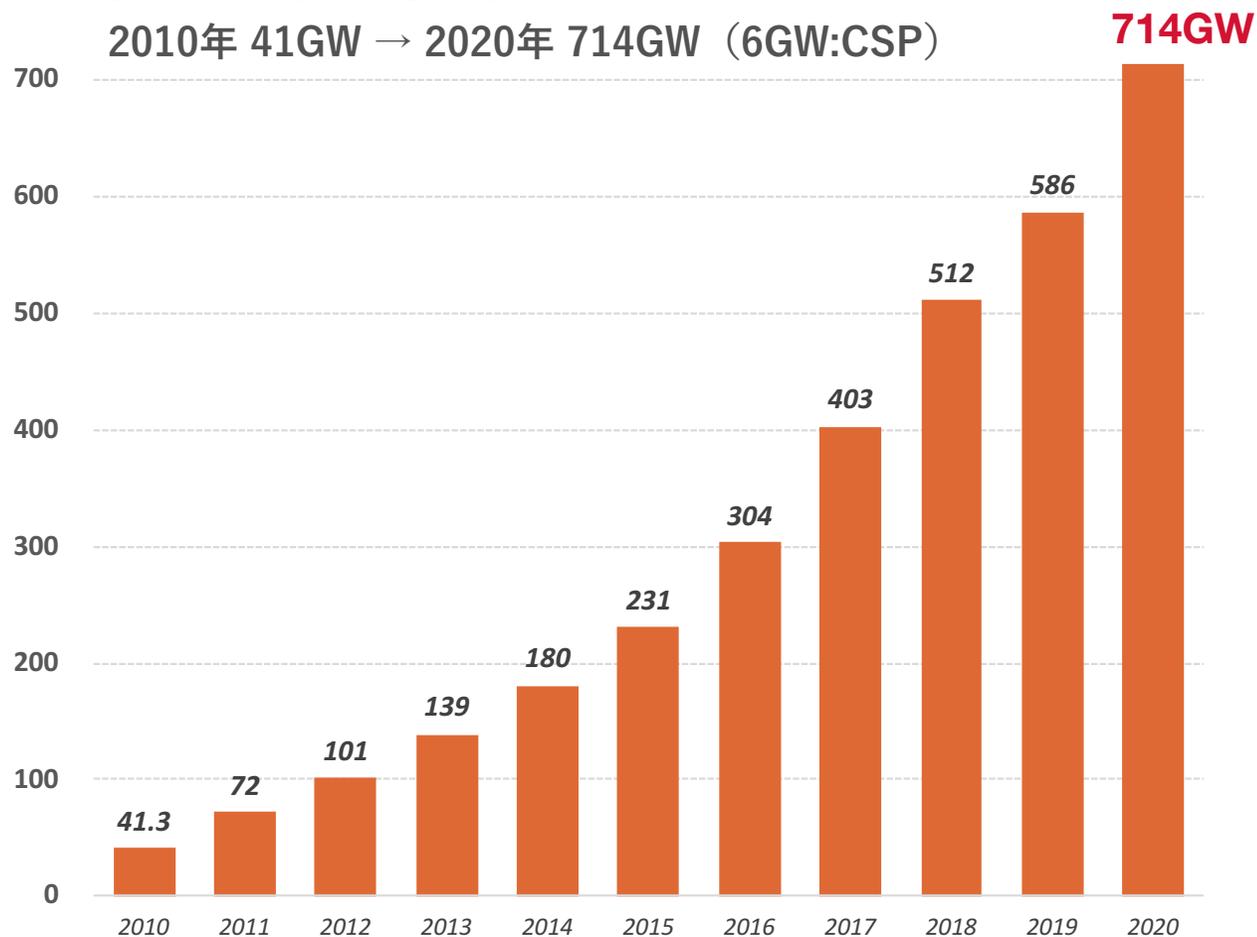


世界では太陽光がすべてを席巻しつつある。

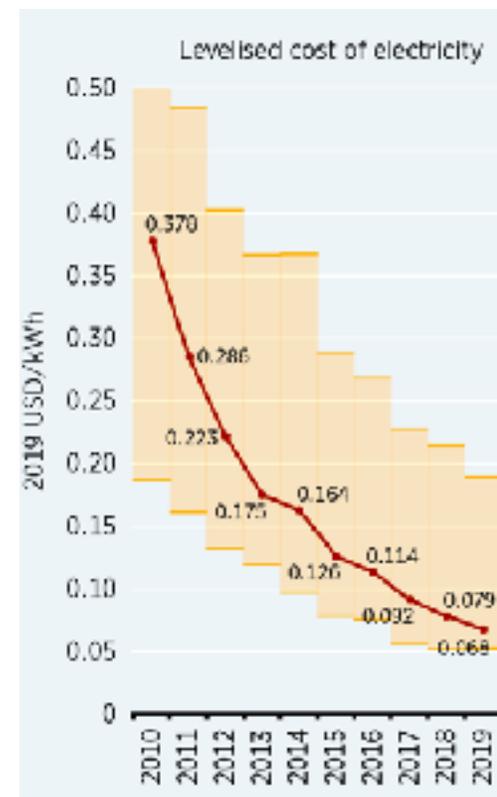
この10年でPVソーラーのコストは9割低下し、集中型太陽熱発電（CSP）もコストが下がってきた

## 世界の太陽光発電の導入量

2010年 41GW → 2020年 714GW（6GW:CSP）



## 世界の太陽光発電の加重平均発電コスト



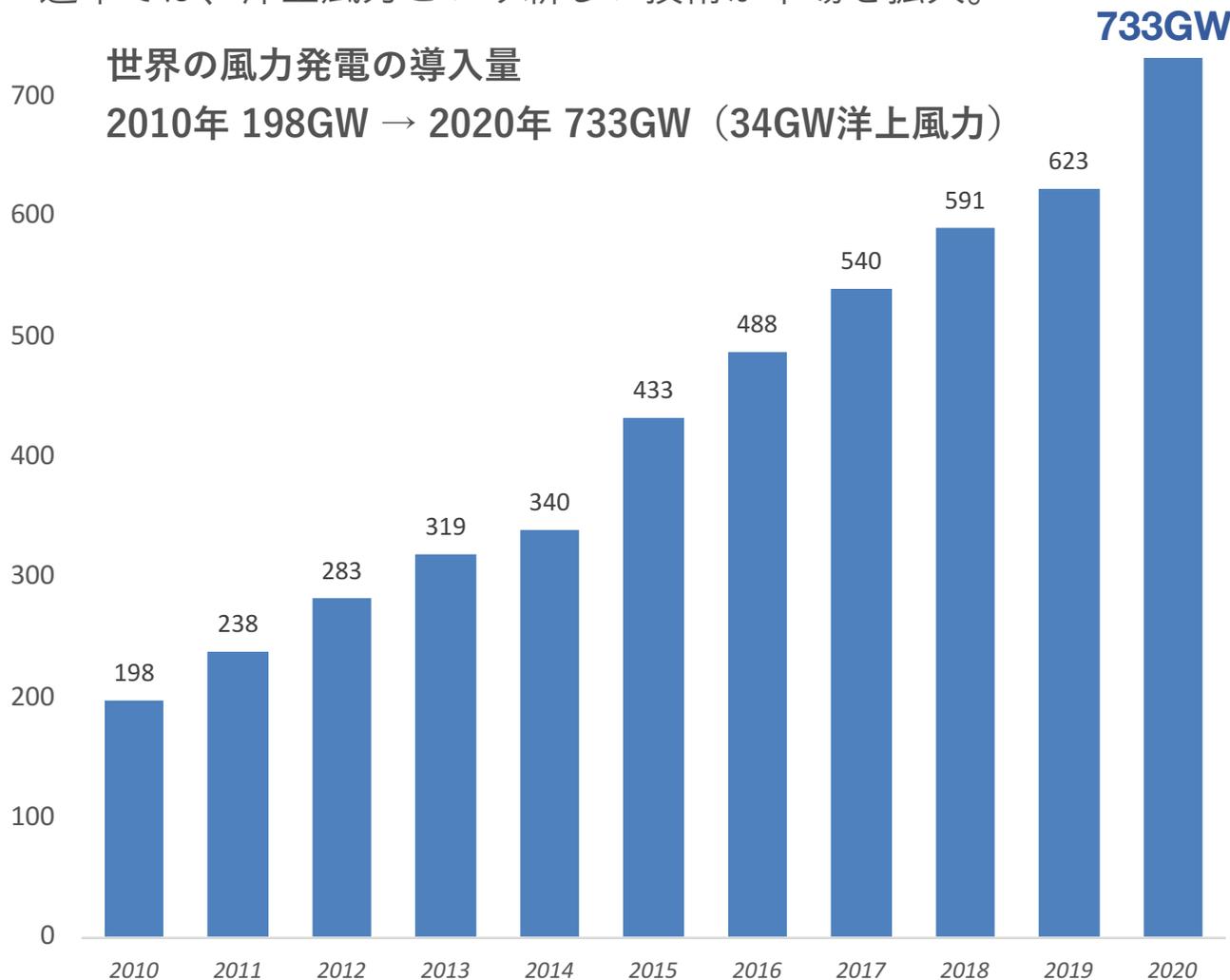
# 世界の風力発電の拡大とコスト低減



風力発電は堅調に拡大。すでに競争力を持つ電源だったが、この10年でさらにコストが4割低下。近年では、洋上風力という新しい技術が市場を拡大。

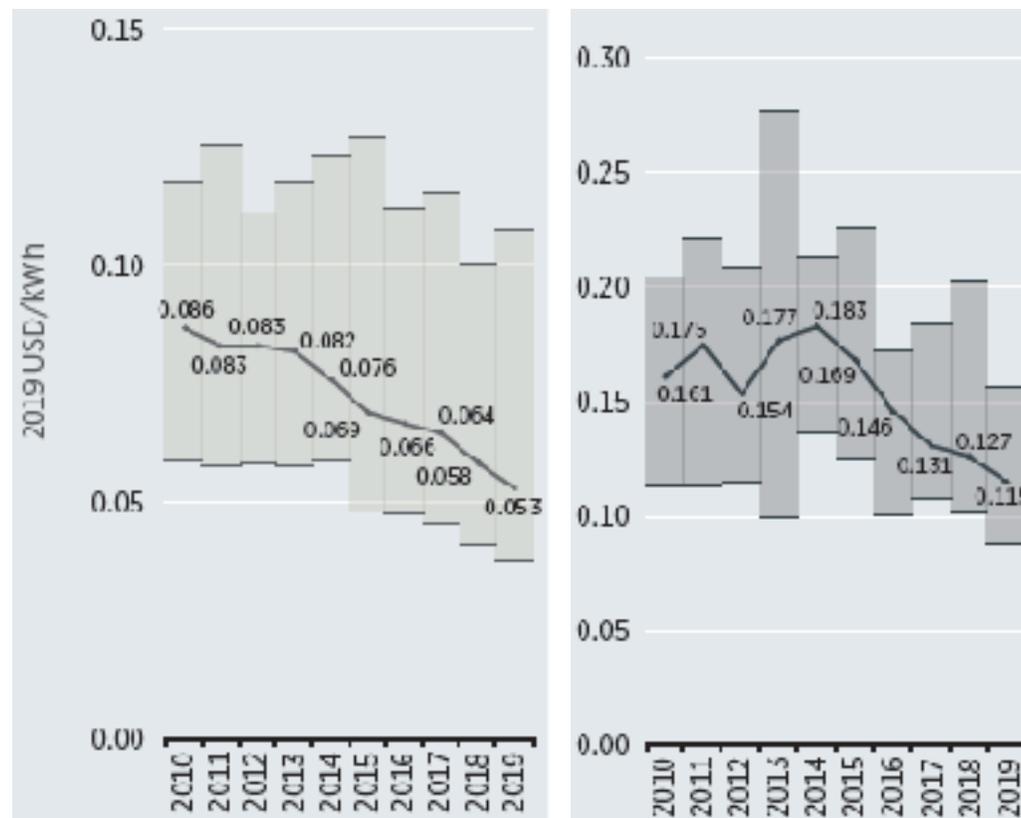
### 世界の風力発電の導入量

2010年 198GW → 2020年 733GW (34GW洋上風力)

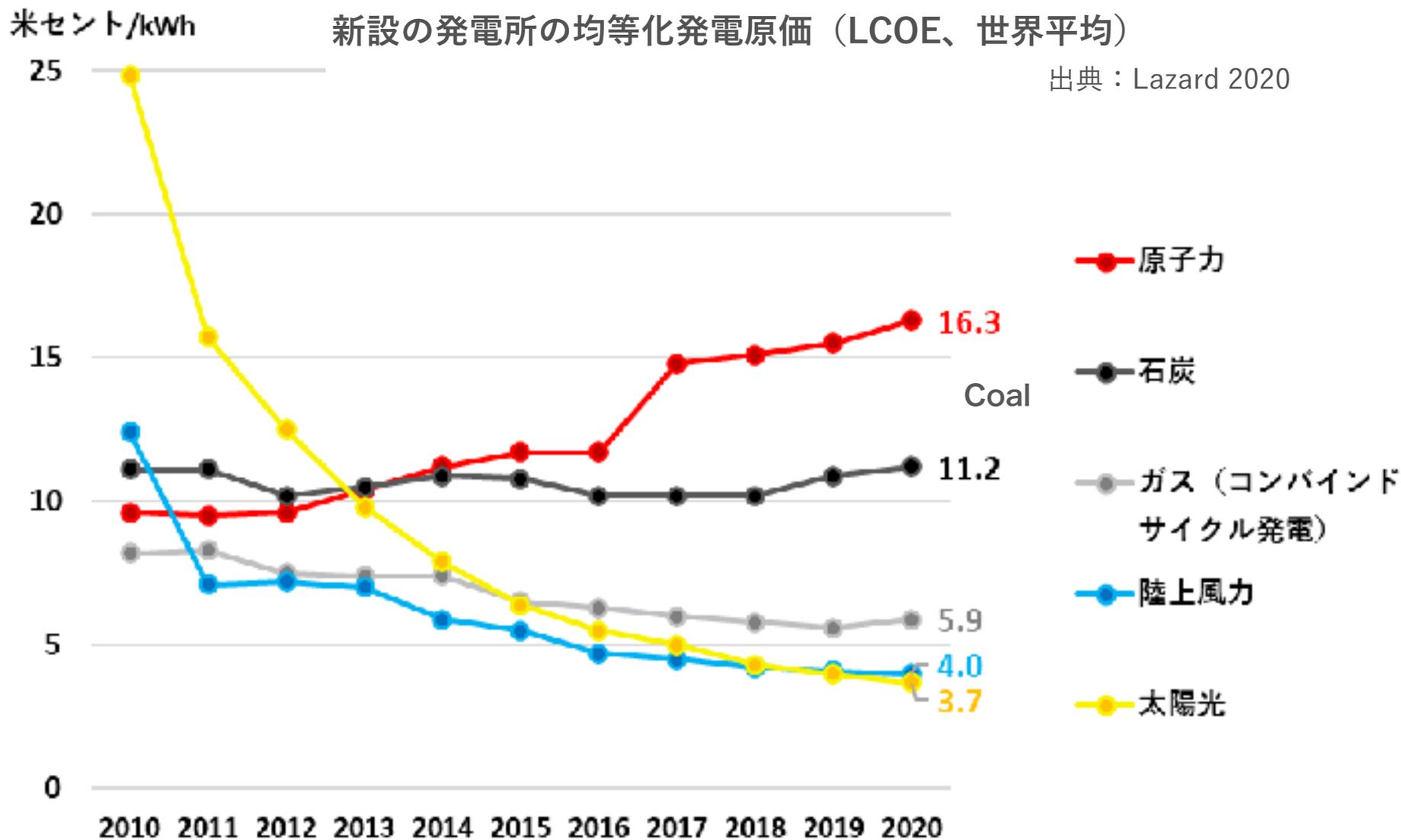


### 世界の風力発電の加重平均発電コスト

(左：陸上, 右：洋上)



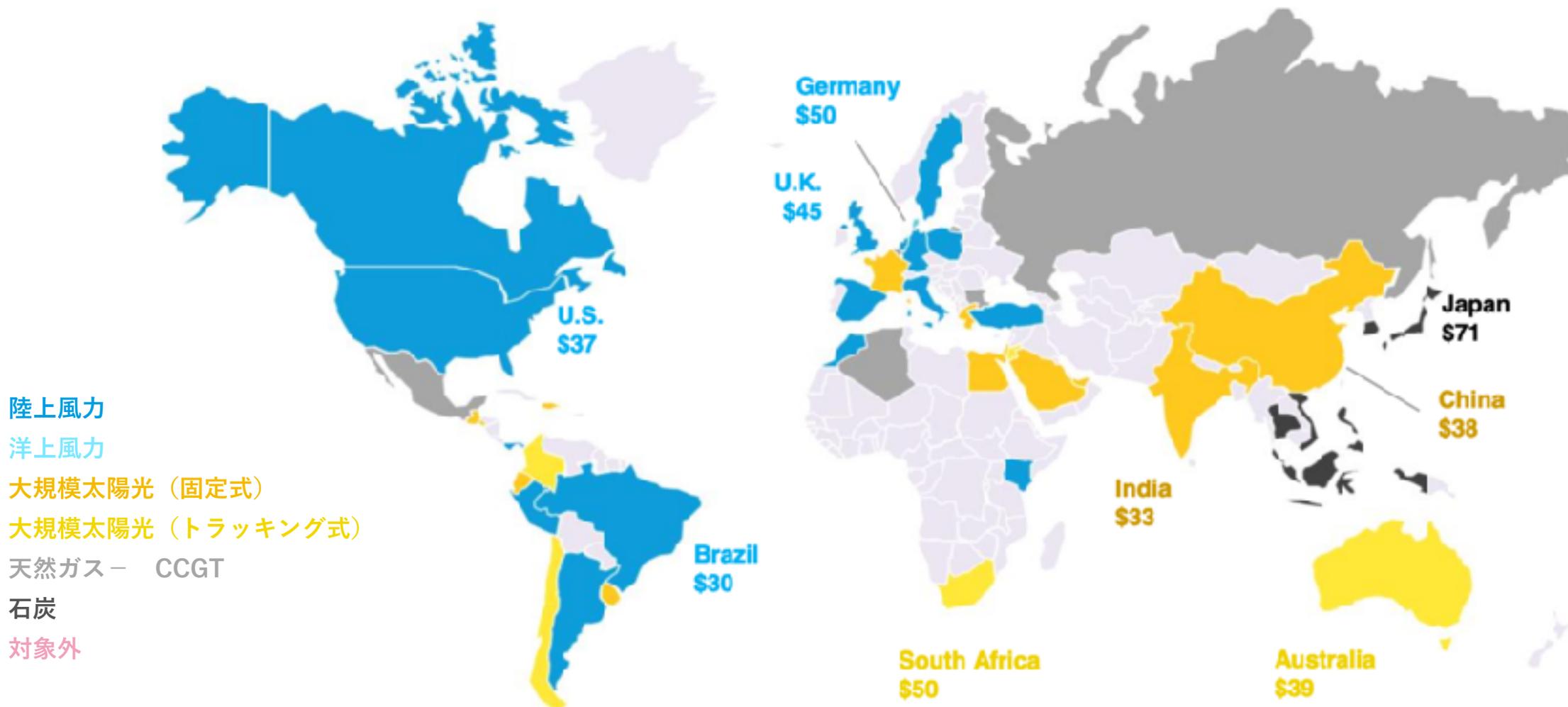
# 世界：電源のコスト比較



# 世界の自然エネルギーの拡大



自然エネルギーは、  
世界のGDPの3/4弱を占める国々で、最も安価な新しい電源になっている。 (\$/MWh)



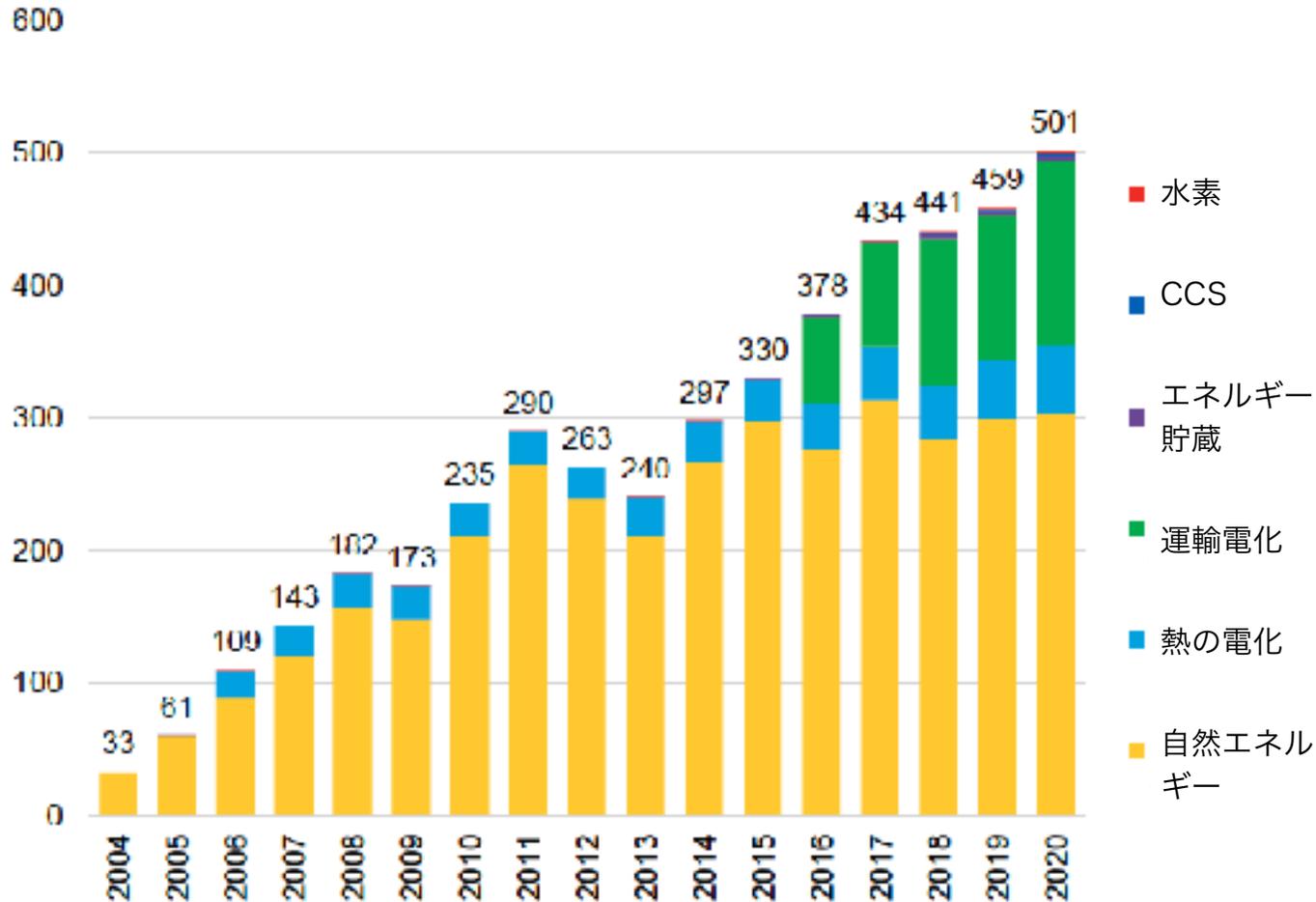
出典) BloombergNEF (2021)

# 加速するエネルギー転換：増加する自然エネルギー投資



## 世界・セクター別エネルギー転換への投資額

\$ billion エネルギー転換投資が2020年に初めて5,000億ドルに到達

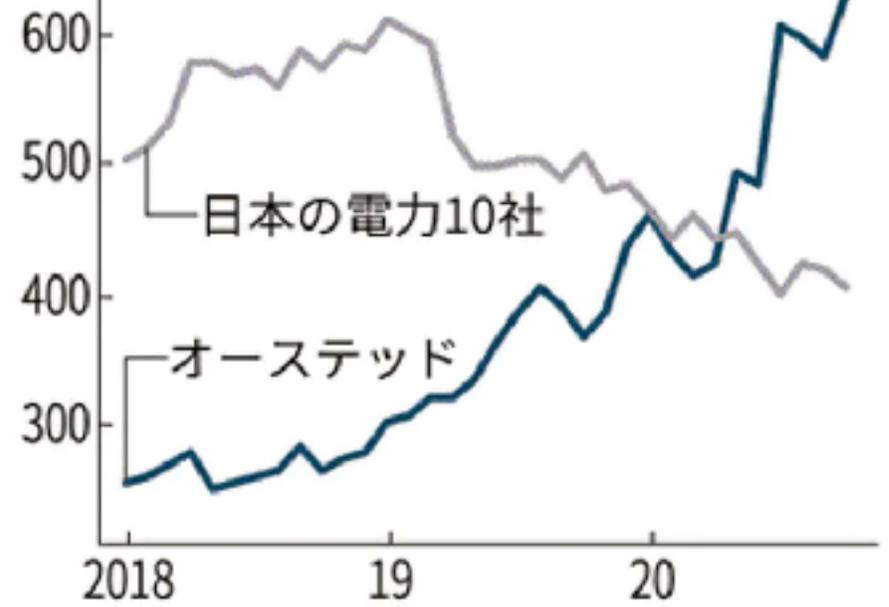


出典) Bloomberg NEF

電力10社の時価総額、  
デンマークの風力大手に及ばず  
投資家の脱炭素志向鮮明に

## 再エネ大手にマネーが集まる

億ドル (時価総額推移)



