

# エネルギー基本計画改定をめぐる論点

気候・エネルギー政策セミナー  
「エネルギー基本計画の策定に向けた論点」

2024年7月25日

高村ゆかり (東京大学)

Yukari TAKAMURA (The University of Tokyo)

e-mail: [yukari.takamura@ifi.u-tokyo.ac.jp](mailto:yukari.takamura@ifi.u-tokyo.ac.jp)

# エネルギー基本計画改定の位置