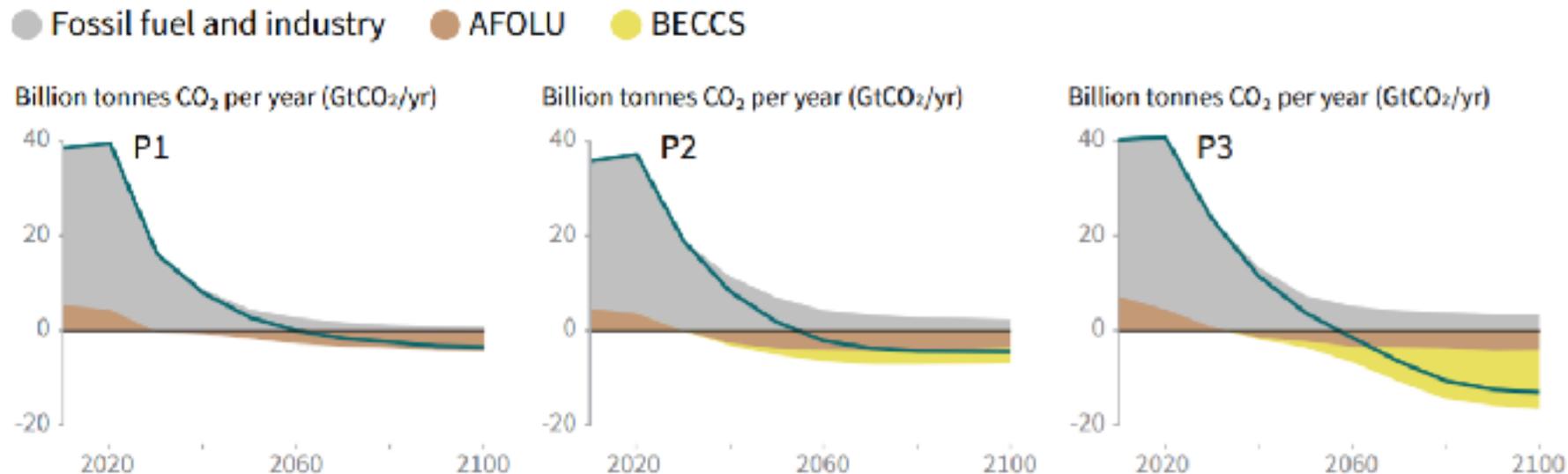
(出所) QUICK・ファクトセット

出典) 日本経済新聞 2021年3月2日

# 気候危機を回避するために：2030年エネルギー転換の実現を



大幅な超過排出を回避する  
3つのシナリオでは、  
2030年に電力の5～6割を自然  
エネルギーにすることが提案され  
ている。



IPCCの特別報告書は、1.5°C目標  
を達成するシナリオとして、2030年  
の時点で世界の電力の48%から60%  
を自然エネルギーで供給することを  
想定している。

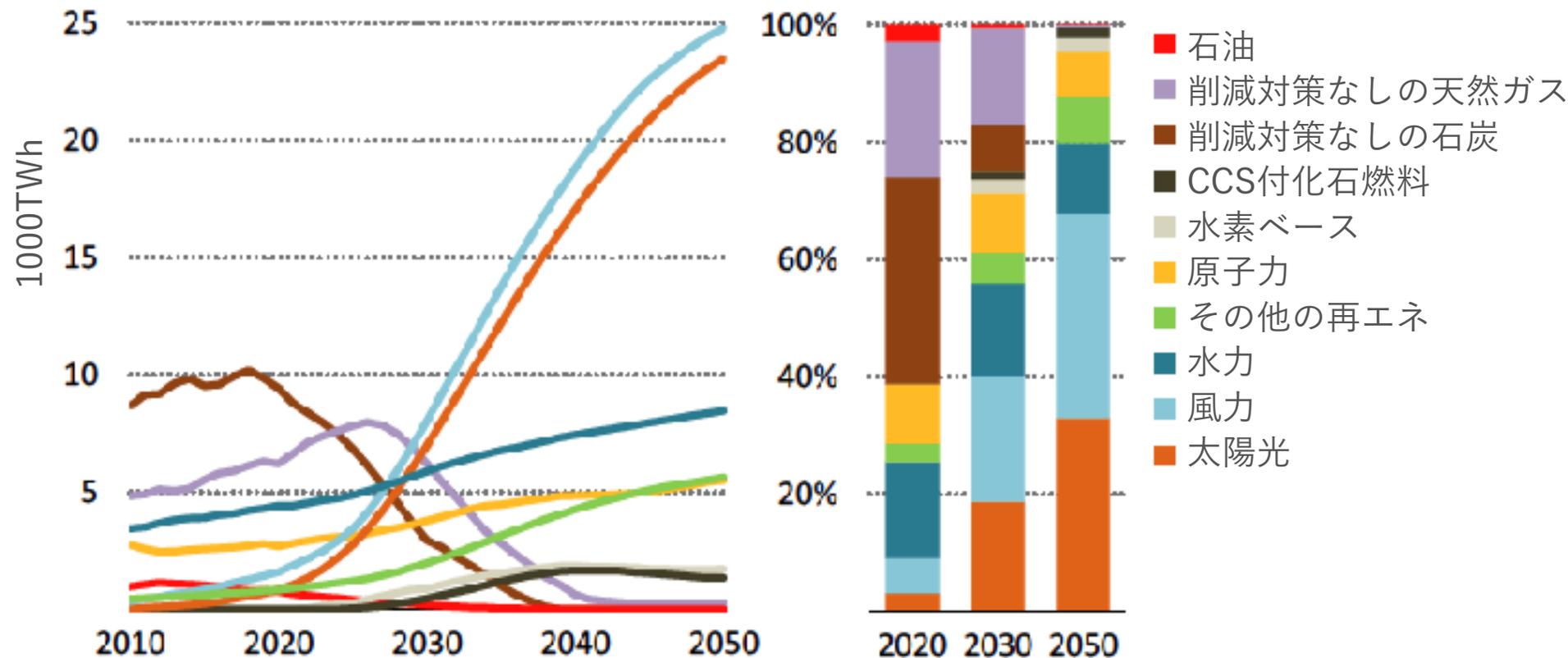
世界では既にこのレベルに挑む野  
心的な目標を定める国や地域も登場  
してきている。

Global indicators	P1	P2	P3
<i>Pathway classification</i>	No or low overshoot	No or low overshoot	No or low overshoot
<i>CO<sub>2</sub> emission change in 2030 (% rel to 2010)</i>	-58	-47	-41
<i>— in 2050 (% rel to 2010)</i>	-93	-95	-91
<i>Kyoto-GHG emissions* in 2030 (% rel to 2010)</i>	-50	-49	-35
<i>— in 2050 (% rel to 2010)</i>	-82	-89	-78
<i>Final energy demand** in 2030 (% rel to 2010)</i>	-15	-5	17
<i>— in 2050 (% rel to 2010)</i>	-32	2	21
<i>Renewable share in electricity in 2030 (%)</i>	60	58	48
<i>— in 2050 (%)</i>	77	81	63
<i>Primary energy from coal in 2030 (% rel to 2010)</i>	-78	-61	-75
<i>— in 2050 (% rel to 2010)</i>	-97	-77	-73

Source : IPCC "The Summary for Policymakers of the Special Report on Global Warming of 1.5°C (SR15)" (2018年10月)

# IEAーネットゼロシナリオも再エネ約90%

Figure 3.10 ▶ ネットゼロシナリオにおける世界の発電量



IEA. All rights reserved.

太陽光発電と風力発電の普及が進み、総発電量に占める再生可能エネルギーの割合は2020年の29%から2050年には90%近くまで上昇し、それを原子力、水素、CCUSが補完する。

# 気候危機を回避するために：2030年エネルギー転換の実現を



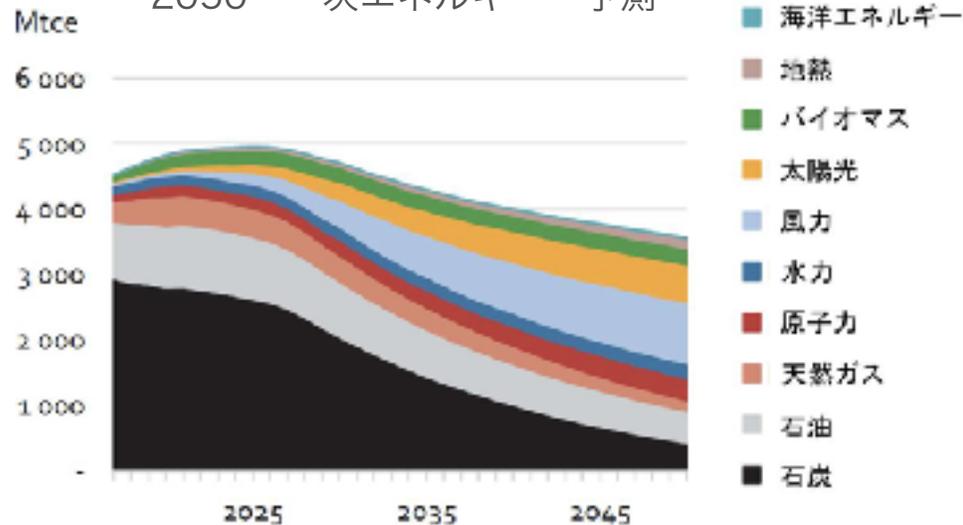
各国の2030年・2050年目標：世界では、2030年および2050年の温室効果ガス削減目標を実現すべく、自然エネ導入を加速し、高い目標値を設定。『2030年には電力の40-70%を自然エネルギーで供給、2050年のネット排出ゼロ』が先進国標準。

国・地域	自然エネルギー電力目標 (2050はシミュレーション) 2020-2030 2050		中期の削減目標 (1990年比)	2050の削減目標 (1990年比)	石炭数値
ドイツ	2030年までに65% 気候変動法		少なくとも80%	2035年に55%削減	2045年に気候中立 2038年ゼロ
英国	2030年60%のVRE +水力などその他の自然エネ	80%のVRE+ 水力などその他の自然エネ	2035年に78%削減 2035年に電力脱炭素化	2050年に気候中立達成 (2019年6月)	2025年ゼロ
フランス	2030年までに40%	—	2030年に40%削減	気候中立	2022年ゼロ
スペイン	2030年に74%	100%	2030年に20%削減	100%	2030年ゼロ
EU	2030に57% (最終エネルギー消費の32%)	少なくとも80-97%	2030年に55%削減 (2020年10月)	2050年に気候中立達成 (2020年3月)	
米国	加州 2030年に60% NY 2030年に70%	加州・ハワイ・NY 2045年に100%	2030年に50-52%削減 (2005比) 新政権：2035年に電力脱炭素化	少なくとも80%削減 (2005比) 新政権：2050年以前にネット排出ゼロ	
日本	2030年に22-24%		46%削減 (2013比)	気候中立	2030年26% 火力全体で56%

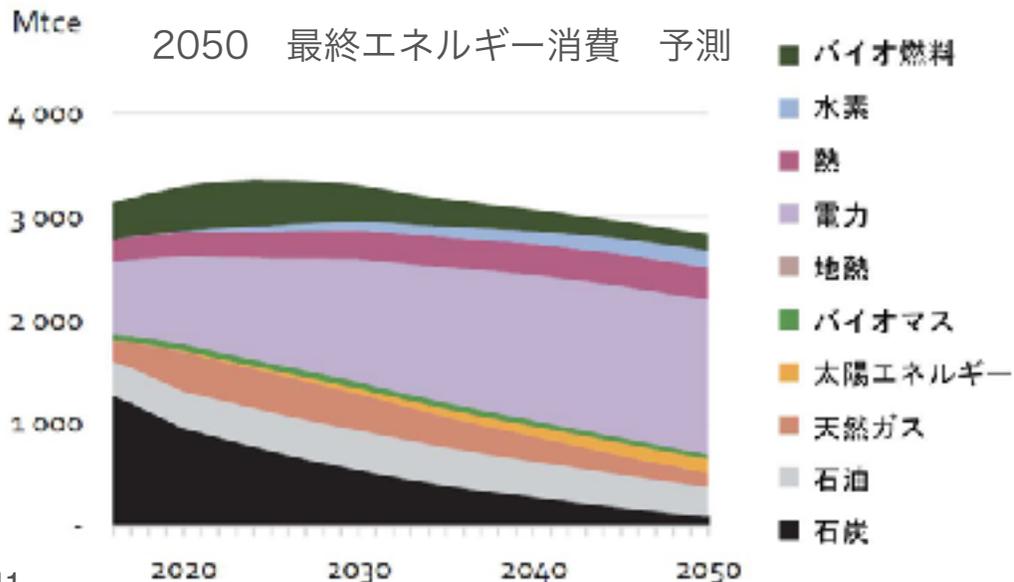
# エネルギー転換を加速する中国



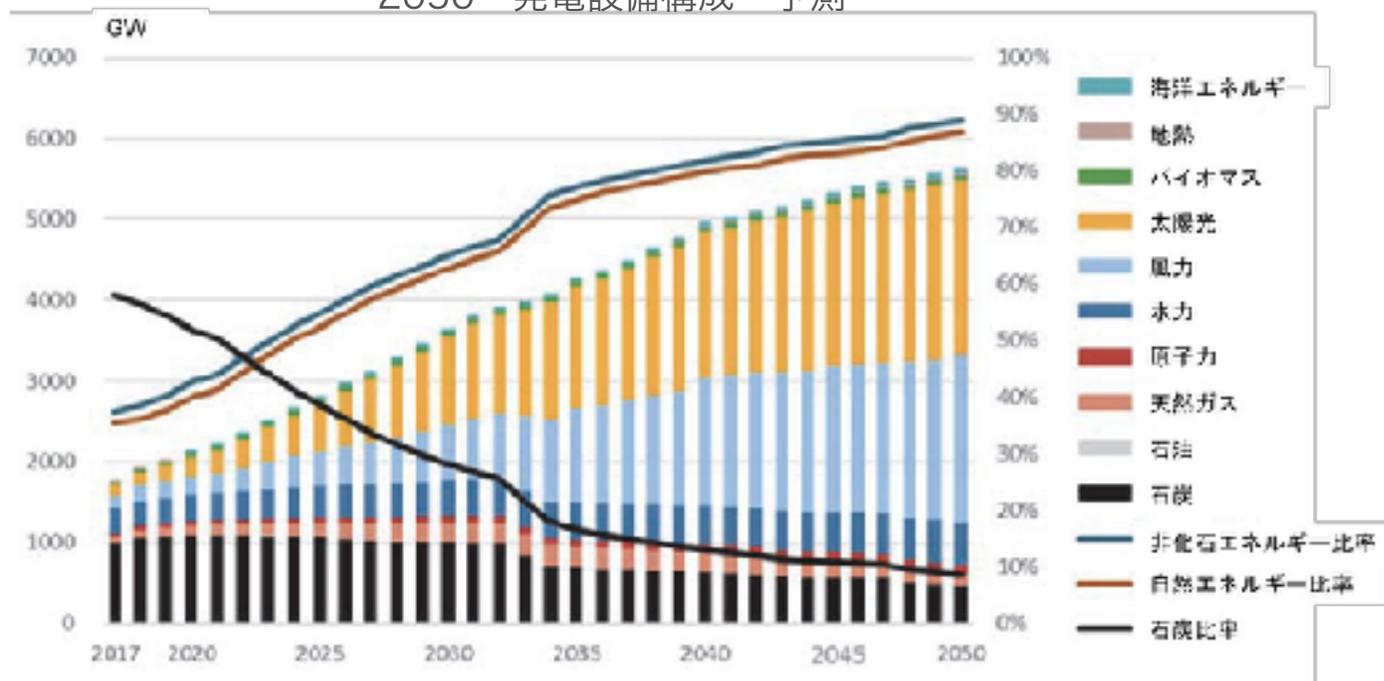
2050 一次エネルギー 予測



2050 最終エネルギー消費 予測



2050 発電設備構成 予測



中国「国家再生可能エネルギーセンター」

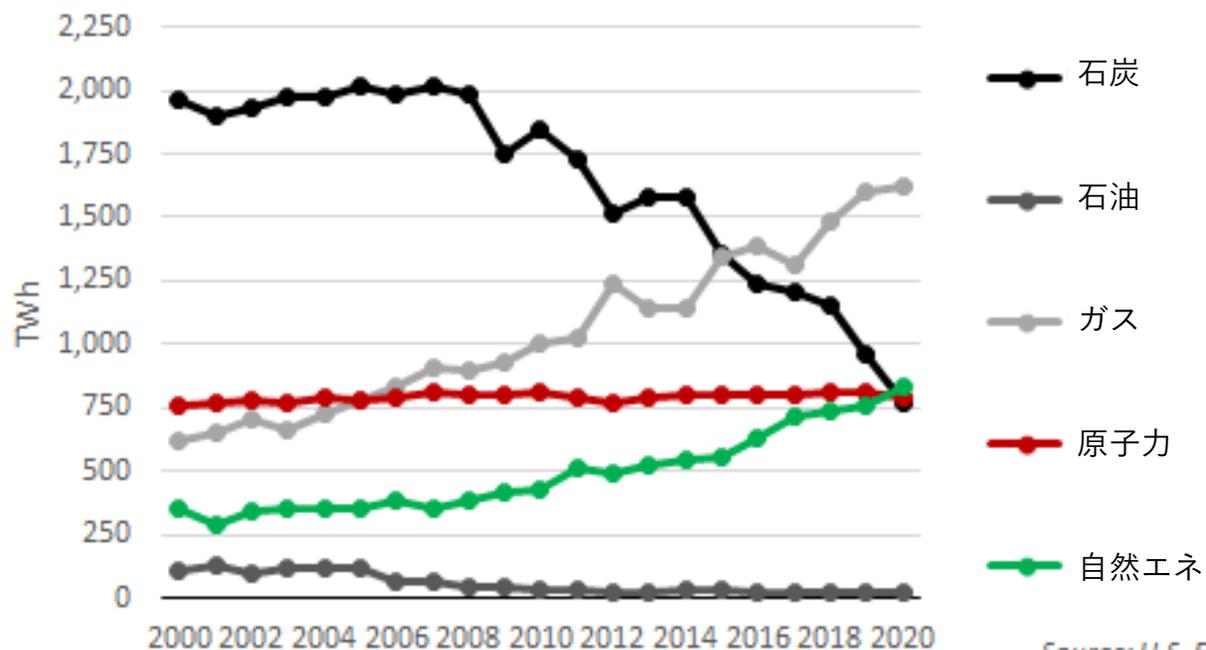
- 一次エネルギー消費総量が減少し、自然エネルギーが中心となる消費構造
- 風力と太陽光は将来の主要電源となる
- 電力は最終エネルギー消費の中心となる

# エネルギー転換を加速する米国

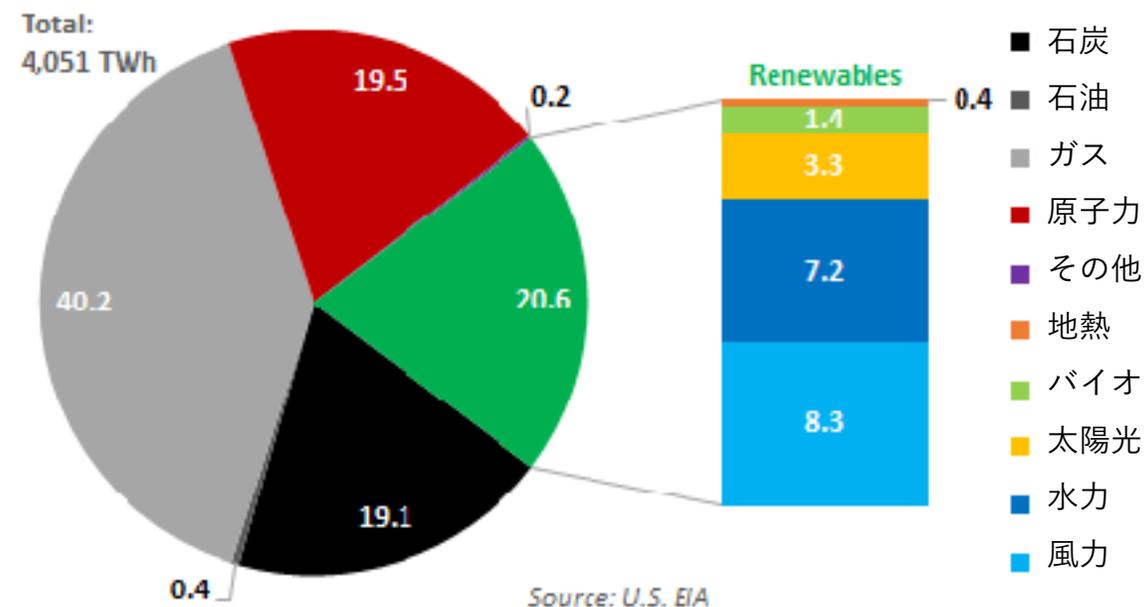


2020年、自然エネルギーが、それぞれ原子力と石炭からの発電量を追い越した。  
原子力は発電量を1.7ポイント落とし、ガス・自然エネルギーは急激に伸びている。

米国の電源別発電電力量 2000-2020年

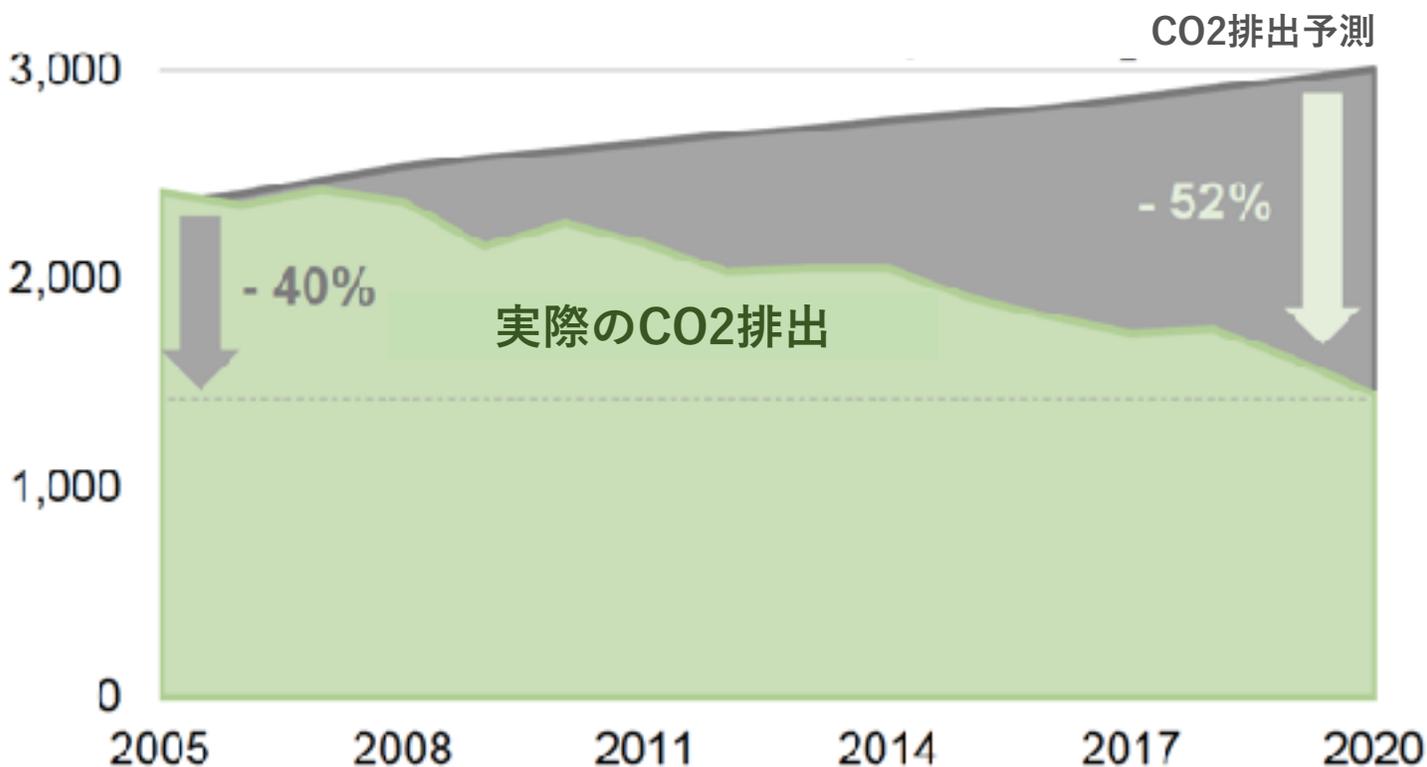


米国の電源別発電電力量 2020年





エネルギー関連二酸化炭素排出の状況 2005-2020 (MMT/yr)



CO <sub>2</sub> Reductions	2020 actual	2019 actual
<b>Electricity</b>		
Actual vs. 2020 projection	-52%	-46%
Actual change from 2005	-40%	-33%
<b>Residential</b>		
Actual vs. 2020 projection	-40%	-36%
Actual change from 2005	-29%	-24%
<b>Commercial</b>		
Actual vs. 2020 projection	-49%	-42%
Actual change from 2005	-32%	-22%
<b>Industrial</b>		
Actual vs. 2020 projection	-34%	-28%
Actual change from 2005	-22%	-15%
<b>Transportation</b>		
Actual vs. 2020 projection	-38%	-26%
Actual change from 2005	-18%	-3%

Notes: Residential, commercial, industrial, and transportation emissions include embedded emissions associated with electricity use. Negative numbers mean actual 2020/2019 was lower.

Figure 9. Sector-specific energy-related CO<sub>2</sub> emissions reductions

## カリフォルニア州の太陽光発電導入義務

### 州としての脱炭素目標を実現する建築セクターの政策

野心的な週の脱炭素目標：2045年までにカーボンニュートラル（知事令）

※2020年までに1990年レベル、2030年までの1990レベルから40%削減

（条例AB32,SB32）（知事令前の目標）

### 2020年までに住宅,2030年までに業務ビルをZNE

「従来のエネルギー基準は、不経済、非効率、そして不必要なエネルギー消費を削減し、室内外の環境の質を高めることに注力してきたが、2019年以降の基準は、住宅建築の効率化と、再エネ導入基準の導入により電力消費をオフセットしGHG排出を削減することに焦点を当てていく。」（2008年CA州エネルギー効率化長期戦略計画）

## 1) 概要

- 2019年建築エネルギー基準、制定2018年、施行2020年1月から
- **対象** 3階以下の全ての戸建、集合住宅
- **設置義務量**

導入量の最低基準は、天然ガスを使う一般住宅建築で使用する電力消費量をなどエネルギー消費までは含まないオフセット することを目安としている。すなわち、主として冷房、照明、コンセント用途の電力消費分を賄うことを目的とし、給湯、暖房（ガスボイラー、ストーブ、洗濯乾燥機

### • 費用効果スタディ

9500ドルの増加（平均3kW）モルゲージ40ドル/月

これに対して80ドルの便益—30年間で計算

## 2) 特徴

- **建築物建築エネルギー基準規制の一環であること**  
住宅建築物のエネルギー基準の中で、ZNEを目指す一環としてのPVの義務付け  
2008年から3度にわたる省エネ基準強化に加えて2020年直前でPV義務化
- **グリッドへの貢献**  
2019年改正のプロセスでダックカーブが問題化。そのため、接置義務量を減少  
させるとともに、デマンドリスポンスへのインセンティブを導入  
--バッテリー、ヒートポンプ給湯、プレクーリングなど
- **省エネとのトレードオフ**  
省エネ建築であれば、PV設置量を減らせる
- **コミュニティソーラーによるオフセット**: 敷地外のオプションもあり
- **ソーラーレディ義務**: 2014年から
- **Reachコード**: 自治体の先行導入を積極的にアシスト

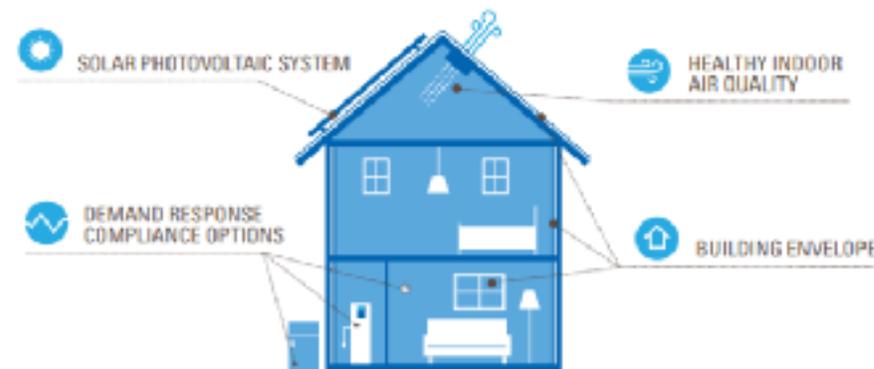
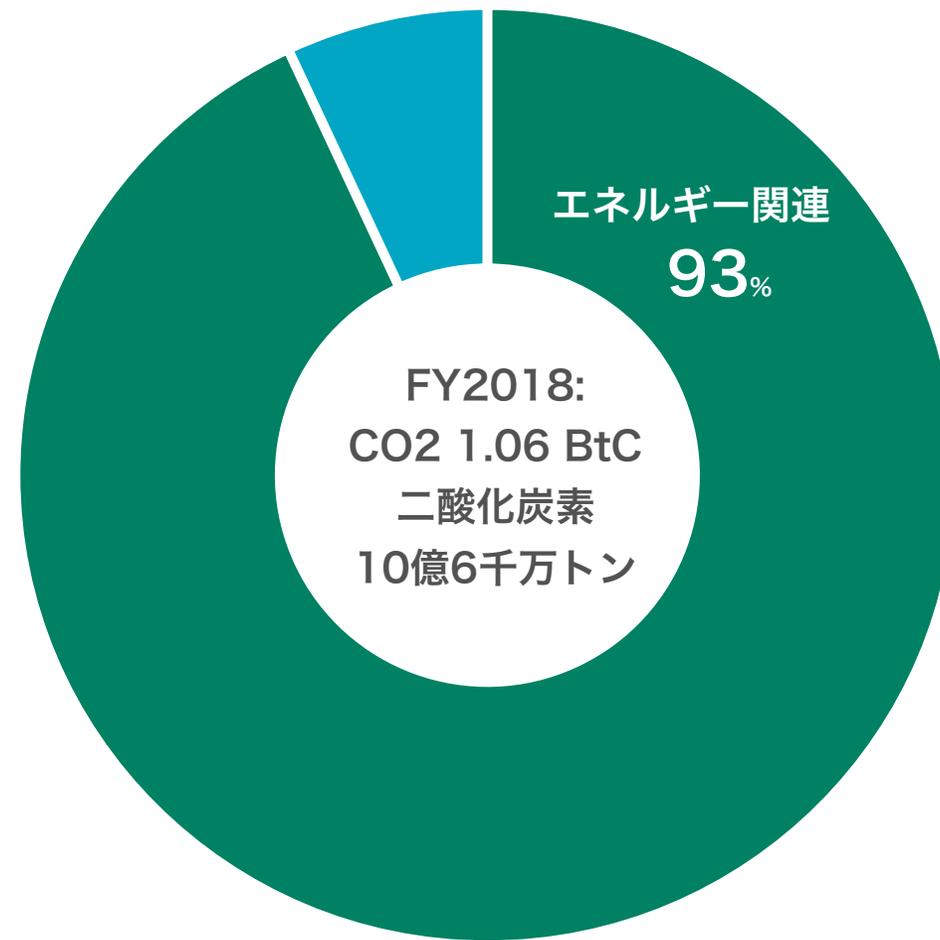
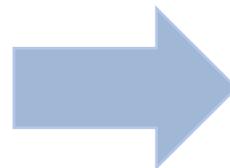
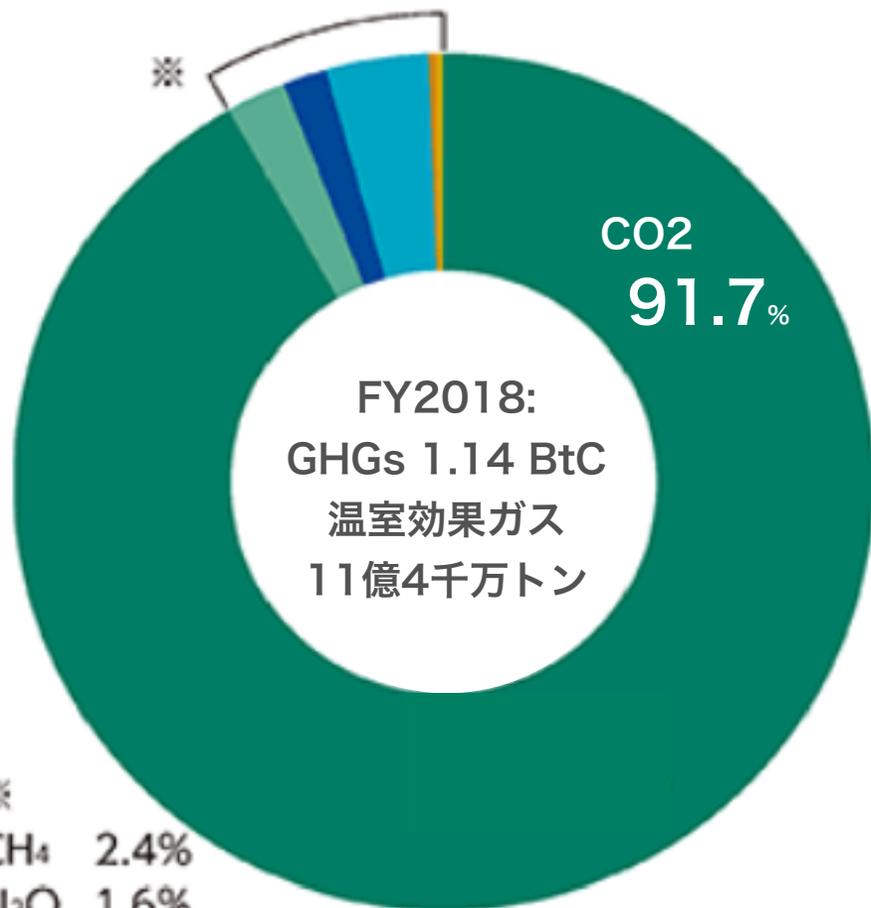


Figure 1— 2019 Energy Code Key Features Modified from California Energy Commission Infographic

# エネルギー転換こそが必要：日本の温室効果ガス排出



日本の温室効果ガス排出の92%が二酸化炭素、そのうち93%がエネルギー関連



※  
CH<sub>4</sub> 2.4%  
N<sub>2</sub>O 1.6%  
HFCs 3.8%  
PFCs 0.3%  
SF<sub>6</sub> 0.2%  
NF<sub>3</sub> 0.02%

# 加速するエネルギー転換：需要側からの取組RE100

2021年4月には  
世界で290社超  
日本は50社まで増加



Source: RE100

# 加速するエネルギー転換：需要側からの取組



## Google

- ・2017年から全世界の事業拠点の使用電力を自然エネルギー100%に。
- ・事業の拡大に伴って年率30%以上のペースで使用電力量が増えているが、100%を維持。
- ・2018年の時点で約100億kWhに達し、自然エネルギーの電力調達量は民間企業として世界最大。
- ・新たな目標として、AIを駆使し、すべての事業拠点において1時間単位で自然エネルギー100%の実現を目指す。

## Apple

- ・2018年から全世界の事業拠点の使用電力を自然エネルギー100%に。
- ・全世界のサプライヤーに、2030年までに自然エネルギー100%の生産を求める。

## Facebook

- ・2020年に自然エネルギー100%を目指す。
- ・2030年までにバリューチェーン全体で自然エネルギーを100%使用。
- ・自然エネルギーの調達量はGoogleに次いで世界2位。

## Amazon

- ・2025年までに全世界で自然エネルギー100%へ。
- ・他の企業にも2040年のカーボンニュートラルを働きかける協働プロジェクト
- ・「Climate Pledge」を立ち上げ。現在までにIBMなど53社が参加。

## Microsoft

- ・全世界で使用する電力を2025年までに自然エネルギー100%に。
- ・2030年までにサプライヤーを含むバリューチェーン全体でカーボンネガティブ（ゼロ以下）を目指す。さらに2050年までに創業時（1975年）からの累積排出量をゼロに。



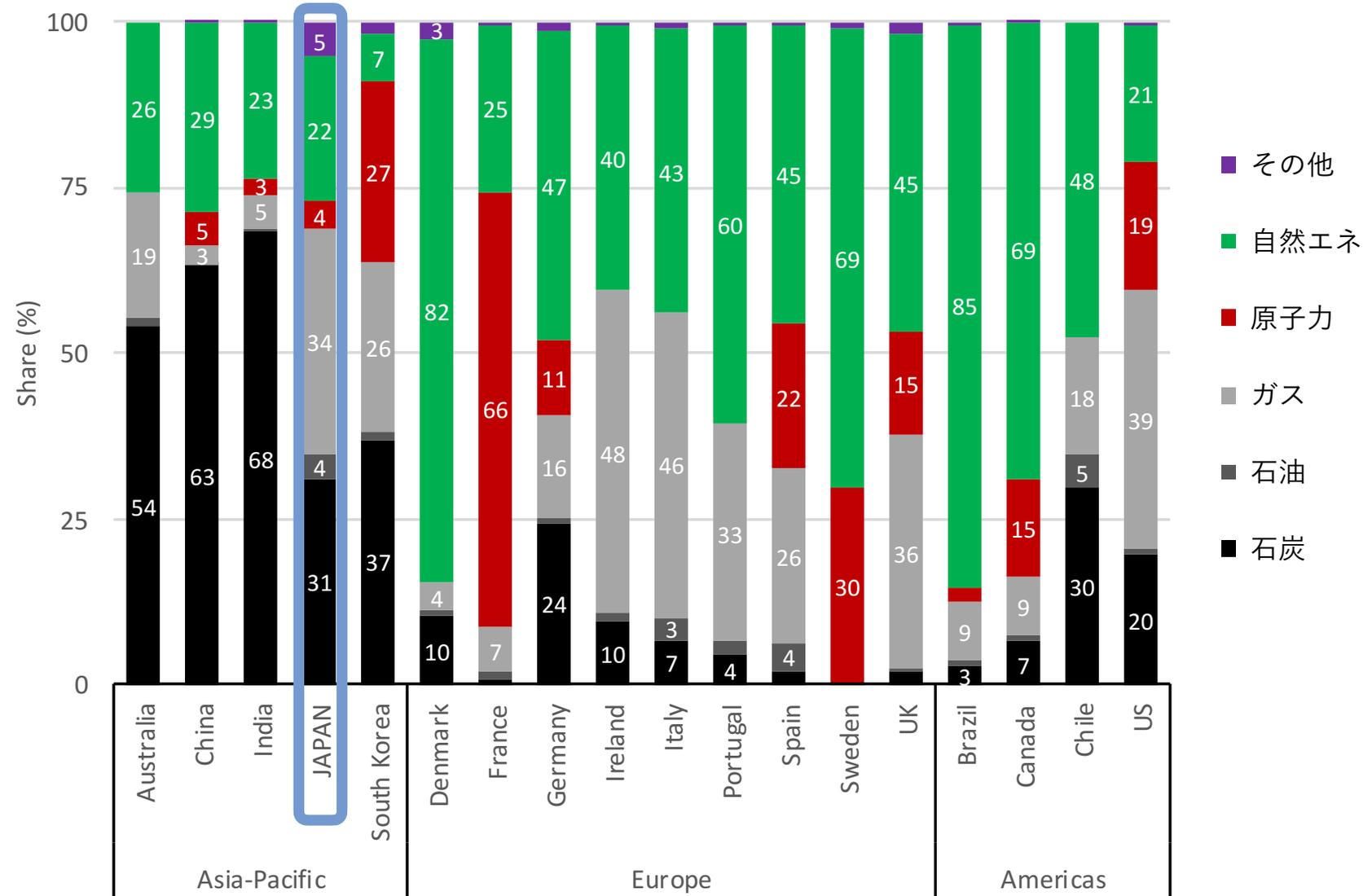
自然エネルギー財団の国際会議「REvision2017」（2017年3月8日、東京・イイノホール）にて、アップル社より、24ヶ国で100%自然エネルギーを目指す取組を発表。当時24カ国中日本だけが達成できていなかった。

# 世界と日本の発電ミックスの現状



2012年以降、日本の自然エネルギーは増加。他国との比較ではまだ自然エネルギーの導入量が低く、化石燃料依存が目立つ。

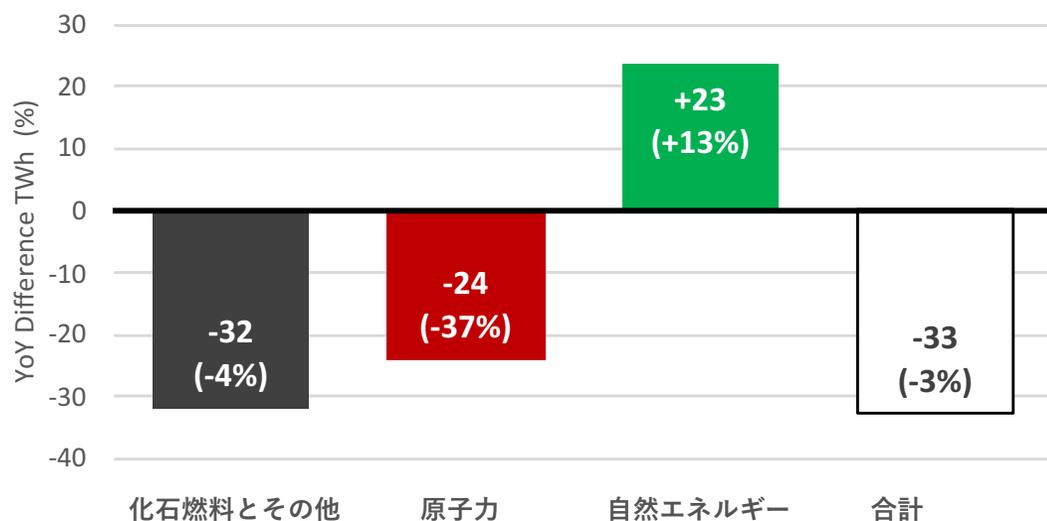
2020年 各国の発電ミックス（送電端）



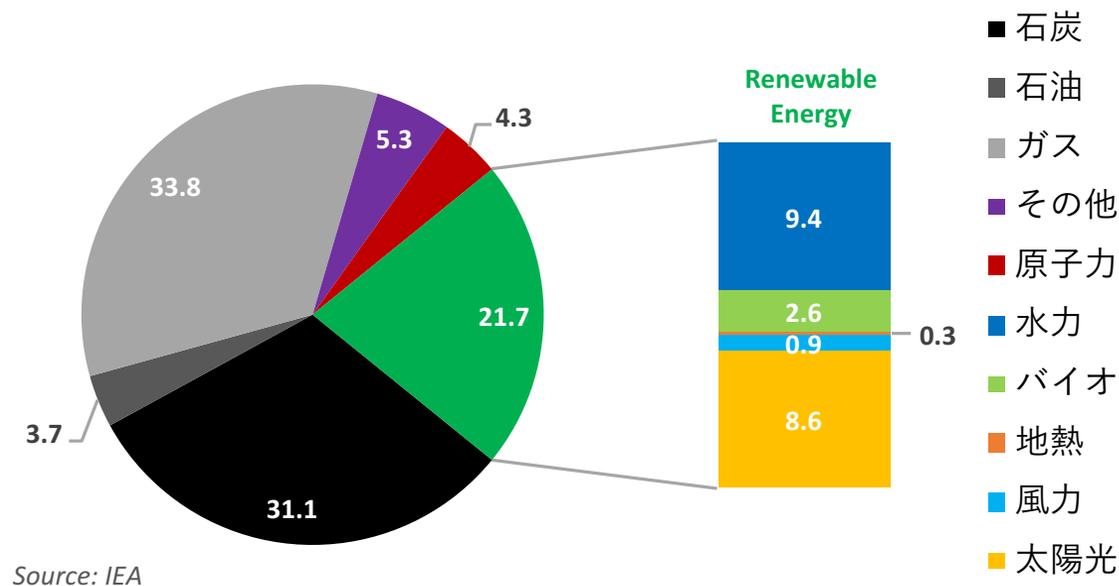
出典) IEA (2021) より自然エネルギー財団作成

IEAデータでは、2020年に22%に。すでに政府の2030年目標を達成。

日本の電源別発電量の変化  
2019-2020年

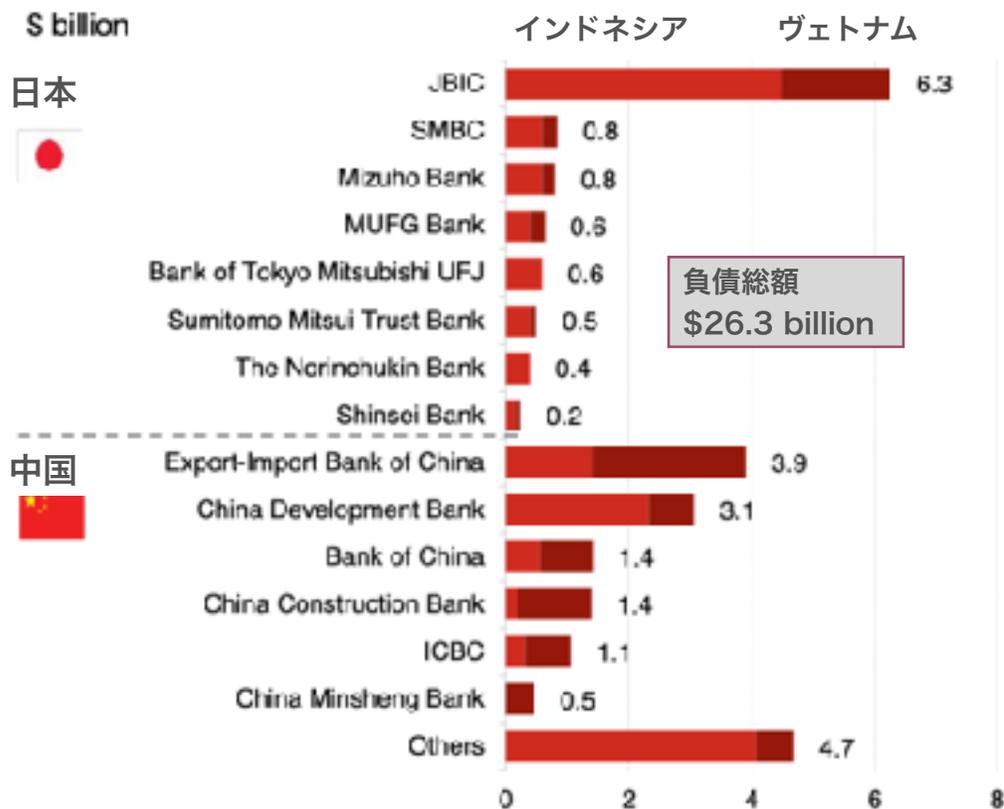


2020年の日本電源ミックス (送電端・%)  
2020 (%)



# エネルギー転換こそが必要：日本のアジアへの影響

## 日本と中国はインドネシアとヴェトナムにおける最も強力な石炭資金融資国



フィナンシャル・タイムズ  
2021年3月11日

China turns its back on Bangladesh BRI coal projects

Beijing's decision a rare signal of reluctance to fund polluting projects in Belt and Road Initiative

中国がバングラデシュの石炭投資を撤回：「中国側は、もはや炭鉱や石炭火力発電など大気汚染を招く事業への投資は検討しない」「一帯一路は環境に配慮したグリーン経済の発展の道だ」

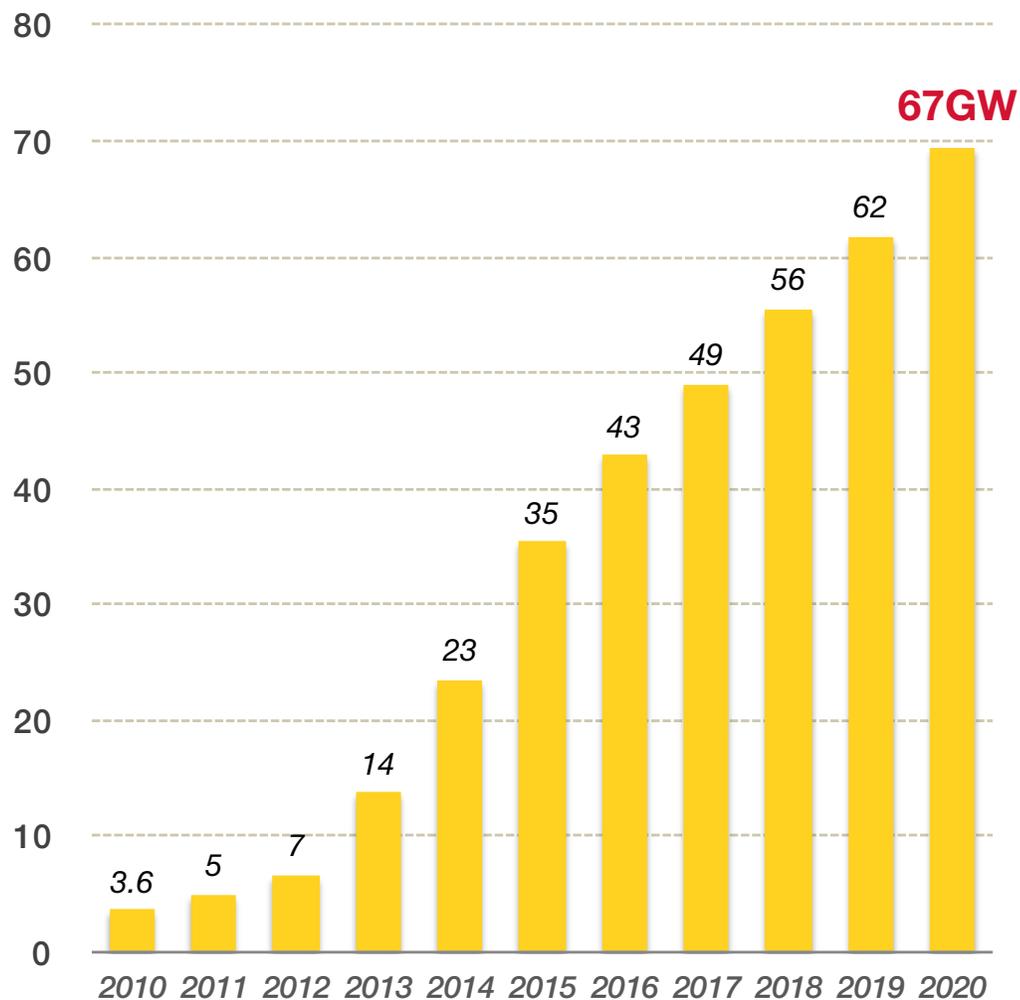
## 南アジア：2020-2023年自然エネルギー導入見通し



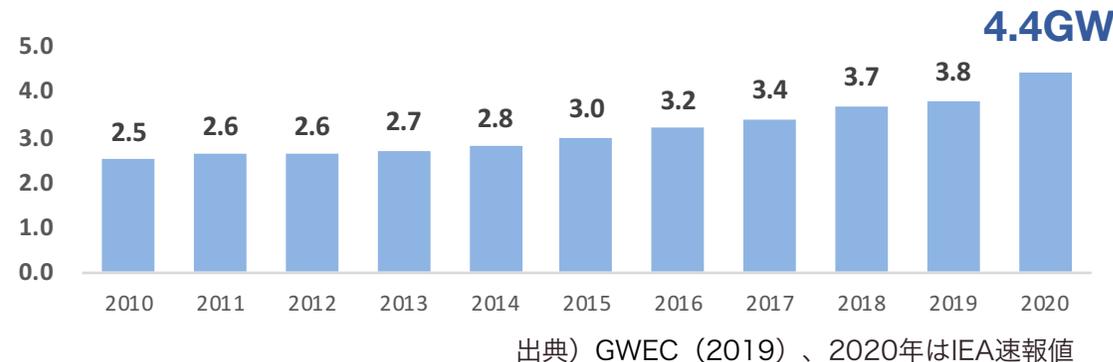
Source: BloombergNEF, based on publicly available information. Note: Others also include deals that did not disclose the lenders. The total debt amount disclosed was equally distributed among all disclosed lenders where the exact contribution of each lender was not available. JBIC – Japan Bank for International Cooperation, SMBC – Sumitomo Mitsui Banking Corporation, ICBC – Industrial and Commercial Bank of China, OCBC – Oversea-Chinese Banking Corporation.



日本の太陽光発電の導入量  
2010年 3.6GW → 2020年 67GW



日本の風力発電の導入量  
2010年 2.5GW → 2020年 4.4GW



- ◎ 2012年の固定価格買取法導入以降、売電用太陽光が開始。
- ◎ 一方で、風力発電は、系統接続の困難さ、助成制度や法制度の改定など変わる政策に伴って、市場が影響を受けてきた。

2000年：電力会社による長期購入メニュー

2003年：RPS法施行

2007年：改正建築基準法施行

2009年：地域新エネルギー等導入促進事業、

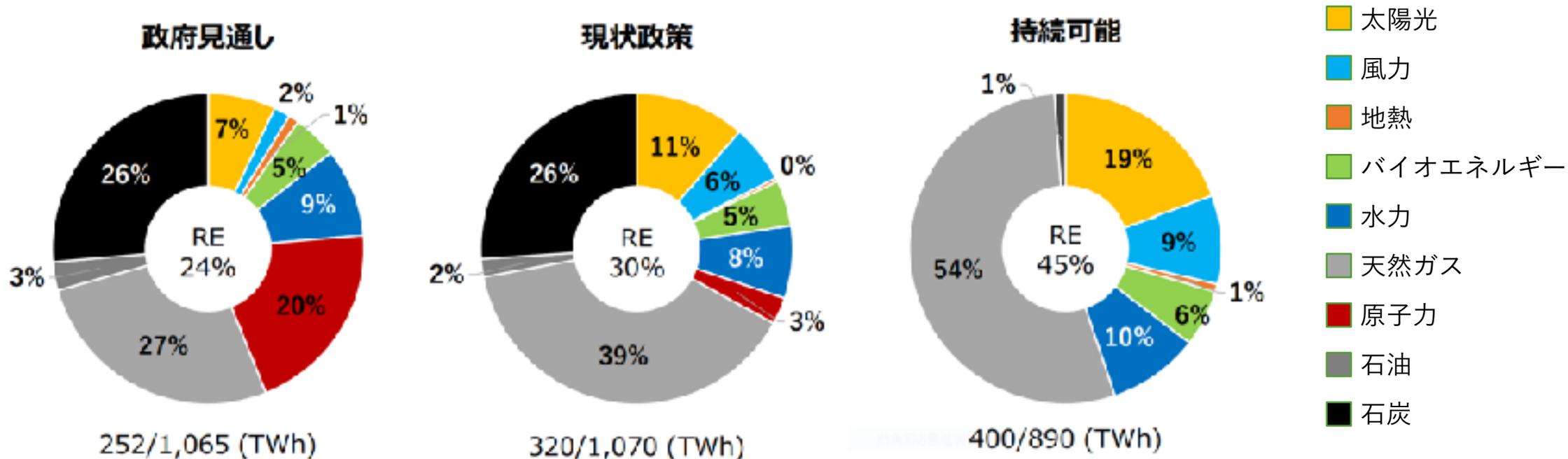
新エネルギー等事業者支援対策事業終了

2012年：FIT法施行（7月）、環境影響評価法施行（11月）

# 気候危機を回避するためには2030年での明確な転換が必要



日本の2030年戦略：2030年に自然エネルギー45%以上が必要



- ・原子力発電20～22%は実現不可能。
- ・自然エネルギー電力は、現状政策でも政府見通しは上回り30%程度になると予測。
- ・石炭火力が「非効率」設備の休廃止で26%に抑えられたとしても、化石燃料発電が63～67%となり、電力部門のCO<sub>2</sub>排出量は政府目標を上回る。

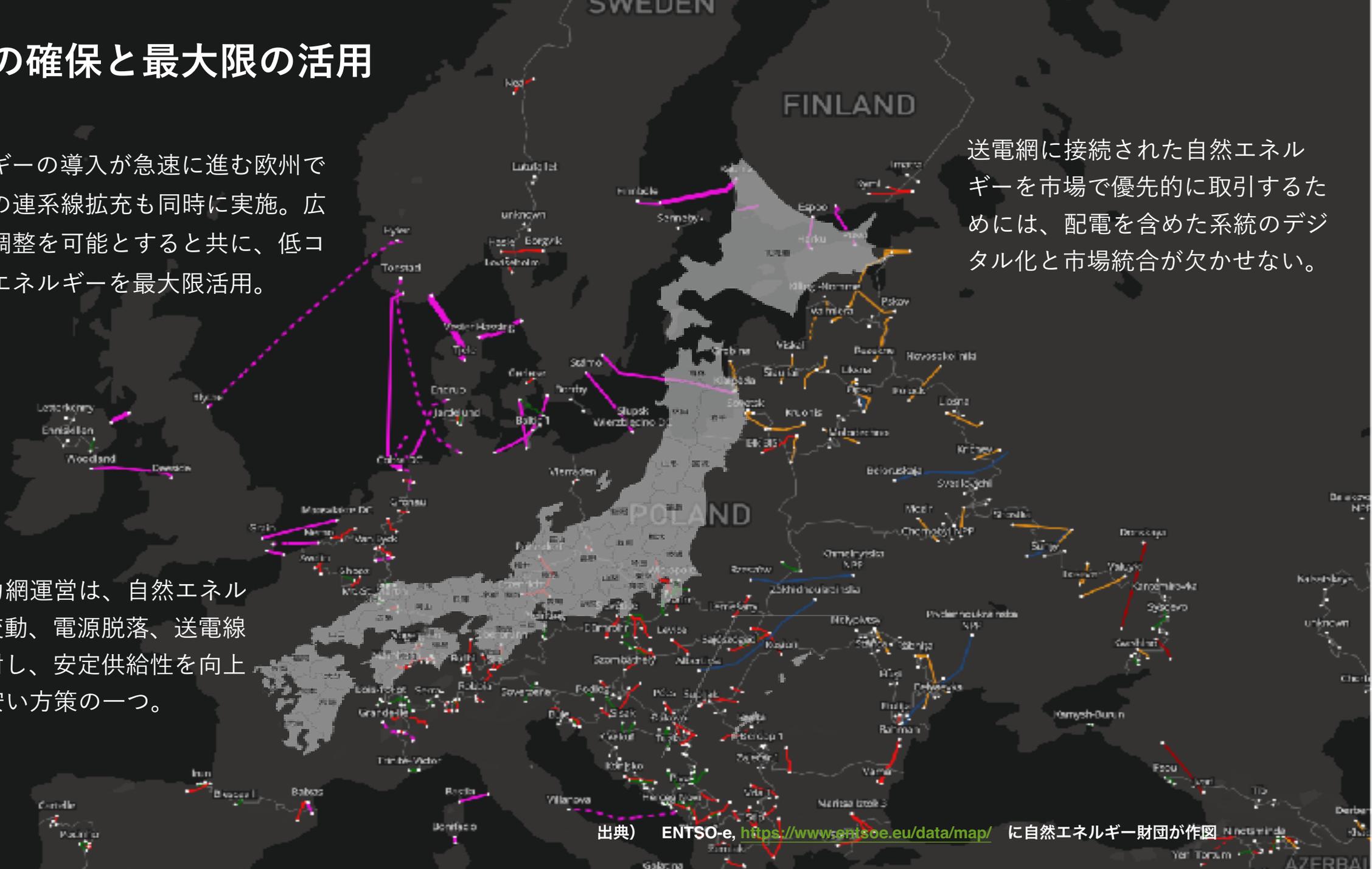
**2050年排出ゼロ実現へ、自然エネルギー電力を45%以上に高めることが必要**

# 柔軟性の確保と最大限の活用

自然エネルギーの導入が急速に進む欧州では、隣国との連系線拡充も同時に実施。広域での需給調整を可能とすると共に、低コストの自然エネルギーを最大限活用。

送電網に接続された自然エネルギーを市場で優先的に取引するためには、配電を含めたシステムのデジタル化と市場統合が欠かせない。

広域的な電力網運営は、自然エネルギーの出力変動、電源脱落、送電線事故などに対し、安定供給性を向上できる最も安い方策の一つ。



# 2030年検証：導入量の可能性：土地制約について

項目・単位	総面積	利用可能率	利用可能面積	設備容量
	万ha		万ha	GW(DC)
森林	-		1.4	6.7
空き地・原野(民有地)	15.5	10%	1.6	12.9
資材置き場	2.5	5%	0.1	1.0
駐車場	5.1	5%	0.3	2.1
ゴルフ場からの転用	-		2.3	12.3
その他・不詳	5.5	5%	0.3	1.5
耕作放棄地	42.3	15%	6.3	52.9
追加転用+追加荒廃農地	12.0	10%	1.2	10.0
湖沼水面	24.0	1%	0.2	2.0
ダム水面	21.0	5%	1.1	8.8
空き家の転用	4.7	5%	0.2	1.9
利用できない建物(廃屋等) -法人所有	0.3	10%	0.0	0.2
合計			15.0	112.4

- 地上設置型の導入量を83GW(AC端)見込む。DC端では97GWとなる。土地制約が懸念されることから、2030年度までの土地利用可能性についても検討した。
- 2030年度までに利用可能な地上設置型の土地の合計：15万ha
- 設置可能な設備容量（太陽電池容量）：112.4GW
- 森林：コストと環境影響の両面から利用可能地としては以下に限定。2017年までに林地開発許可を得ているもの（約1万ha）に、2018年及び19年の見通し（約0.4万ha）を加えた値。
- 他の用途からの転用について：例、近年ゴルフ場を太陽光発電に転用するケースが見られることから、利用可能な土地として考える。ゴルフ場の減少傾向から30年度の利用可能面積を計算。
- 農地の利用：42万haある耕作放棄地のうち一部が利用可能として計算。

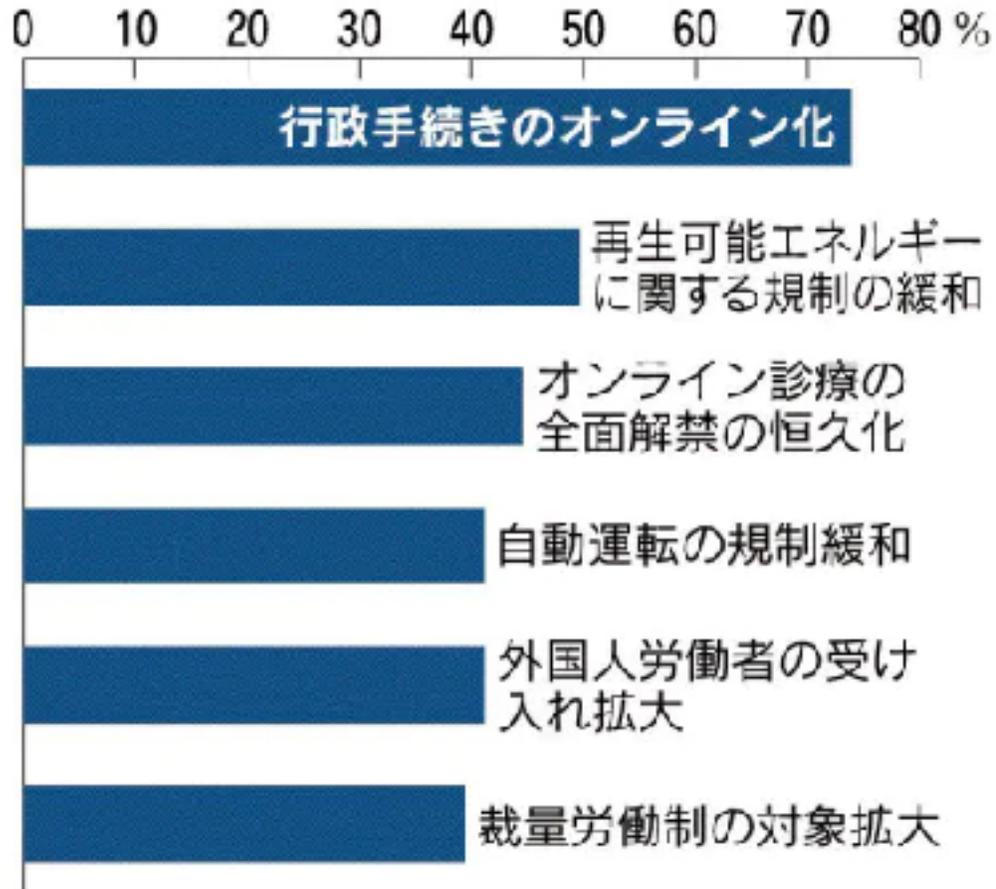
出典) 国土交通省(2013)『平成25年 世帯・法人土地・建物基本調査』、農水省(2017)「荒廃農地の現状と対策」、太陽光発電に係る林地開発許可基準の在り方に関する検討会(2019)「太陽光発電に係る林地開発許可基準の在り方に関する検討会報告書」、総務省(2019)「平成30年住宅・土地統計調査」、一般社団法人日本ゴルフ場経営者協会(2019)「利用税の課税状況からみたゴルフ場数、延利用者数、利用税額等の推移」より自然エネルギー財団作成。



# エネルギー転換：率先する企業

日経：社長100人アンケート 2020.09.28  
規制緩和「拡大を」9割 行政手続き・再生エネ

## 菅政権に求める規制緩和(複数回答)



## 企業が求める再生可能エネルギー拡大 気候変動イニシアティブ

2018・150社 → 2020・500社へ



2020年11月18日

河野規制改革担当大臣とソニー、リコー、花王、ニッセイアセットマネジメントの各社長

2050年カーボンニュートラルの実現に向けた、再生可能エネルギー等に関する規制等の総点検の取組

市場制約の解消：再エネ利用に係る需要家の選択肢の拡大

電源トラッキングの導入

- 電力市場においてあらゆる価値の証明の基礎となるため、今後国際基準との整合性を図るべく、FIT電源については発電事業者からの同意取得を不要とし、FIT電源のほぼ全量のトラッキングを実現する。

【令和3年度措置】

- 非FIT再生可能エネルギー電源については、令和3年8月から実証を開始し、実証の進展を踏まえつつ、全量トラッキングを実現することを目指す。

【令和5年8月までの実現を目指す】

- 全電源のトラッキングに関しては、トラッキングの進展も踏まえつつ、対応の可否を含め検討する。

【令和5年8月検討・結論】

「再エネ価値取引市場」の創設等

- RE100等の再生可能エネルギーへの需要家ニーズの高まりに対応するため、エネルギー供給構造高度化法達成のために創設された「非化石価値取引市場」から、再生可能エネルギー価値の取引機能を切り離し、「再生可能エネルギー証書」として国際的に通用する形で取引できる市場（「再エネ価値取引市場」）を新たに創設する。

【令和3年度上期検討・結論、令和3年11月から試行的実施】

- その際には、FIT電源だけでなく、非FIT再生可能エネルギー電源についても、同市場で取引する方策について検討し、速やかに結論を得ることを目指す。

【市場の成熟を図りながら、令和4年度までの検討・結論を目指す】

電源表示義務化や放射性廃棄物等に関する明確な表示

- 電気事業法の改正が必要となる、電源構成やCO2排出量などの表示の義務づけは引き続き検討する。

【令和5年8月検討・結論・措置】

- 電源の情報だけでなく、放射性廃棄物等に関する情報についても需要家や消費者の関心が高まっていることから、同情報についても小売ガイドラインにおいて開示が望ましい行為と位置付けることについて検討し、速やかに結論を得る。

【令和3年度上期までに結論を得ることを目指す】

需要家による再生可能エネルギー価値の直接取引の解禁、電源証明型証書への転換

- 従来小売電気事業者から電力とセットでしか購入できなかった再生可能エネルギー価値を、「再エネ価値取引市場」を新たに創設して需要家等に開放する措置を検討し、速やかに措置する。

【令和3年度上期検討・結論、令和3年11月から試行的実施】

- 事業者が脱炭素化に向けた自らの取組を対外的に示していくためには、電源の種類や産地情報が重要であり、これらの情報が付随した証書（電源証明型）の実現に向けて、関係者との意見交換を行いながら検討する。

【令和3年度検討・結論】

現行のFIT証書の最低価格の引き下げ

- 現行のFIT証書に設定されている最低価格の大幅な引き下げや撤廃を検討し、速やかに措置する。

【令和3年度上期検討・結論、令和3年11月から試行的実施】

発電事業者と需要家のオフサイト再生可能エネルギー供給契約（コーポレートPPA）締結の解禁

- 従来は、発電事業者と需要家間の直接供給契約の締結が認められていなかったが、欧米では認められていること、需要家の再エネ調達方法の多様化への要望等を踏まえ、自己託送の定義を拡大し、条件付（FIT又はFIP制度の適用を受けない電源による電気の取引であること等）で締結可能とする措置を検討し、速やかに措置する。

【令和3年上期検討・結論、結論後速やかに措置】

市場制約の解消：  
公正で競争的な電力市場に向けた  
制度改革

会計分離や発販分離も含めた、内外無差別的な電力卸売の実効性を高めるための総合的な検討

- 今冬のスポット価格高騰問題に関する議論を踏まえ、電力システムの基盤となる競争環境を整備する観点から、支配的事業者の発電・小売事業の在り方、具体的には、旧一般電気事業者の内外無差別的な卸売の実効性を高め、グループ内取引の透明性を確保するためのあらゆる課題（売入札の体制、会計分離、発販分離等）を総合的に検討する。

【検討開始済、令和3年度末を目途に結論を得ることを目指す】

旧一般電気事業者の卸電力市場における規制の在り方の検討

- 今冬のスポット価格高騰問題に関する議論を踏まえ、卸電力市場に係る旧一般電気事業者の自主的取組（グロス・ビディング、余剰電力の限界費用ベースでの全量市場供出）について、その必要性やより強制的かつ実効性のある規制措置（市場供出の義務化等）も排除せずに、旧一電の卸電力市場における規制の在り方を検討する。

【検討開始済、令和3年度上期までに結論を得ることを目指す】

2050年カーボンニュートラルの実現に向けた、再生可能エネルギー等に関する規制等の総点検の取組

系統制約の解消

ローカル系統や配電系統におけるノンファーム型接続（送電線混雑時の出力制御を条件に新規接続を許容する手法）の適用と費用負担

- 地域への電力供給を主体的に行い、再エネがメインで接続されるローカル系統におけるノンファーム型接続の適用については、増強計画の策定や再エネを調整電源化していく取組と一体的に検討を進め、令和6年度終了予定のNEDO事業の完了を待たず、接続の受付開始の前倒しを検討し、速やかに全国展開する。

【遅くとも令和4年度検討・結論・措置】

- 太陽光や風力といったより小規模な電源が接続される配電系統へのノンファーム型接続の適用拡大は、当面、分散型エネルギーリソースを活用したNEDO事業で、必要となる要素技術等の開発・検証を進め、その結果を踏まえて社会実装に向けた方向性を取りまとめ、速やかな展開を目指す。

【上記の検討・結論も踏まえつつ、遅くとも令和4年度までの検討・結論を目指す】

- 計画的な形でのローカル系統等の整備が望ましいことなどを踏まえ、ローカル系統等の整備と費用負担・接続のあり方を一体的に検討し、少なくともローカル系統に関しては原則一般負担化する方向で方向性を取りまとめる。

【令和3年上期検討・結論】

送電線利用・出力制御ルールの見直し

- 送電線の利用ルールについては、メリットオーダー（限界費用の低い順に系統利用できる仕組み）を追求していくが、市場落札されなかった電源が抑制される“市場主導型（ゾーン制等）”への見直しは、システム開発等により一定の時間がかかるため、早期に再エネの出力制御量を減らすため、まずは、市場価格も活用しつつ、事前に決められた順序に応じて送配電会社が出力制御を実施する“再給電方式”を開始する。

【令和4年措置】

- その後、市場主導型への見直しを検討し、早急な実現を目指す。

【上述を踏まえつつ、令和4年度までに見直しの検討・結論を目指す】

需給制約による出力抑制時の優先給電ルールの見直し

- 需給制約による出力抑制時の優先給電ルール\*は、メリットオーダーを徹底するとともに、柔軟性を高めるよう、最低出力の状況等を精査した上で、火力発電の最低出力運転の基準の引き下げ等を検討する。

（\*①火力、②バイオマス、③自然変動電源、④長期固定電源（地熱、水力（揚水式を除く）、原子力）

【令和3年内の可能な限り早い時期までに検討・結論】

蓄電池の導入促進策

- 再生可能エネルギーの自家消費や調整力の観点から定置用蓄電池の導入促進が重要。家庭用蓄電池については、価格目標や導入見通しの設定、EV電池の定置転用促進、製造設備への投資支援等に取り組む。系統用蓄電池についてはその法的位置づけ等の整理を進める。

【令和3年上期検討・結論】

北海道エリアにおける蓄電池の設置

- 北海道エリアにおけるサイト側蓄電池を一方向的に求める技術的要件については、最大限早期に廃止することを検討する。

【令和3年度内の可能な限り早い時期までに検討・結論】

- 同エリアにおける系統側蓄電池については、最新データに基づくシミュレーションによる必要性を再検証し、その結果として導入不可欠な場合は、一般負担化を検討する。

【令和3年度内の可能な限り早い時期までに検討・結論】

再エネの電力市場への統合を見据えた出力抑制の在り方の見直し

- FIT（Feed-in Tariff、固定価格買取制度）から今般のFIP制度（Feed-in Premium）の導入により、欧州同様に再生可能エネルギー事業者が自ら発電計画を提出する形となり、必ず買取が行われる状況から市場連動型での再生可能エネルギー導入が進む形へと転換していく中で、出力抑制の在り方について、卒FIT電源やFIP電源などの非FIT再エネへの出力抑制に一定の金銭的精算をすることも含めて早急に検討し、一定の方向性を取りまとめる。

【令和3年内の可能な限り早い時期までに検討・結論】

系統情報の公開・開示の推進

- 投資判断と円滑なファイナンスを可能とし、発電事業の収益性を適切に評価できるようにする観点から、出力制御の予見可能性を高めることが必要であり、可能な限りリアルタイムに近く、30分値で電源別にデジタル化して公開・提供する方針で見直しを実施する。また、火力の燃料種別の情報公開についても速やかに検討し、結論を得る。

【令和3年内の可能な限り早い時期までに検討・結論】

2050年カーボンニュートラルの実現に向けた、再生可能エネルギー等に関する規制等の総点検の取組

立地制約の解消：農地

農山漁村地域における再生可能エネルギーの導入目標の設定

- 2050年カーボンニュートラルに向けた農山漁村地域における再生可能エネルギーの導入目標を策定する。その際に、森林分野の導入目標も合わせて示す。【エネルギー基本計画の策定を待って検討・結論・措置】

荒廃農地上の営農型発電の要件緩和

- 荒廃農地を活用する場合に、一時転用の許可基準である単収8割以上の確保が困難であるため、荒廃農地上で実施する営農型発電設備の導入に際しては、単収8割要件は求めないこととし、発電設備の下部が適正かつ効率的に利用されているかどうかによって判断する。【措置済み】

営農型発電設備における一時転用期間更新の考え方の明確化

- 金融機関からの資金調達をより容易にするために、営農型発電における一時転用期間に関して、発電設備の下部の農地の営農等に支障が生じない限り、再許可による期間更新がなされる仕組みである旨を通知で明確化し、周知する。【措置済み】

農振除外や農地転用等の手続迅速化

- 関係機関の連携による複数手続（例：農振除外と農地転用）の同時並行処理の徹底等を通知で周知する。【措置済み】

再生利用困難な荒廃農地の“非農地”判断の迅速化

- 農業委員会が再生利用困難な荒廃農地（非農地）と判断した場合には、その旨を所有者、市町村、法務局等の関係機関に対して通知し、通知を受けた市町村長が職権で一括して法務局に地目変更の申出を行うよう通知を発出する。【措置済み】

再生利用可能な荒廃農地の活用に向けた要件緩和

- 農山漁村再エネ法（転用許可の例外を規定）の対象となる再生可能な荒廃農地の3条件（①生産条件が不利、②相当期間不耕作、③耕作者を確保することができず、今後耕作の見込みなし）を③のみに要件緩和する。【令和3年7月措置】

立地制約の解消：「所有者不明土地」

所有者不明土地特措法における対象の拡大

- 同法の対象事業（地域福利増進事業：使用権設定）の範囲を、出力1,000kW以上等の要件を満たす再エネ設備だけでなく、出力1,000kW未満の設備にも拡大する措置について、同事業が地域の福祉や利便の増進に寄与する事業を対象としている趣旨を十分に踏まえつつ、有識者や地方公共団体などの意見を伺いながら令和4年の同法施行3年経過の制度見直しに向けて検討する。【令和4年の制度見直しを目指して令和3年検討・結論】

立地制約の解消：森林

林野行政における再エネの位置付けの明確化

- 再生可能エネルギー利用促進に取り組む考え方について、次期の「森林・林業基本計画」において明確化し、同計画の趣旨や具体的な取組について下記マニュアル等により森林管理局や都道府県に対して指導を徹底し、森林の公益的機能の発揮と調和する再生可能エネルギーの利用促進を図る。【令和3年上期措置】

国有林野の貸付け等に係る手続の迅速化、透明化

- 簡素化可能な書類や他の手続と共用可能な書類を精査・検討し、再エネ特化の詳細なマニュアルを作成
  - 緑の回廊については、事例も踏まえつつ、再生可能エネルギー施設の設置等に係る基準を明確化・公表
- 【令和3年上期（第一案）、令和3年度上期（取りまとめ版）】

保安林の解除事務の見える化を通じた迅速化、簡素化

- 風力発電や地熱発電の保安林解除の事例を業界団体の協力を得つつ分析・整理し、手続の流れ・必要書類等を記した再エネ特化のマニュアルを作成・周知する。【令和3年上期（第一案）、令和3年度上期（取りまとめ版）】
- 保安林制度に関する通知類やマニュアル等を掲載する「保安林ポータル（仮称）」を新たにHP上に開設する。【令和3年上期措置】

保安林解除・許可基準の解釈リテラシー向上等

- 作業許可基準の取扱い（例：発電所建設用アクセス道路の「森林の施業・管理に必要な施設」への該当、作業許可期間の延長、作業許可の面積等の解釈）を具体的に整理・周知する。【令和3年上期措置】

## 立地制約の解消：「自然公園法・温泉法」

### 自然公園を中心とした地熱発電の導入目標の策定

- 環境省は、新たな2030年の温室効果ガス削減目標の達成や2050年カーボンニュートラルに向け、各種課題の克服を前提としつつ、経済産業省の協力も得て、自然公園を中心とした地熱発電の導入目標を策定する。  
**【順次検討・結論・措置】**
- 地熱開発の加速化のために、環境省自らが率先して行動することを定めた「地熱開発加速化プラン」を進める。2030年までに、10年以上とされる地熱発電のリードタイムを自然公園内の案件開発の加速化で2年程度短縮し、最短で8年程度を目指すとともに、60超の地熱施設数を全国で倍増することを目指す。  
**【順次措置】**

### 自然公園における許可基準や審査要件の明確化

- 自然公園内における地熱発電等の許可基準及び審査要件（どのような立地や設計であれば容認するかの方針や工夫）の明確化について、専門家や事業者団体等の意見を踏まえて検討し、結果を通知等に反映する。

**【令和3年度上期検討・結論・措置】**

### 自然公園内の地熱発電の取扱いに関する「基本的な考え方」の転換

- 「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて（平成27年10月2日 環境省自然環境局長通知）」における、第2種・第3種特別地域で「地熱開発は原則としては認めない」という記載について、優良事例を積極的に容認しつつ、地熱開発の加速化に貢献していくという趣旨が明確になるよう基本的な考え方の整理について検討し、措置する。

**【令和3年度上期検討・結論・措置】**

### 地熱資源等の適切な管理に関する新制度の検討

- 2050年カーボンニュートラル実現に向けて、有限な温泉・地熱資源の適切な管理に関する新たな制度に関して、現状把握した上で検討する。

**【令和3年度上期に現状把握した上で論点を整理、必要に応じて環境省・経済産業省合同で検討会を設置し検討】**

### 温泉法による都道府県における離隔距離規制や本数制限等の撤廃

- 温泉法による大深度の傾斜掘削に対する離隔距離規制や本数制限等について、まずは都道府県の規制について科学的根拠のない場合の撤廃も含めた点検を求めるとともに、都道府県の規制内容及びその科学的根拠の公開を行うよう通知等にて周知する。  
**【令和3年上期措置】**
- 更に、都道府県等の意見聴取、実態把握、有識者による検討を経て、離隔距離規制や本数制限等についての科学的な知見を踏まえた考え方や方向性について結論を得て、「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」にも反映する。  
**【令和3年度上期検討・結論・措置】**

## 立地制約の解消：「環境アセス」

### 風力発電の環境影響評価手続の対象事業規模要件の見直し等

- 環境影響評価法の対象となる第一種事業の風力発電所の規模に関し、最新の知見に基づき、他の法対象事業との公平性の観点から検討した結果、「1万kW以上」から「5万kW以上」に引き上げる措置を講ずる。  
**【順次措置】**
- 立地に応じ地域の環境特性を踏まえた、効果的・効率的なアセスメントに係る制度的対応のあり方について迅速に検討・結論を得る。

**【令和3年上半期には具体的な検討を開始、令和4年度結論】**

### ゴルフ場等の開発済み土地における太陽光発電等の推進に向けた環境影響評価手続の明確化

- 現行制度上でも、環境影響の評価を行う項目は、事業特性・地域特性に応じて事業者自ら選定することが可能であり、手続きの簡素化を図ることができるが、このようなメリハリのある環境影響評価を進めるために、太陽光発電に関するメリハリのある環境影響評価に係る「ガイドライン」を公表する。  
**【令和3年上期措置】**

## その他：保安・安全規制等の見直し（ソーラーカーポート、バイオマスボイラー等）

### ソーラーカーポートの促進に向けた、アルミニウム合金造の建築物に係る手続きの緩和

- 太陽光パネルのコストダウンが進みカーポートの屋根に敷設する太陽光発電の導入が進みつつある中、カーポートに多く用いられているアルミニウム合金造の小規模な建築物を、建築確認の審査時における構造基準についての審査省略制度の対象に追加する措置を講ずる。

【令和3年7月措置】

### ソーラーカーポートの促進に向けた、杭基礎一体工法の解釈の明確化

- コスト削減のため、コンクリート基礎を用いない杭基礎一体型の駐車場屋根置き太陽光発電設備が新たに開発されたが、自治体によっては同工法の解釈が明確でなかったため、杭と基礎が一体化した杭基礎工法であっても建築基準法上の基礎に該当する旨を、通知を发出し明確化する措置を講ずる。

【令和3年7月措置】

### 太陽電池発電設備の技術基準の明確化

- 太陽電池発電設備については、電気設備の技術基準等において、自重、地震、風圧等の加重に対し安定であることなどを規定していたところ、技術革新の進展や設置形態の多様化等を踏まえ、民間規格や認証制度と柔軟かつ迅速に連携できるよう、太陽電池発電設備に特化した技術基準を策定する。

【措置済み】

### 太陽電池発電所等における兼任要件等の見直し

- 太陽電池発電所における電気主任技術者の兼任要件や月次点検時の遠隔監視システムによる現場点検の代替、外部委託承認制度における実務経験年数の短縮化に関して、所要の改正を行う。

【措置済み】

### 風力発電の風況観測塔の設置に係る建築基準法の緩和

- 風車の大型化に伴い主流となる高さ60m超の風況観測塔に関して、存続期間が限定的かつ、人が容易に立ち入らない場所や洋上に設置され、人家への影響も考えにくいことなどから、
  - 人が容易に立ち入らない場所に立地する存続期間が2年以内の簡易な形状の風況観測塔で、60m超のものに適用されている建築基準法による一律の基準を緩和し、時刻歴応答解析を不要とする。
  - 人が容易に立ち入らない場所に立地する存続期間が2年以内の風況観測塔その他の簡易な形状の工作物に対する規制を緩和し、高さ60m超であっても大臣認定を不要とする。

【令和3年度上期措置】

【令和3年度検討・結論、結論後速やかに措置】

### バイオマスボイラーに係る安全規制等の見直し

- バイオマスが低発熱量燃料であることから、同出力の他燃料のボイラーと比較し、伝熱面積が相対的に大きくなり、大気汚染防止法のばい煙測定対象となりやすく、結果としてコスト高に繋がっていた。再検討した結果、伝熱面積と排出ガス量の間に強い相関が確認できず、伝熱面積を規模要件として規制することは公平さを欠くことが起こりうることから、ボイラーにおける規制規模要件から伝熱面積を撤廃し、燃焼能力のみとする措置を講ずる。
- 労働安全衛生法における温水ボイラーの規制区分が欧州の流通段階における規制区分と異なり、バイオマスボイラー普及の障害の一つとなっているため、使用段階を含む海外規制（欧州や米国等）及びバイオマス温水ボイラーの特性を詳細調査、専門家による技術検討等を実施し、規制の見直しを措置する。

【令和3年度上期政令公布】

【令和3年8月検討・結論、結論後速やかに措置】

## 洋上風力独自の規制見直し

**カボタージュ規制**（主権・安全保障の観点から、自国内の貨物又は旅客の輸送は、自国の管轄権の及ぶ自国籍船に委ねるという国際的な慣行として確立した制度）に関する国土交通大臣の特許の審査基準の明確化

- カボタージュ規制に関連して、例外的に外国籍船の国内輸送も可能とする国土交通大臣の特許（船舶法第3条但し書に規定）の審査基準を国土交通省HP等にて明確化する。

【措置済み】

### 洋上風力発電の事業終了後の原状回復義務や残置規制の明確化

- 海洋汚染防止法に照らして認められる海洋環境の保全に十分に配慮した撤去方法の具体的な在り方については、令和2年度に関係省庁連絡会議を開催して検討を重ねているところであるが、今後有識者を交えた検討会を開催し、一定の考え方を示す。

【令和3年度上期措置】

## その他：住宅・建築物分野における省エネルギー対策の推進

### 住宅・建築物分野の省エネ対策の強化に関するロードマップの策定

- 2050年カーボンニュートラルの実現目標からのバックキャストの考え方に基づき、地球温暖化対策計画及びエネルギー基本計画の見直しにあわせて、規制措置の強化やZEHの普及拡大、既存ストック対策の充実等対策の強化に関するロードマップを策定する。

【地球温暖化対策計画及びエネルギー基本計画見直しに合わせて策定】

### 省エネルギー基準の適合義務化・基準強化

- 現在の省エネルギー基準を全ての建築物・住宅において適合義務化、また脱炭素化に向けて段階的に基準を強化していくことを検討する。

【地球温暖化対策計画・エネルギー基本計画見直しに合わせて検討・結論】

### 住宅・建築物のエネルギー性能表示の推進

- 消費者が建物の性能を認識し、改善する機会を提供するだけでなく、比較して選択することができるよう、省エネルギー性能表示の義務化も含めた更なる規制の強化を検討する。

【地球温暖化対策計画・エネルギー基本計画見直しに合わせて検討・結論】

### ZEH(\*)の更なる普及拡大に向けた方策

(※広義のZEHを指す。なお、狭義のZEH=ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)

- 現在のZEHの2030年目標「新築住宅の平均でZEH」だけでなく、ZEHの断熱基準の適合義務化や太陽光発電設置も含めたZEHの義務化などの規制的措置も含め、ZEHの更なる普及拡大に向けた方策について検討する。

【地球温暖化対策計画・エネルギー基本計画見直しに合わせて検討・結論】

### 既存住宅・建築物の省エネルギー対策の推進

- 既存住宅・建築物の省エネルギー対策の更なる推進に向けて、増改築や大規模改修時における省エネルギー基準の適合義務化を検討する。

【地球温暖化対策計画・エネルギー基本計画見直しに合わせて検討・結論】

### 建材や設備などの性能の強化

- トップランナー制度のうち、目標年度を過ぎた各種のエネルギー多消費機器については、技術の進展や足下の高効率機器の普及状況を踏まえつつ、基準の見直しを随時行っているところであるが、今後も順次適切に見直しの検討を行っていく。

【今後順次検討・結論・措置】

- 建材トップランナー制度については、今後、事業者の達成状況を確認しつつ、住宅等の省エネ基準等見直しと統合的に、2050年カーボンニュートラルを踏まえ、住宅の断熱性能の向上に資する高性能な建材が市場に普及していくようトップランナー基準の引上げを含めた制度の見直しに向け、方向性に取りまとめる。

【令和3年度内の結論を目指す】

- 需要側が高性能な窓を選択可能とすることにより低品質な窓が市場から排除されるよう、窓の性能表示制度のあり方について見直しの検討を行い、結論を得る。

【令和3年度内の結論を目指す】

### 官庁営繕事業におけるZEB(\*)の取組

(※広義のZEBを指す。なお、狭義のZEB=ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)

- 低コスト化のための技術開発の動向等を踏まえつつ、今後予定する新築事業については原則ZEB Orientedとし、ノウハウを蓄積しつつ、2030年までに新築建築物の平均でZEBを実現することを目指す。

【今後順次措置】

- 各府省庁等におけるZEBの実現に寄与するため、先進事例のノウハウをまとめた事例集等を作成し共有するとともに、得られた技術情報を基に、官庁施設整備に適用する基準類の見直しを進める。

【事例集作成：令和3年度措置、基準類見直し等：令和3年度検討・結論】

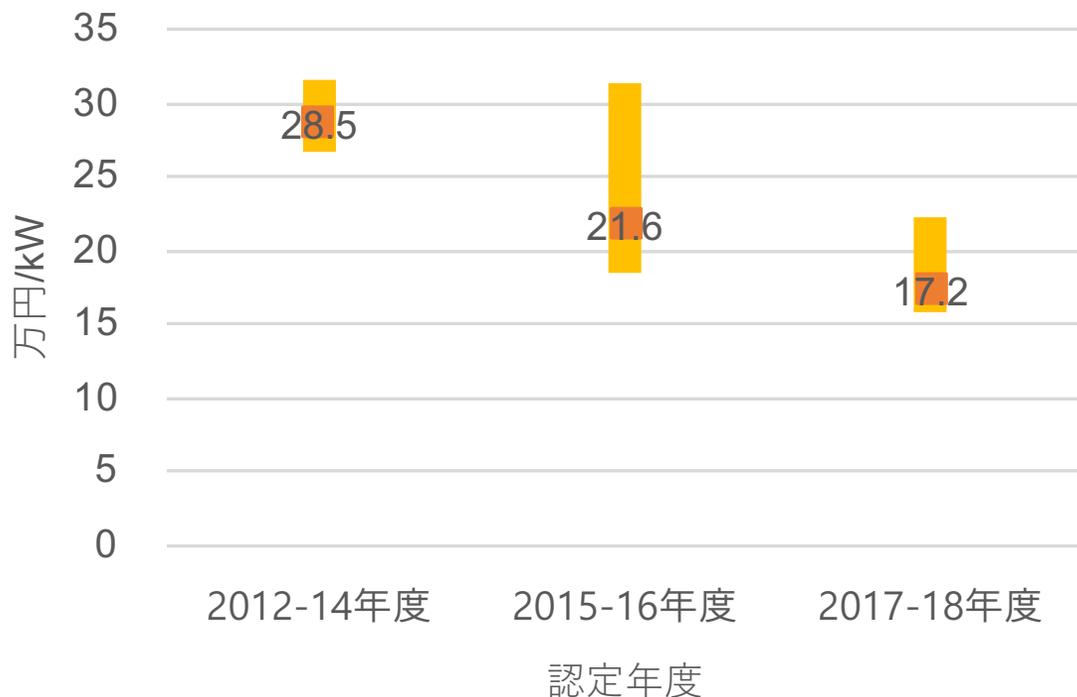
**参考) 2030年と2050年**

**自然エネルギー100%の未来に向けて**

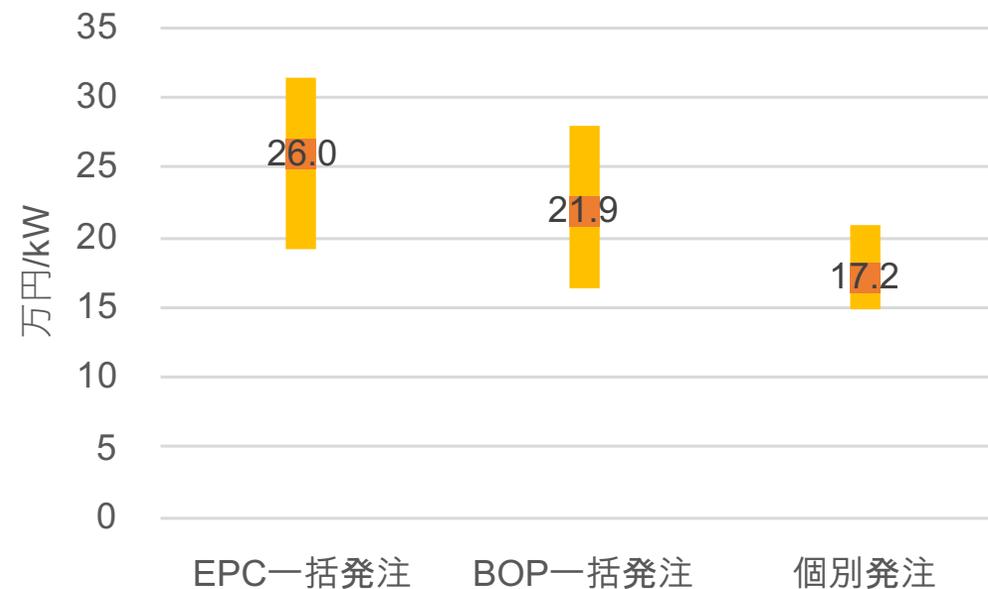
# 2030年検証：経済性：コストの検討について

- 世界に比較して日本の太陽光はコスト高とされる。
- 事業者のコストデータをもとに分析したところ、コスト高になる傾向のあるプロジェクトには大きく2つの共通点があった。①古い認定案件（高い調達価格）である。②事業開発において個別コストの精査がし難いEPC一括発注をしている。
- これらの点について、2030年にかけて解消することは可能である。

### 認定年度別の設備導入費



### 発注方式別の設備導入費

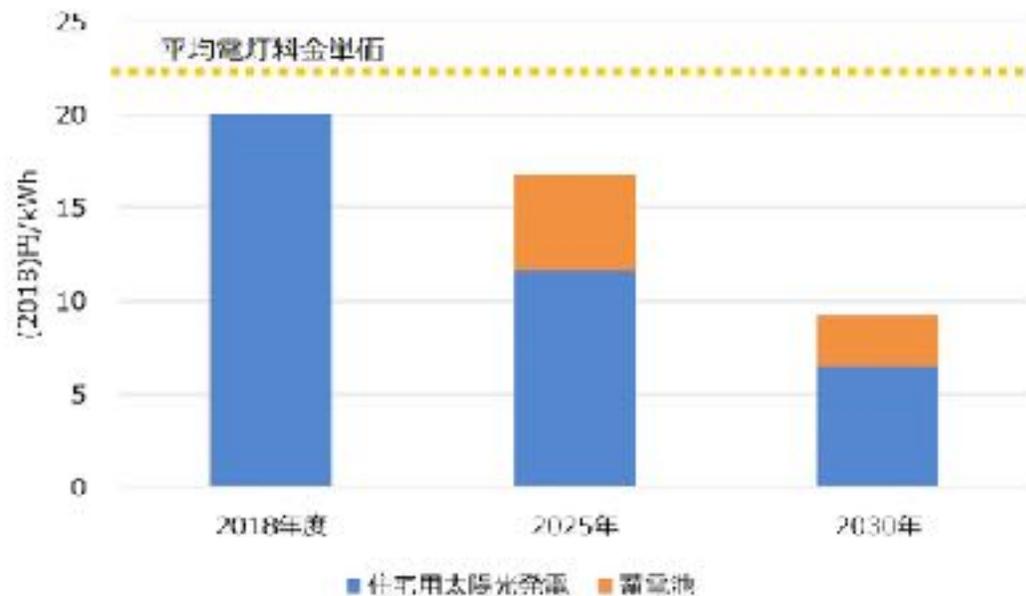


出典) 自然エネルギー財団 (2019) 「日本の太陽光発電の発電コスト：現状と将来推計」  
注) 図の数値は中央値を表す。棒グラフの幅は上位25%値と75%値の幅を示す。

# 2030年検証：経済性：太陽光発電の発電コストの推計

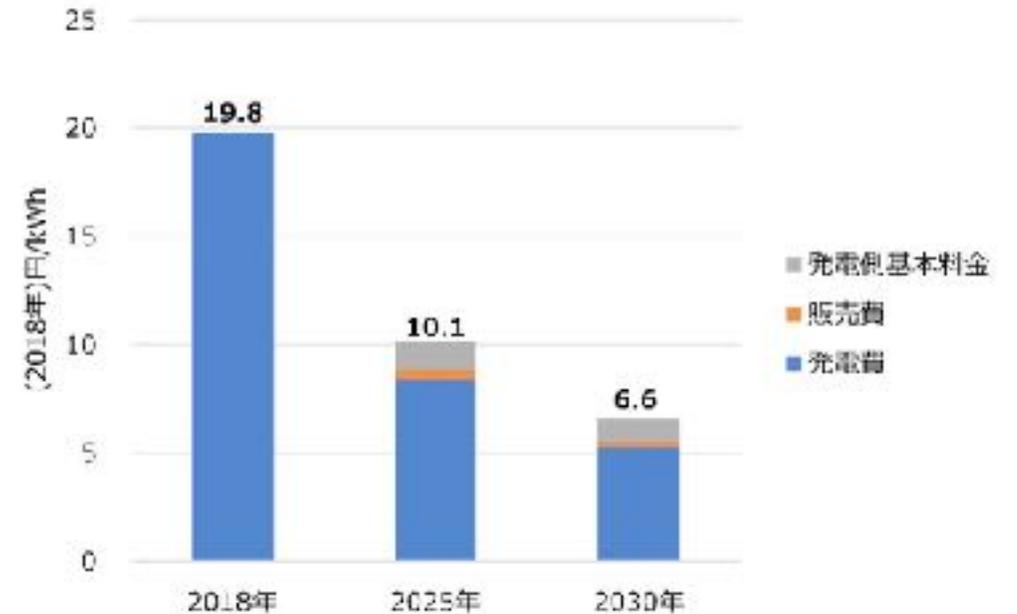
- ルーフトップ：住宅：2020年代中頃以降、蓄電池込でも電灯料金単価以下になり、本格的な普及可能性。
- 地上設置型：2030年までに最安電源となる。しかし、既存の石炭火力と競合するためにはカーボンプライシングが鍵を握る。一定のCPが導入されることで支援なし普及の可能性。

### 住宅用太陽光の発電コスト推計



家庭用蓄電池の価格見通しはブルームバーグNEF (2019)を参照し、太陽光発電システム価格は財団推定値を参照し、発電コストを計算した。なお定置式の蓄電池は、効率90%とし、昼間の余剰電力を全て蓄電し、夕方から夜にかけて消費すると想定した。

### 地上設置型太陽光の発電コスト推計

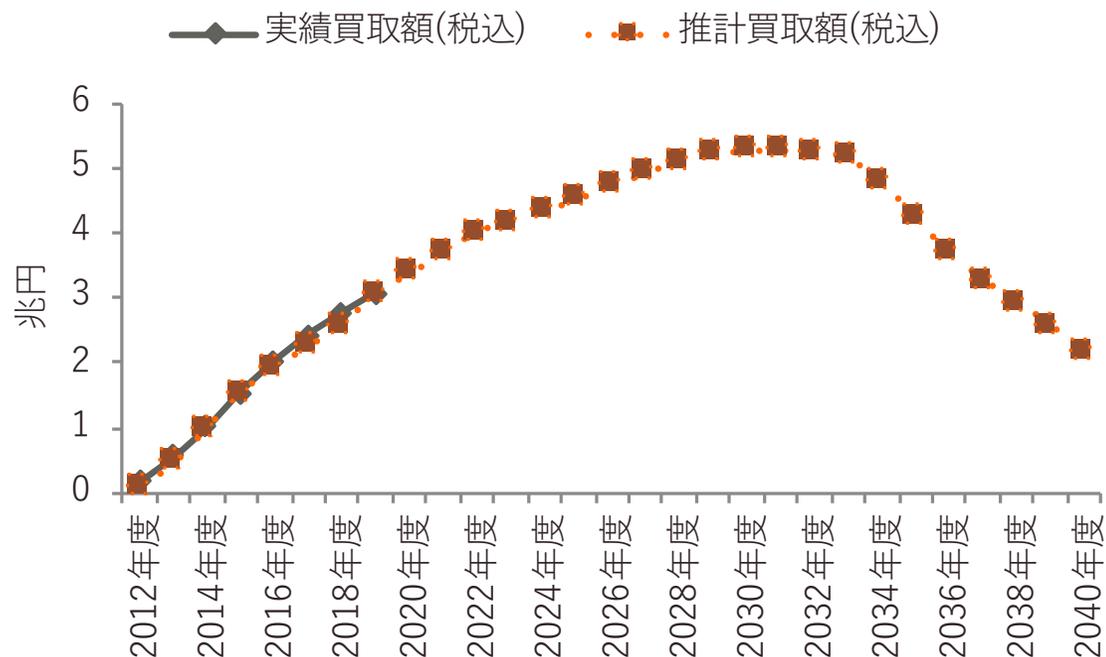


推計手法は、木村(2019)「日本の太陽光発電の発電コスト：現状と将来推計」と同様であり、個別の費用項目を推計し、それを積み上げ、運転年数や設備利用率、過積載率、割引率を設定して計算した。また、発電側基本料金は、年間1800円/kWとして、運転維持費に算入している。

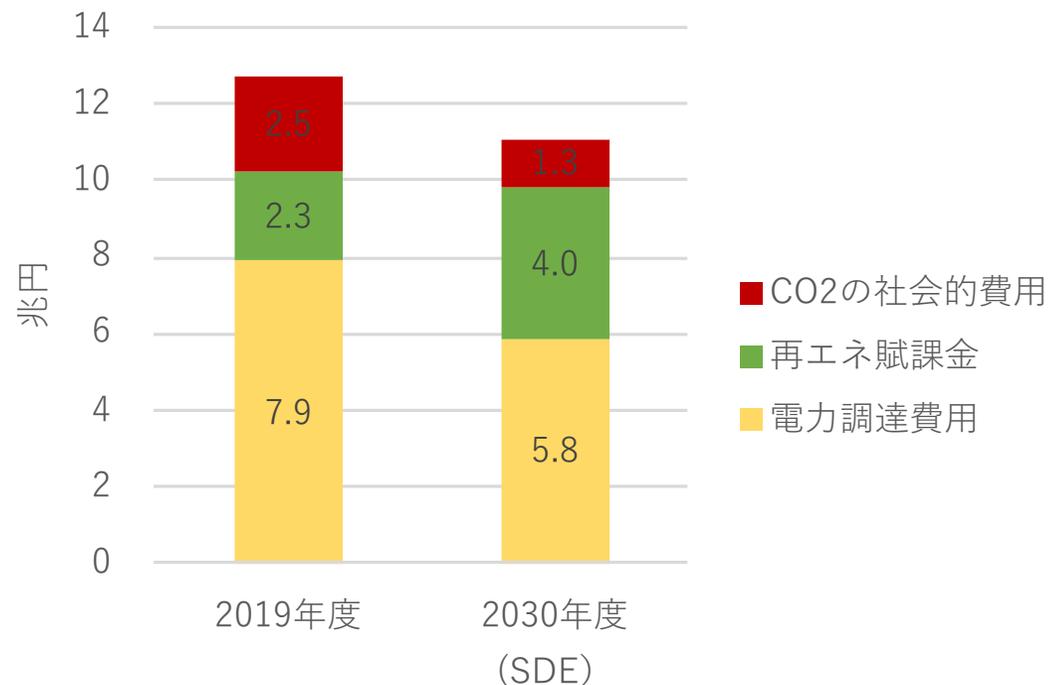
# 2030年検証：2030年電力コストに対するインパクト

- 再エネ特措法にもとづく買取費用額は、2030年度に4.8兆円（税込：5.3兆円）。ただし、買取費用は2030年代中頃から急速に減少する。
- 2030年度の電力調達費用を推計：広域需給モデルを用い、エリア別卸電力価格を計算したところ、5.8兆円となり、2019年度より大幅に低下。再エネ賦課金と合わせても2019年度の費用よりも若干安い。さらにCO<sub>2</sub>の社会的費用を含めると大幅なコスト低減。

### 再エネ特措法：買取費用実績と推計



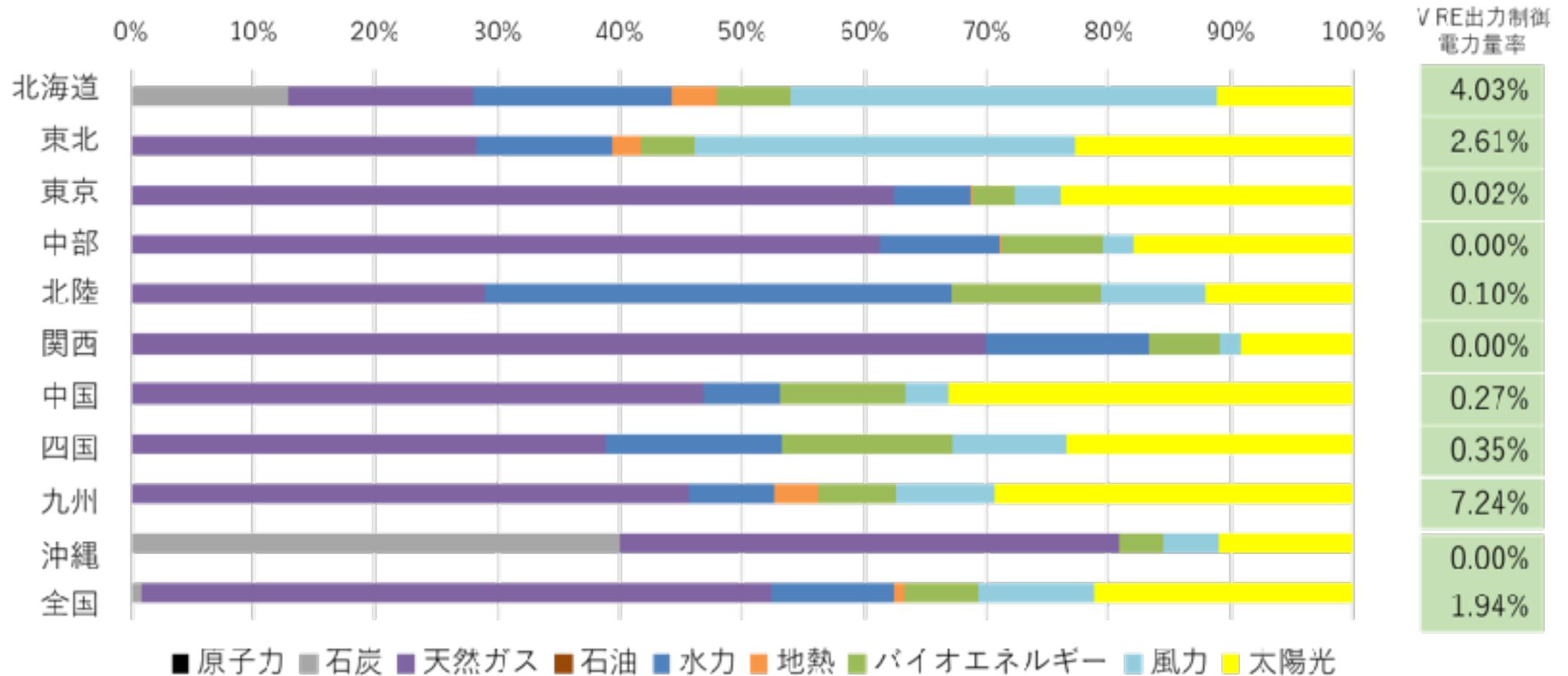
### 2019年度と30年度の電力コストの比較



# 2030年検証：系統制約・地理的分布

広域需給モデルを用いた分析：地理的分布は現状の接続容量(検討含)の分布比率を反映。現状の地域連系線の増強計画の範囲で需給バランスは維持可能であり、出力制御の電力量率は全国で**1.94%**にとどまる。

系統エリア別電源構成（送電端）と出力制御電力量率





## 日本の再生可能エネルギーの賦存量は膨大

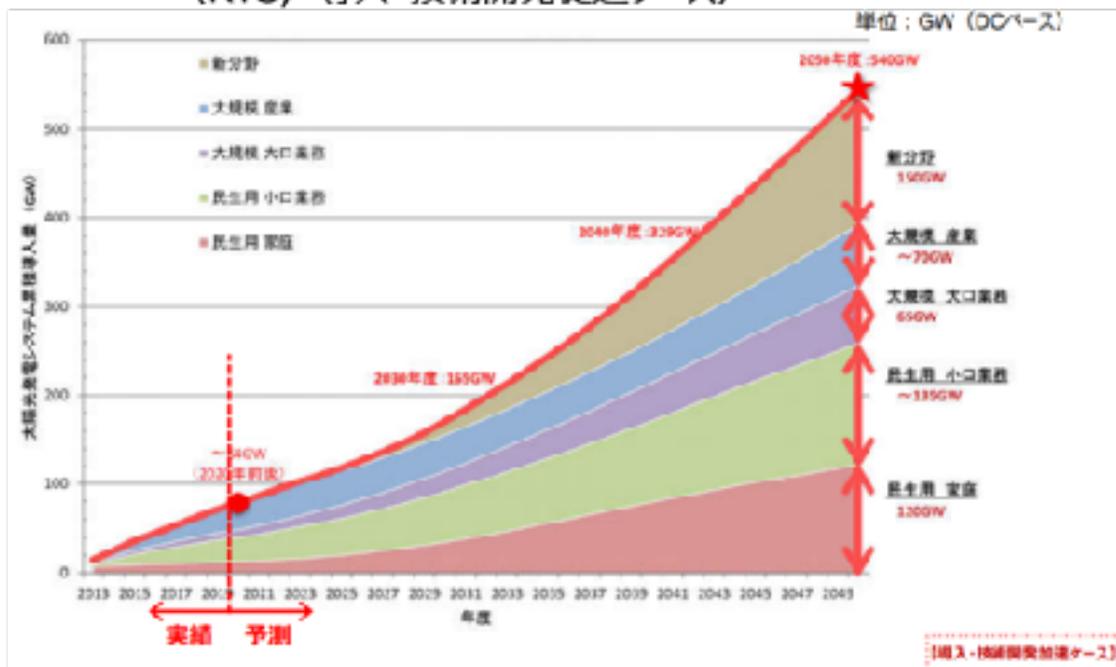
太陽光発電のポテンシャル 500GW超

- 2050年では、事業用の大規模接地型より、民生や工場のルーフトップ、工場の敷地内立地が増加
- プロシューマータイプの発電設備が増大、水上型、営農型などの新分野でも拡大

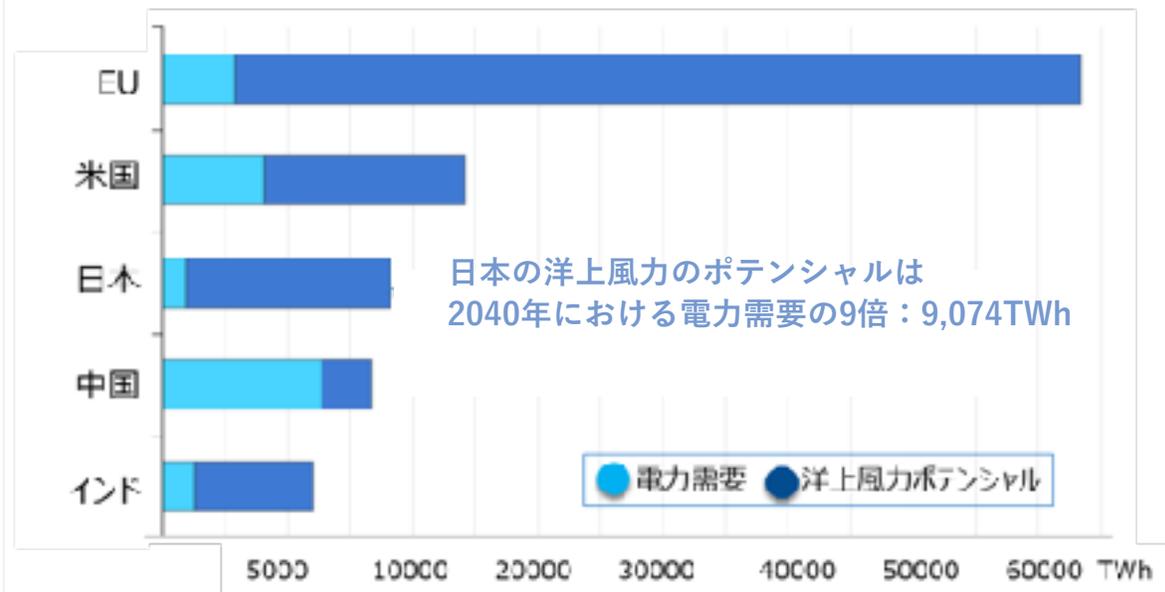
風力発電のポテンシャル

- IEAの見通しでは、洋上風力のポテンシャルは現在の電力需要の9倍

太陽光発電の用途展開予測  
(RTS, 導入・技術開発促進ケース)



洋上風力発電のポテンシャル  
(IEA見通し)



# 日本の再生可能エネルギーのポテンシャルは高い



## 日本の再生可能エネルギーの賦存量は膨大

2050年太陽光の考え方：レベル1の可能性で699GW

環境省調査における自然エネルギー導入ポテンシャル (GW)

GW	内訳	レベル1	レベル2	レベル3
商業系	商業、宿泊施設	1	3	3
住宅系	戸建、共同、オフィスビル	58	159	206
公共建築物	庁舎、文化施設、学校等、医療施設、 上下水施設	8	17	19
発電所・工場	発電所、工場、倉庫、工場跡地	17	26	36
低・未利用地	扇状地分湯、河川、港湾、鉄道、道 路、海岸、ゴルフ場など	2	19	33
農地	田・その他農用地、耕作放棄地	612	1,224	2,447
<b>合計</b>		<b>699</b>	<b>1,447</b>	<b>2,746</b>

公共系建築物PV設置可能面積算定条件 (レベル) の基本的考え方

レベル	基本的な考え方
レベル1	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋根160㎡以上に設置</li> <li>設置しやすいところに設置するのみ</li> </ul>
レベル2	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋根20㎡以上に設置</li> <li>南壁面・窓20㎡以上に設置</li> <li>多少の架台設置は可 (駐車場への屋根の設置も想定)</li> </ul>
レベル3	<ul style="list-style-type: none"> <li>切妻屋根北側・東西壁面・窓10㎡以上に設置</li> <li>敷地内空地なども積極的に活用</li> </ul>

環境省「2019年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書」、2020

2050年風力発電の考え方：

7m/s以上で692GW (陸95GW、洋上593GW)

8.5m/s以上では150GW

風力発電導入ポテンシャル (GW)

風速 (m/s)	陸上風力	洋上風力			風力合計
		着床式	浮体式	小計	
5.5 - 6.0	62	0	0	0	62
6.0 - 6.5	64	0	0	0	64
6.5 - 7.0	55	96	94	190	245
7.0 - 7.5	42	86	215	301	343
7.5 - 8.0	29	81	237	319	348
8.0 - 7.5	17	47	131	177	194
8.5 -	17	28	105	133	150
<b>計 (陸上：5.5 以上、 洋上：6.5 以上)</b>	<b>285</b>	<b>337</b>	<b>783</b>	<b>1,120</b>	<b>1,405</b>
<b>計 (陸上：6.0 以上、 洋上：着床 7.0 以上、浮体 7.5 以上)</b>	<b>223</b>	<b>242</b>	<b>474</b>	<b>715</b>	<b>938</b>

【条件】陸上風力：ハブ高さ80m、10MW/m2、洋上風力：ハブ高さ140m、8MW/m2、離岸距離30km以下、水深60m未満 (着床式)、60~200m (浮体式)  
出典) 環境省「2019年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書」、2020 を基に自然エネルギー財団作成

昨年12月の2050年カーボンニュートラルの素案「2050年自然エネルギー50-60%」は、各国が2030年目標として掲げる数値にとどまっている。

日本政府暫定案：2050年における各電源の整理（案）から予想される発電量と発電容量

	発電量1,300TWh 自然エネルギー50%	発電量1,300TWh 自然エネルギー60%	発電量1,500TWh 自然エネルギー50%	発電量1,500TWh 自然エネルギー60%
自然エネルギー	650TWh	780TWh	750TWh	900TWh
原子力+CCS火力 必要と想定される容量	40% - 520TWh 85GW	30% 390TWh 64GW	40% -600TWh 98GW	30% -450TWh 73GW
水素 10%	130TWh	130TWh	150TWh	150TWh

2020年12月21日総合エネルギー調査会基本政策分科会・資料より自然エネルギー財団が数値化

原子力発電やCCS付の火力発電に固執しても必要な規模の排出削減は実現できず、エネルギー転換の進展を遅らせることになる。現在も政府の審議会に提出される資料には、原子力や化石燃料を何とか継続したいという意向が明確に示されている。こうしたあいまいなメッセージ、更には誤った方向性の提示は、民間のエネルギー投資を誤った方向に導き、最終的には日本に立地する企業が事業継続のために必要とする自然エネルギー電力やグリーン水素の確保を困難にしてしまう。

出典) 自然エネルギー財団コラム「100%自然エネルギーの未来は実現できる。2050年脱炭素に向けて熟議を尽くせ。」(2020年12月23日)

<https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20201223.php>

# 原子力には期待できない

## 1. 原子力は最もコストが高い電源

電源別新設コストでは、原子力発電は太陽光発電や風力発電の4倍以上、最も高い電源となった。今後も市場の縮小と稼働率の低下により、さらにコストが上昇していく。欧州ではすでに20円/kWhを超えている。

## 2. 再稼働に必要なコストも上昇

再稼働を目指す発電所は、安全対策費などが多額になり、コストが上昇。JEPXの取引価格（2019年度平均：約8円/kWh）を上回り、新設太陽光発電のコスト（2020年度のFIT買取価格：12円/kWh）より高い。

## 3. 原子力は電力を安定供給できない

国内で最も新しく運転を開始した4基の稼働率（年間の稼働時間の比率）は、2000年以降に60～70%程度。50%を切るケースも多い。地震やトラブルによる運転停止が長引き、安定供給へ影響する。大規模・集中型発電所の急な運転停止は、長期に広範囲の停電を引き起こす恐れもある。

### 女川2号機と東海第二の再稼働コスト（廃炉費用など含まず）

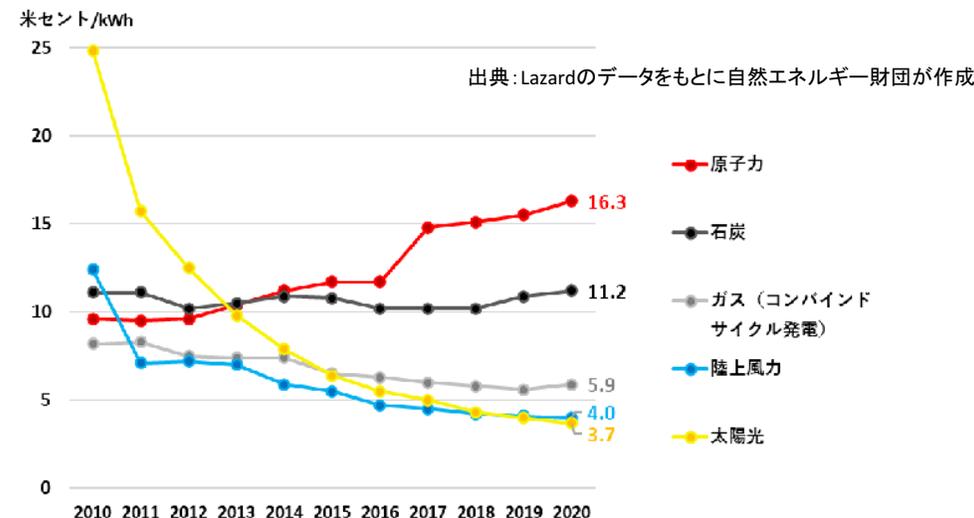
費用・運転条件	女川2号機	東海第二
安全対策強化	3400億円	1740億円 > 2500億円
特定重大事故等対処施設	不明（東海第二と同等と想定）	610億円 → 1000億円
新規設備投資（合計）	4010億円 4400億円	2350億円 3500億円
運転維持費、核燃料リサイクル費用など	6.4円/kWh	6.4円/kWh
再稼働後の運転年数（2022年度から）	13年	16年
設備容量	825 MW	1,100 MW
設備利用率	70%	70%
発電電力量（残存運転期間の累計）	65.81 TWh	108.00 TWh
廃止までの累計コスト	8220億円 8610億円	9260億円 1兆410億円
再稼働コスト（最小）	12.5 - 13.1円/kWh	8.6 - 9.6円/kWh

\*前提条件：初期投資は回収済み、財務コストはゼロ、廃炉費用と使用済み核燃料処分費用は十分に確保

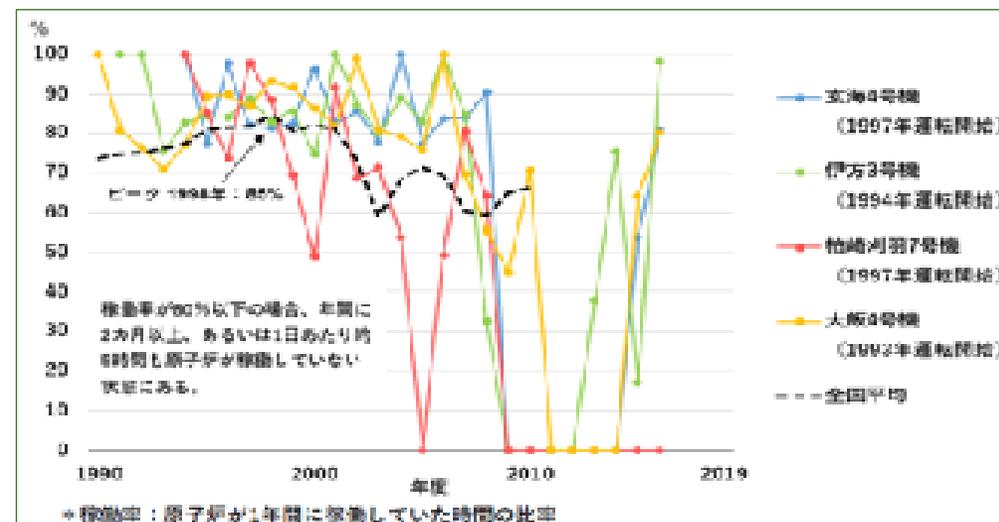
出典：自然エネルギー財団「縮小する日本の原子力発電存在価値を問われる9つの課題」（2020年7月）

<https://www.renewable-ei.org/activities/reports/20200714.php>

### 新設の発電所の均等化発電原価（LCOE、世界平均）



### 1990年代に運転を開始した原子力発電所の稼働率



## CCS付火力による数十%の供給は現実的か

参考値：2050年に全電力の30～40%程度を「原子力とCO2回収前提の火力」

### ◎ 貯蔵場所の確保問題

3～4割をCCS付火力とした場合、必要貯留量は年間3～4億トン。「2018年度までの貯留適地調査事業における3D探査解析結果では、国内総計約80億トンの貯留可能量」\*とあるが、そもそも政治的経済的に利用可能な量は不透明。仮に全量使っても20年で使い切ってしまう。

\*総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会（第36回会合）資料2「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討」

「貯蔵サイトが限られている日本は、カーボンリサイクルに強い関心を寄せている。しかし同技術の真の二酸化炭素削減ポテンシャルには不確実性があることを考慮し、日本は引き続き低炭素技術を推進し、炭素集約型アセットへの依存を軽減すべきである。IEAは、2030年に向けて非効率な石炭火力発電所を段階的に休廃止するとした最近の発表を歓迎する。この公約は、日本の石炭火力発電所に対する政策を抜本的に転換するという総理大臣の演説のなかで明確にされている。」

IEA, (2021) Japan2021 Energy Policy Review

### ◎ 経済性の問題

CCS付石炭火力発電のコスト:16～18円/kWh、将来的に13～15円/kWhを目指すとあるが、将来の太陽光や風力発電のコスト見通しに比べてあまりにも高すぎる。

## 活用するとしても非常に小規模な形になる



## 2050年の最終エネルギー需要

= 自然エネルギー電力の直接利用 + 間接利用 (グリーン水素・グリーン合成燃料)

### 1. エネルギー需要の変化

人口予測約20%減を目安に、活動量の減少と省エネで2050年までに35%減を想定。

電化の促進による効率化でさらにエネルギー消費が減少  
家庭・業務部門は、2040年ではほぼ全て電化、  
運輸部門では、重量車以外でのEV化が進行

産業部門では、高温熱需要以外で電化が進行

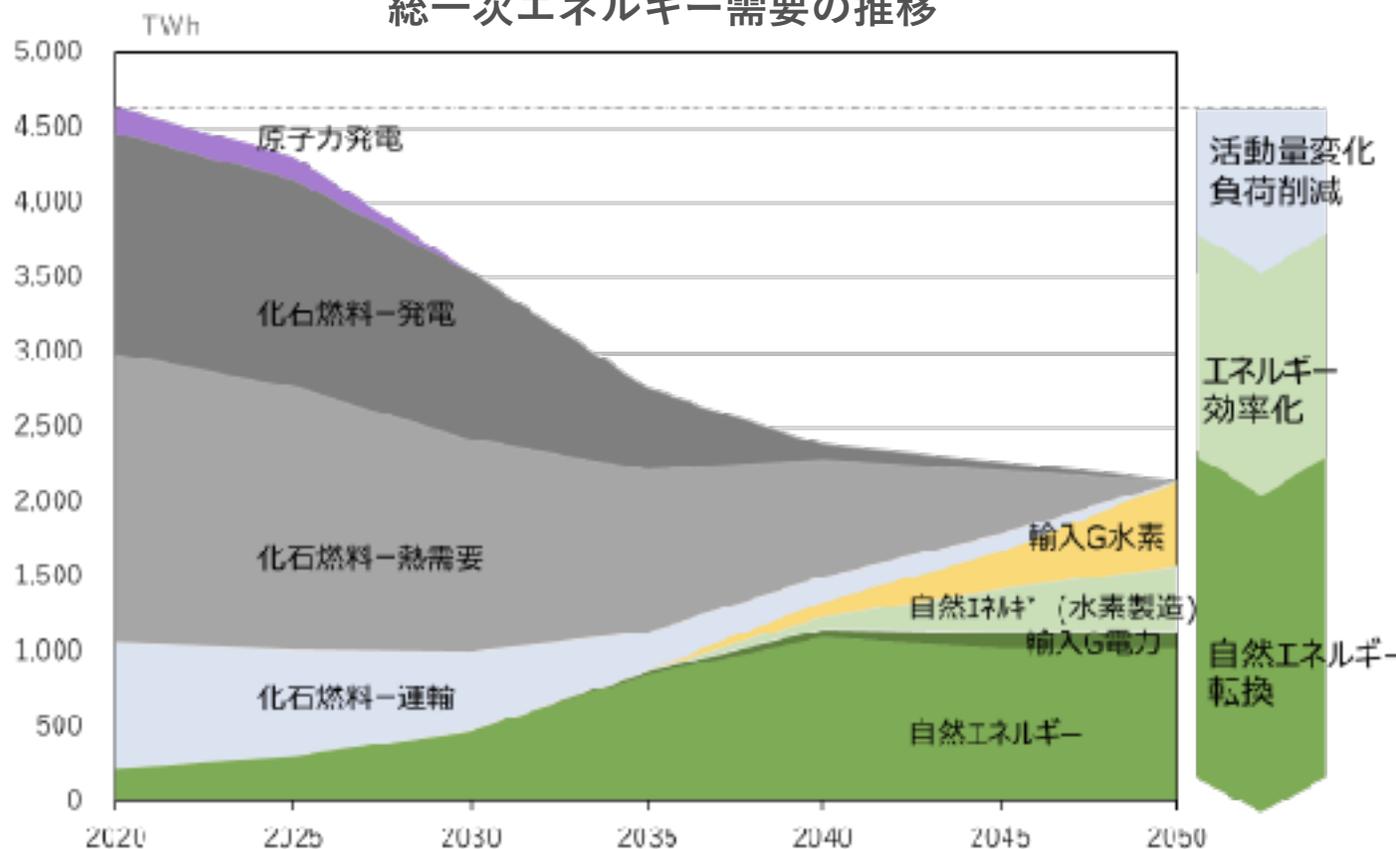
### 2. 電力は100%自然エネルギーで供給

### 3. 高温熱需要など電化が難しい用途は；

グリーン水素／合成燃料を供給

(うちグリーン水素の約50%を輸入)

総一次エネルギー需要の推移



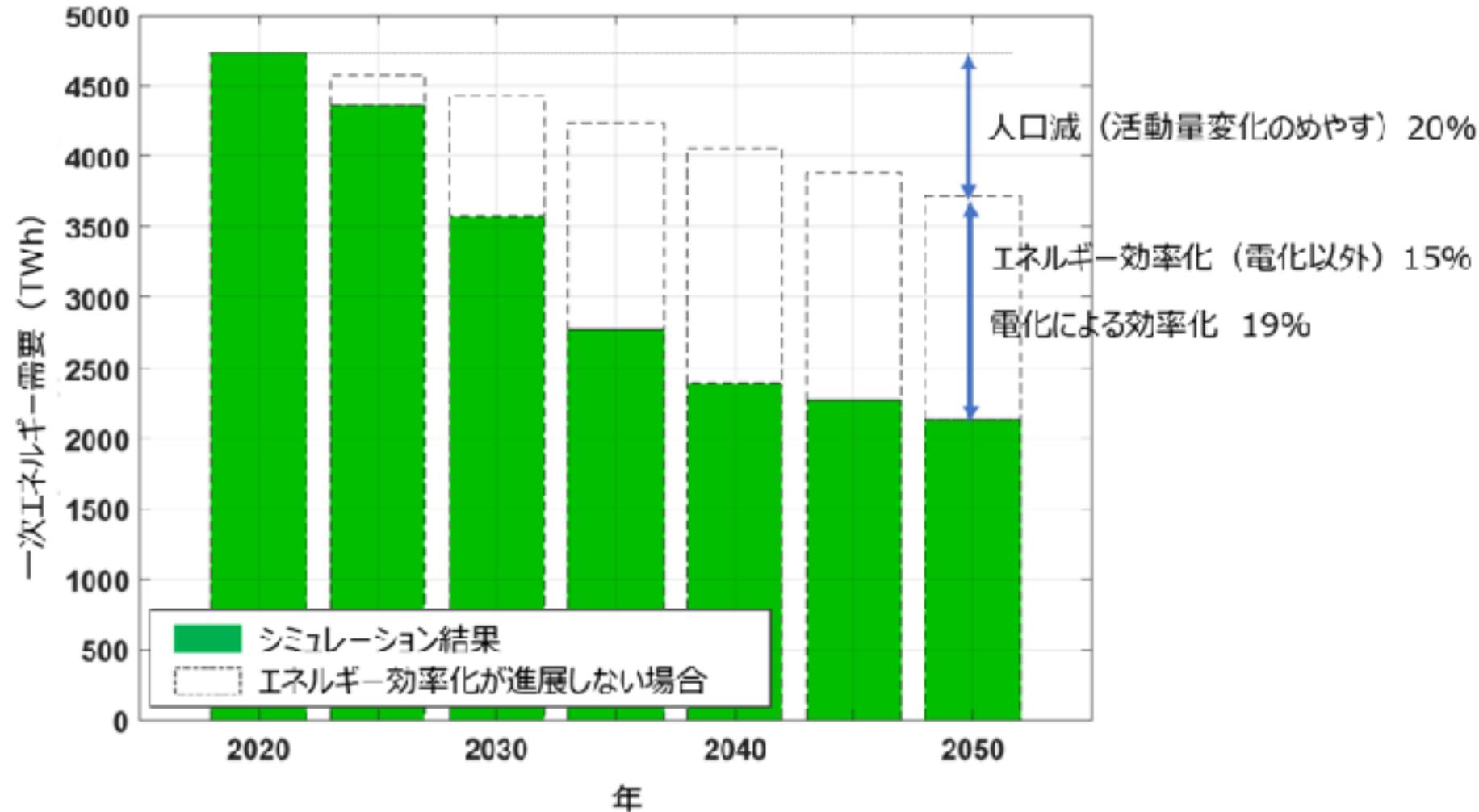
出典) 自然エネルギー財団-Agora-LUT

「Renewable Pathways : 脱炭素の日本への自然エネルギー100%戦略」 (2021年3月)



需要については、ライフスタイルや産業構造の変化により大きな削減の可能性がある。業務・家庭部門では、建築物の新築、改修時に断熱や気密レベルを向上させることで、冷暖房負荷／エネルギー需要を減少させることができる。また、パンデミックで加速したテレワーク、ウェブ会議などのオンラインのワークスタイルは、運輸の需要を押し下げる。産業部門では、サーキュラー・エコノミーが進展すれば、リサイクル素材の活用が増大し、産業プロセスに新規に投入するエネルギーが削減される。産業プロセス自体をエネルギー・脱炭素の面から再構築していくといった方策も不可避な方向である。

## 総エネルギー需要の推移



出典) 自然エネルギー財団-Agora-LUT  
「Renewable Pathways：脱炭素の日本への  
自然エネルギー100%戦略」(2021年3月)



## 2050年100%自然エネルギー

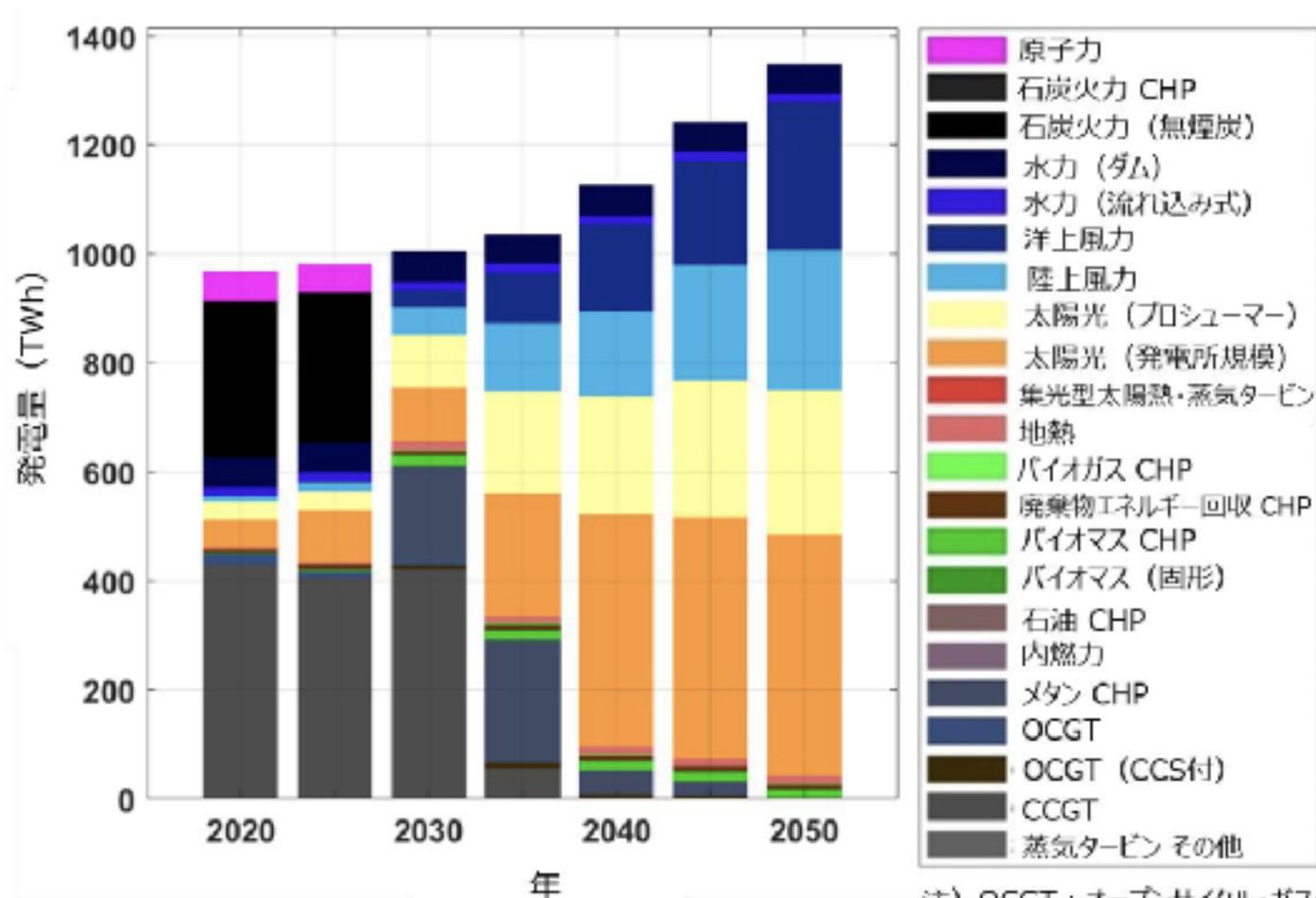
- 必要電力量は48%増加  
(890→1,470TWh)。

うち、30%は水素製造用。

- 太陽光発電 (524GW) と風力発電(陸上88GW、洋上63GW)が84%を占める

- バイオエネルギーは、持続可能な資源の賦存量に限界があり、大きく伸びない

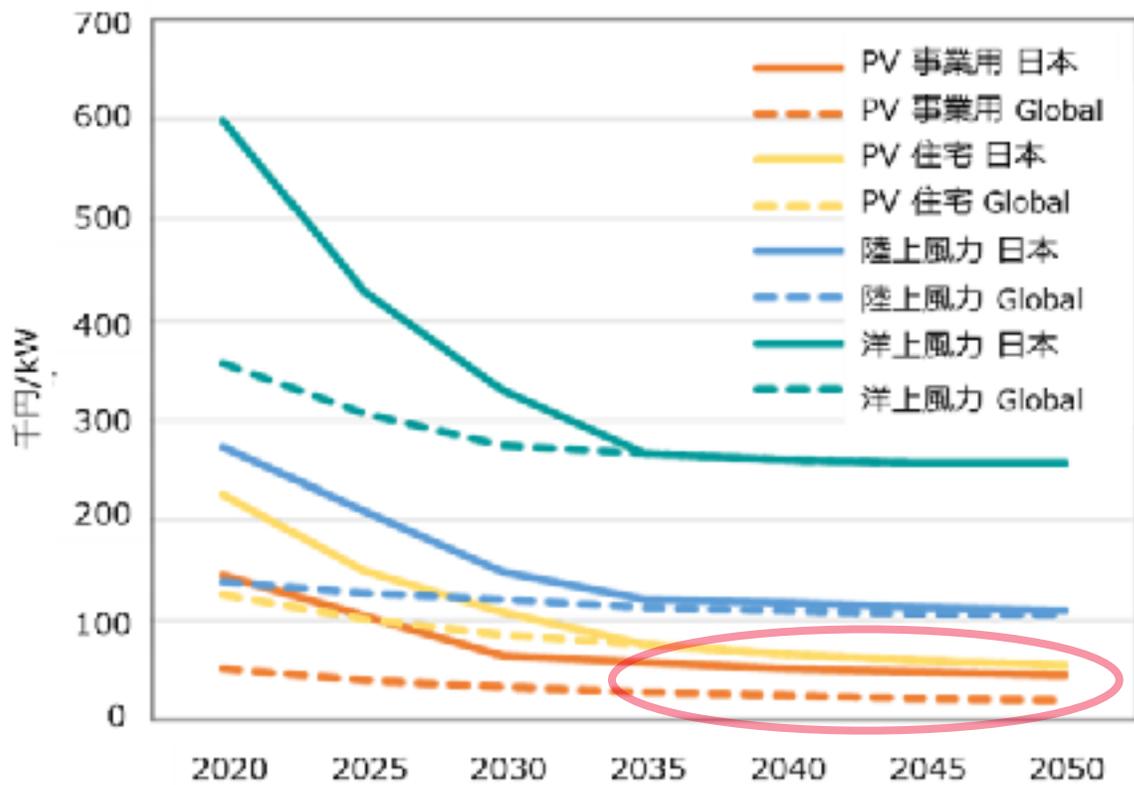
## 発電電力量の内訳—電力の自然エネルギー化



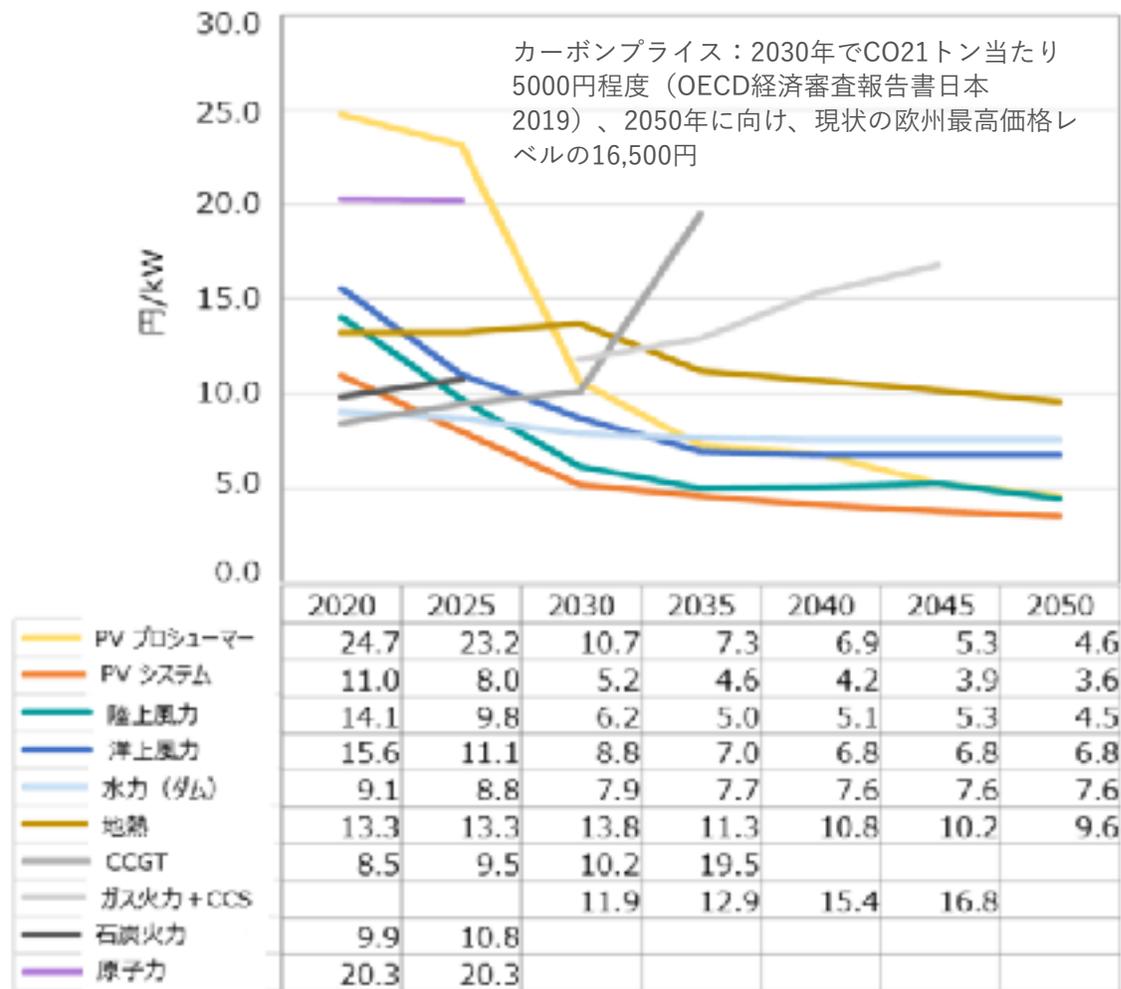
注) OCGT：オープンサイクル・ガスタービン  
CCGT：コンバインドサイクル・ガスタービン

出典) 自然エネルギー財団-Agora-LUT  
「Renewable Pathways：脱炭素の日本への  
自然エネルギー100%戦略」 (2021年3月)

## 太陽光発電、風力発電 CAPEXの推移日本VSグローバル



## 主な発電技術の 均等化発電コスト（LCOE）推移

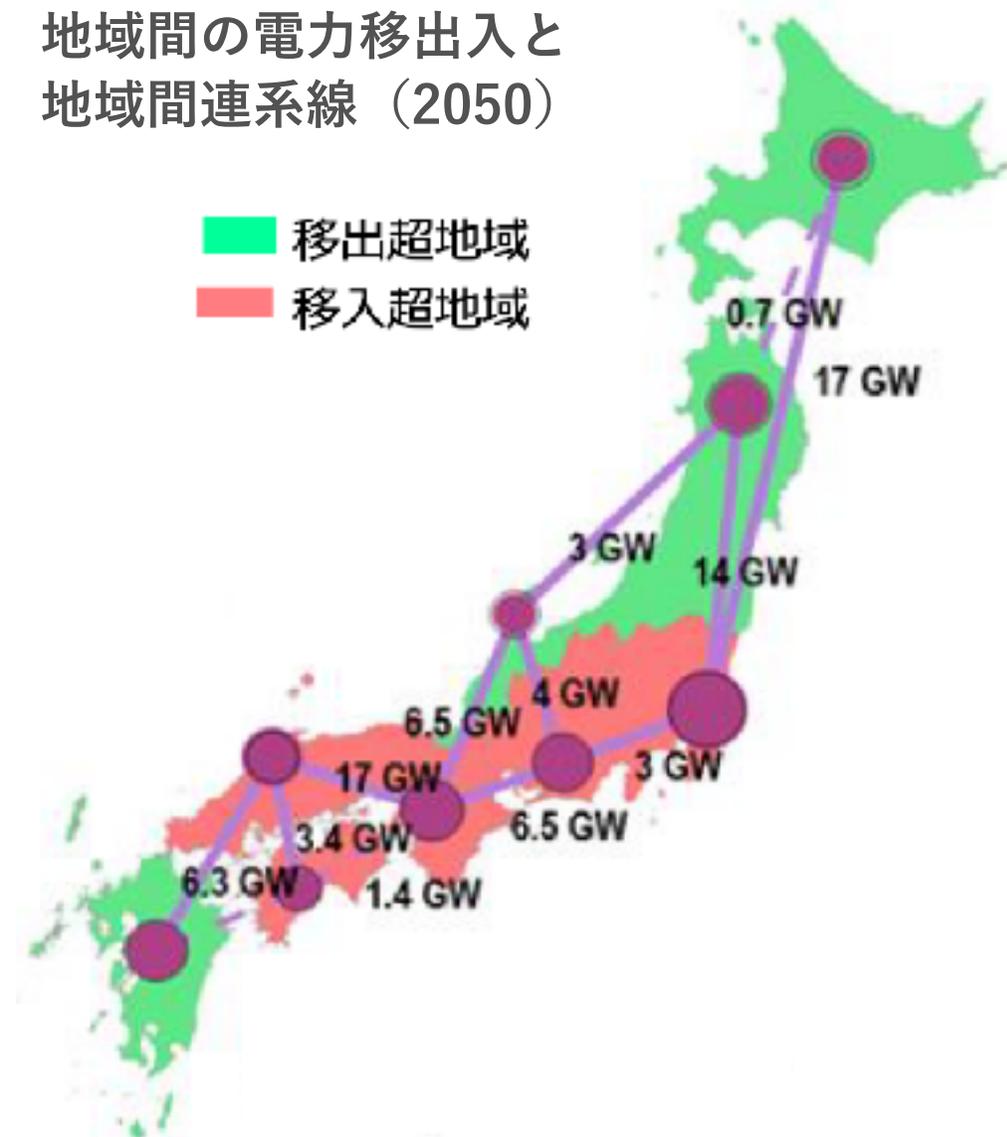




## 柔軟性を提供する技術の例

	手法	技術・対策	事例	効果
供給側	地域間電力移出入 (取引)の強化	連系線運用強化		短～中期
		連系線増強、新設	国際連系も可能	中～長期
	電力貯蔵の導入・運用	揚水発電		短～中期
		A-CAES	産業用	
需要側	電池	バッテリー	発電事業者用大規模	
		プロシューマーバッテリー		短期
		自動車バッテリー V to G		
	熱貯蔵の導入・運用 (power to heat)	高温熱貯蔵 (TES)	産業用	
熱・冷熱貯蔵		建物、DHC用		
需/供	合成燃料の製造と貯蔵	ガス貯蔵 (Power to fuel)	グリーン合成メタン (液体水素) 輸入合成燃料	中～長期
需要側	需要の柔軟運用	電解装置	グリーン水素の製造	短～中期
		バッテリー	EV スマートチャージ	短期
	(デマンドレスポンス、その促進のための課金制度等)	産業用・電力消費設備	電炉等の柔軟運用	短期
		業務・家庭用・電力消費設備	柔軟運用	短期

## 地域間の電力移出入と地域間連系線 (2050)



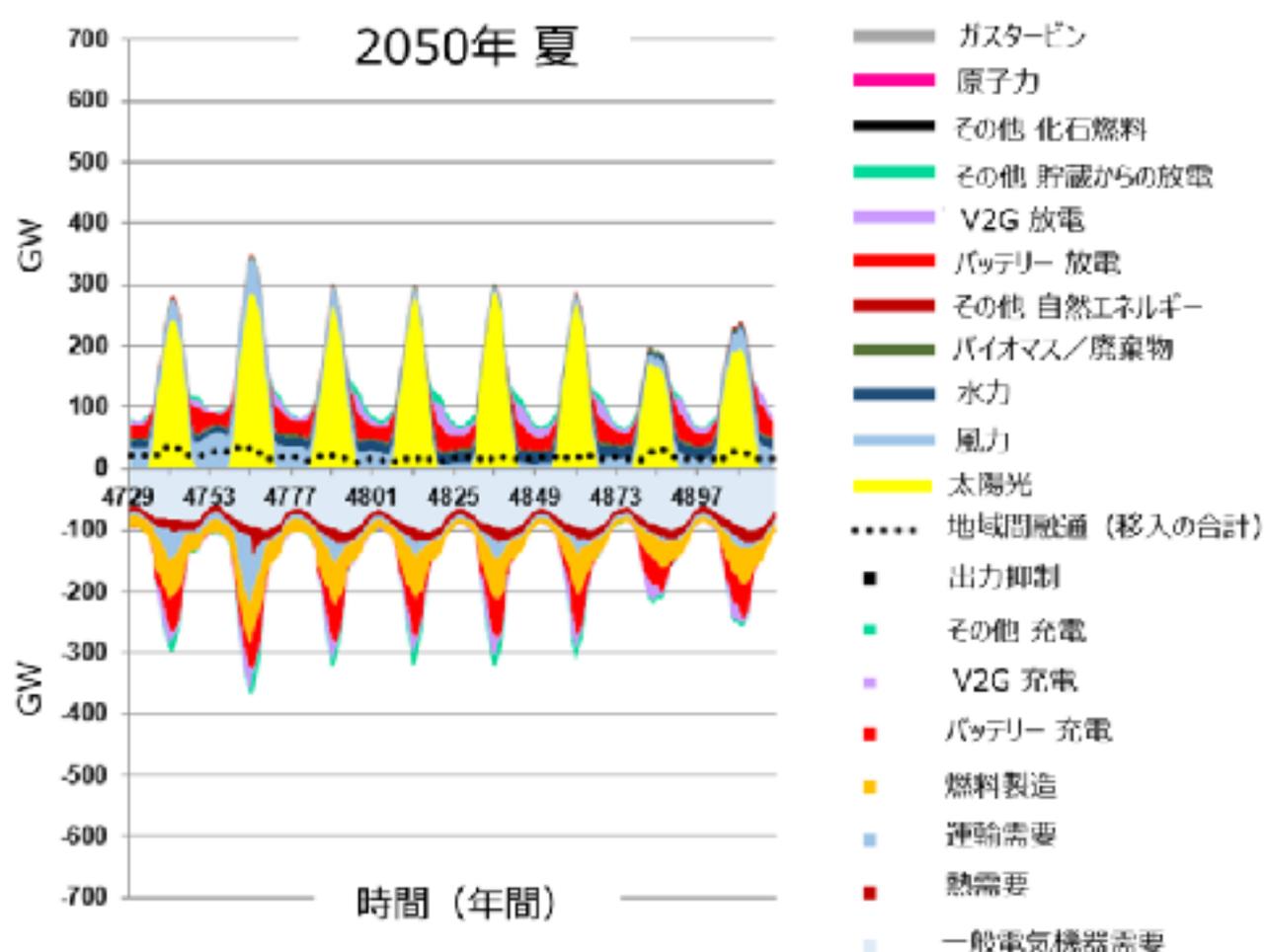
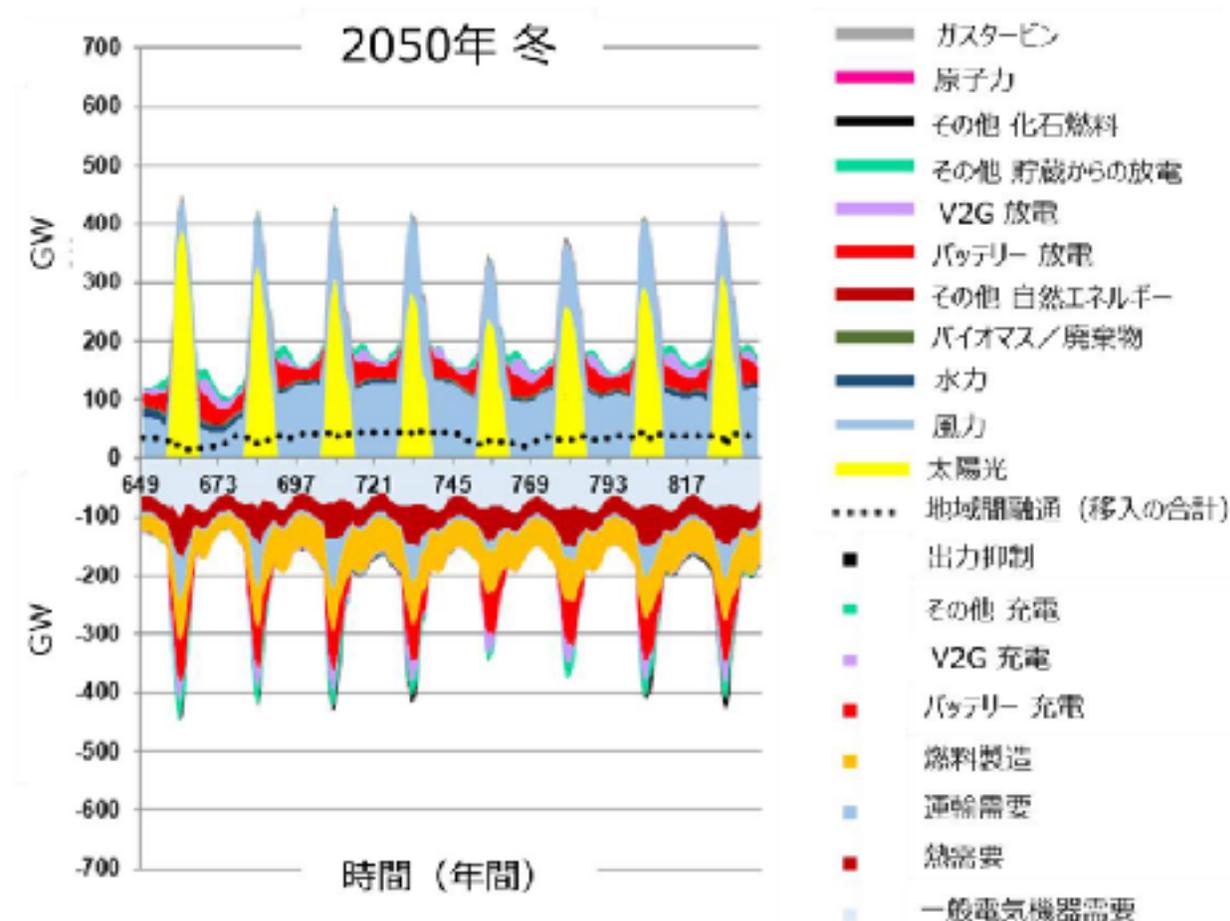
出典) 自然エネルギー財団-Agora-LUT 「Renewable Pathways :

# 自然エネルギー100%：柔軟性の確保と最大限の活用



## 2050年の電力需給バランス (冬の典型的な一週間)

## 2050年の電力需給バランス (夏の典型的な一週間)



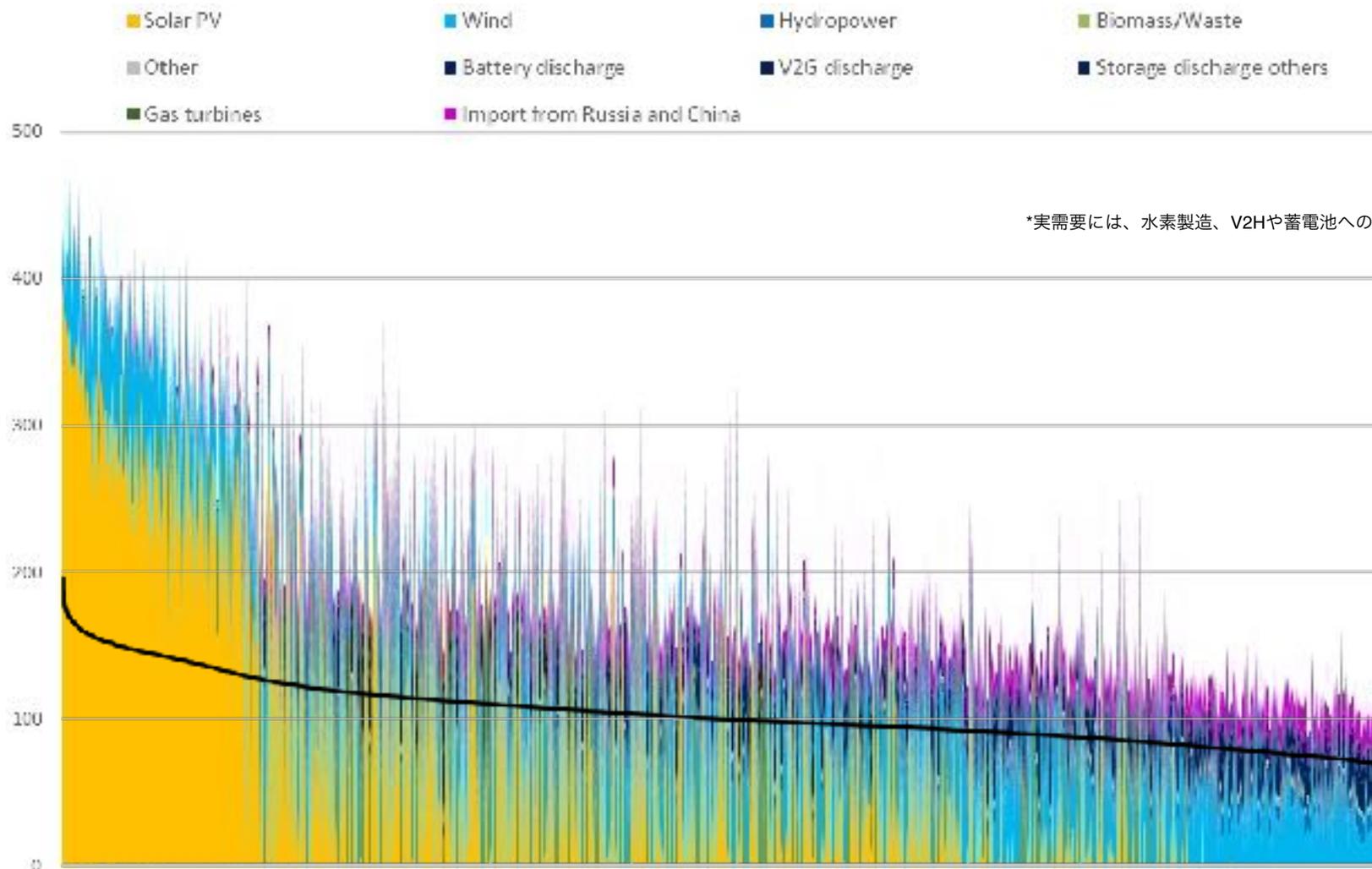
出典) 自然エネルギー財団-Agora-LUT 「Renewable Pathways : 脱炭素の日本への自然エネルギー100%戦略」 (2021年3月)



## 2050年のデュレーションカーブ（負荷持続曲線）

1年8760時間の実需要\*（黒実線）に対し、どのような電源が電力供給を行うか、需要の多いコマから少ないコマの順で表示

- 最大実需要124GW、最小実需要53GW、PV+WINDで500GW以上を発電する時間帯もあり、実需要を上回る部分（黒線より上の部分）は、蓄電池、EV充電、水素製造、熱製造などの柔軟な需要が吸収、出力抑制も実施
- 実需要の一部を国際送電線が担う時間はのべ208時間（2.4%）となり、その最大は4.5GW



# 自然エネルギー100%：熱需要への対応

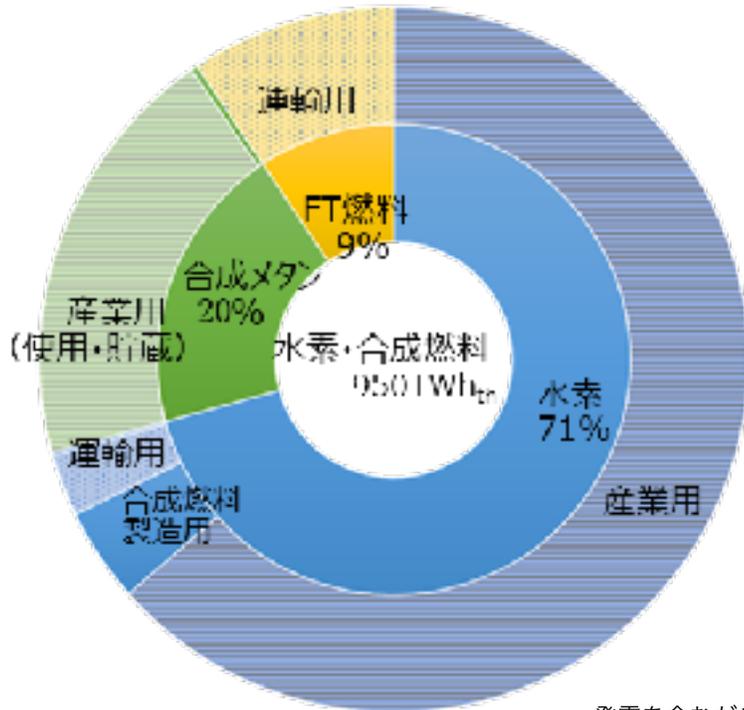
## 電化が難しい熱需要への対応ーグリーン水素とグリーン合成燃料

産業部門の高温熱を利用する部分、運輸部門での船舶・航空・重量車など、現在では電化が難しいとされる用途への対応は、自然エネルギーから製造されるグリーン水素と、それを基に造られる合成燃料を活用する。電解装置による産業用等の水素等の製造は、エネルギーシステムの柔軟性を構成する重要な要素であり、2050年の設備容量は73GWに達する。

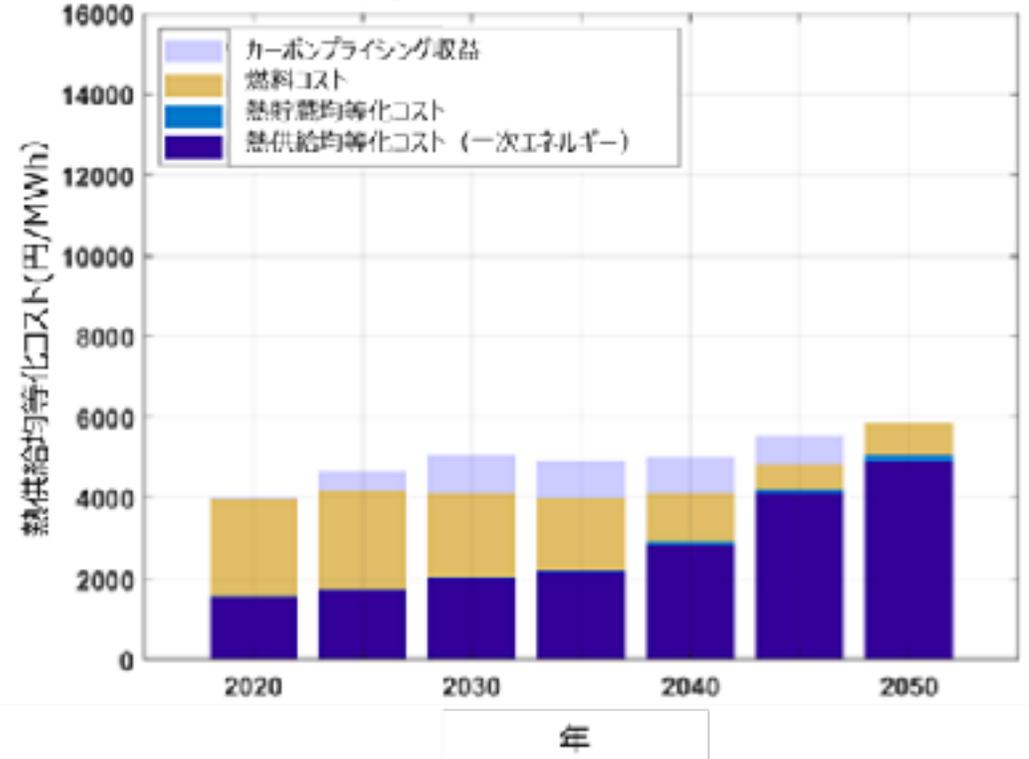
- ・ 2050年では産業・運輸用に、グリーン水素17MT、合成メタン12MTが必要
- ・ 運輸用の燃料として、フィッシャートロプシュ（炭化水素）液体燃料を輸入
- ・ 水素製造は、自然エネルギーを大量に消費するため、コスト高>シミュレーションではG水素の約1/2を輸入

戦略的に使用先・量を限定していくことが、将来のエネルギーシステム全体のコストを増大させないために必要  
>直接電化を増やす、サーキュラーエコノミー等により水素を必要とする産業の構造を改革していく必要も

グリーン水素・合成燃料の構成と需要先



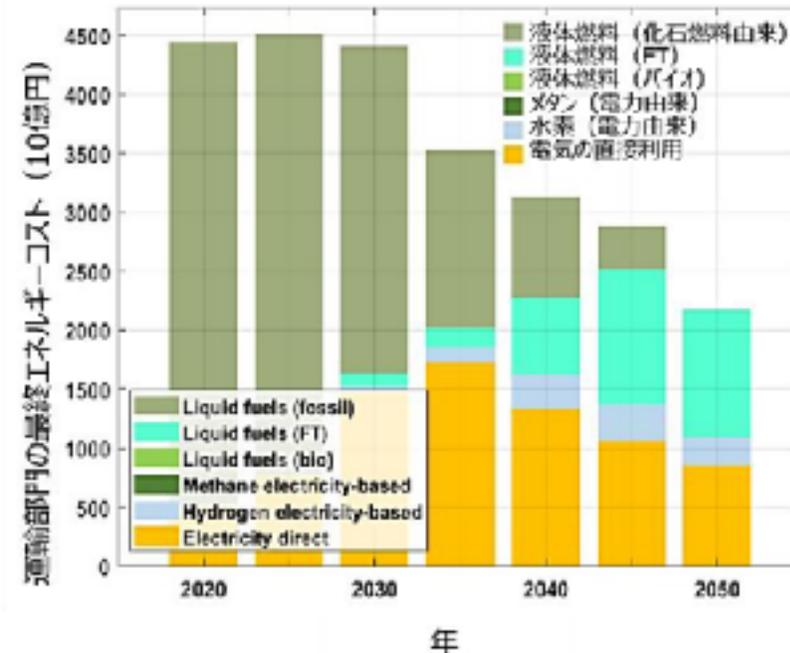
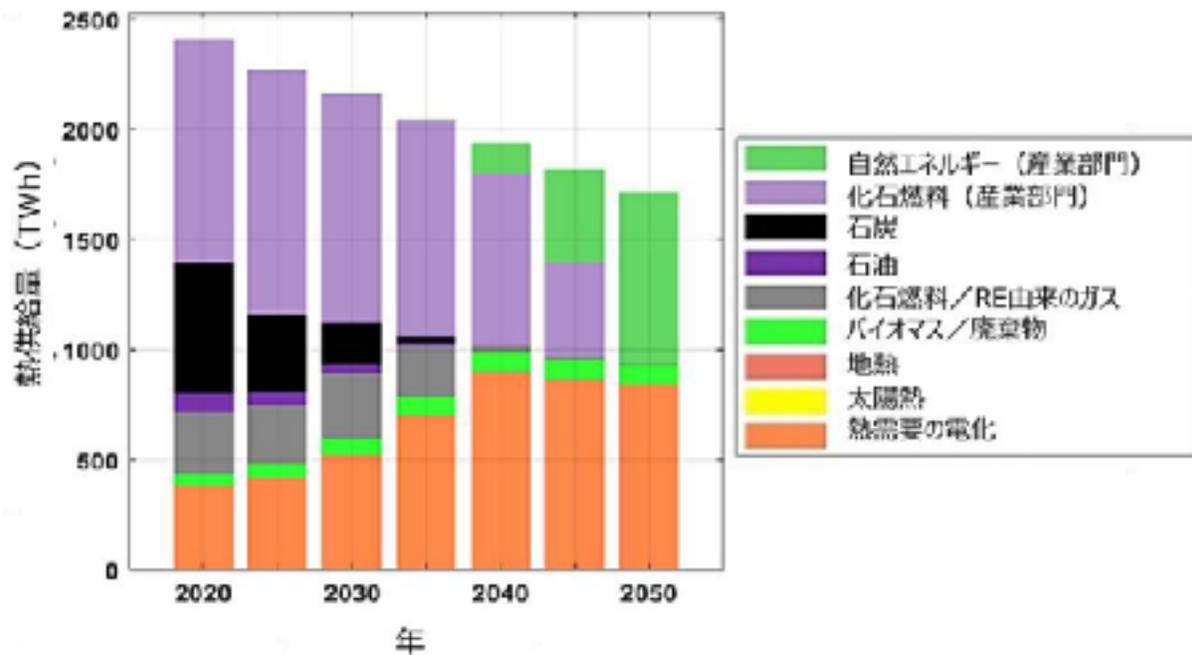
熱供給の均等化コスト





## 電化が難しい熱需要への対応—グリーン水素とグリーン合成燃料

熱供給（民生部門および産業部門）（左）、運輸部門のエネルギー転換（右）



### グリーン水素、グリーン合成燃料 のコスト見込み（2050年）

円/kWh <sub>th</sub>	国内製造	輸入
グリーン水素	11.9 (11.5)	5.5
グリーン合成メタン	(16.9)	8.0
グリーンFT 燃料	(22.8)	9.5

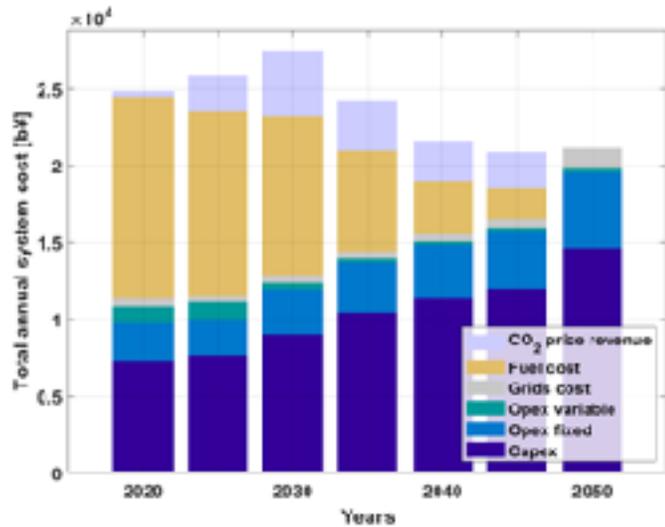


## 2050年のエネルギーコスト

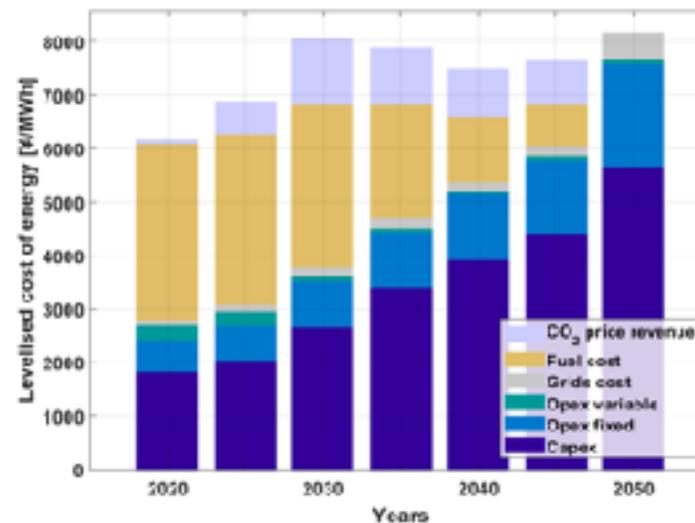
1. 総エネルギーコストは減少していく：2020比15%減
  - ・ 電力コストの低減+電化、エネルギー需要の減少

※2030年までは、カーボンプライシングの分で少し上昇するが、政府歳入として、対策に活用可能
2. 電力コストは低減
  - ・ 自然エネルギーコストの低減により低下、民生部門のエネルギーコストはこれにより大きく減少
3. 水素を使用する熱需要（主として産業）のコストは上昇
  - ・ グリーン水素・E燃料を製造するコストがコストを引き上げ >次頁
4. それでも、エネルギー全体の均等化コスト（/Wh）は2020比25%増にとどまる

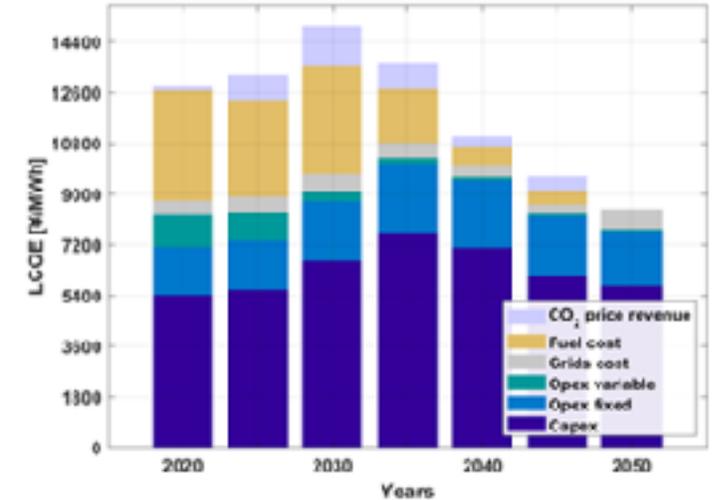
### エネルギーシステム年間総コスト



### エネルギーの均等化コスト（LCOE）



### 電力の均等化コスト（LCOEelec.）





## REI-Agora-LUT共同研究 自然エネルギーをベースとする2050年日本の脱炭素化の追求

- 大量の自然エネルギーの導入の必要性と可能性
- 脱炭素化に、自然エネルギーベースの電化がいかに重要か検証

### 研究概要

ラッペンランタ工科大学のエネルギーシステム・トランジションモデルを適用

コスト最適化手法により、エネルギーシステムを現状から100%自然エネルギーに移行する道筋を解析

- 2020年から2050年まで5年ごとに年間最小コストでのエネルギー供給を算定
- エネルギー生産・貯留・配送の技術の評価、インプット。その運用を9地域、1時間ごと（年8760回）に最適化計算

### 前提となる主な入力データ

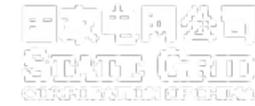
- 各技術の技術・コスト情報、燃料・エネルギー価格（過去から2050年まで）
- 既存の全てのエネルギー製造・貯留・送配電の技術ごとの設備容量、製造量
- 自然エネルギーの条件設定、時間ごとのプロフィール、風力・水力のCF、各REの最大設備導入量、持続可能資源の賦存量 など
- セクターごとの需要想定

### シナリオ設定

基本となるシナリオは、2030年で石炭・原子力発電をストップ、1.5°Cシナリオを追求。

できる限り全てのエネルギーを国産、カーボンプライシングも導入。輸入や需要縮小についても分析。





# Paradigm Shift in Energy



自然エネルギー財団

RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

CONTACT:  
Mika Ohbayashi  
Renewable Energy Institute  
e-mail: m.ohbayashi AT renewable-ei.org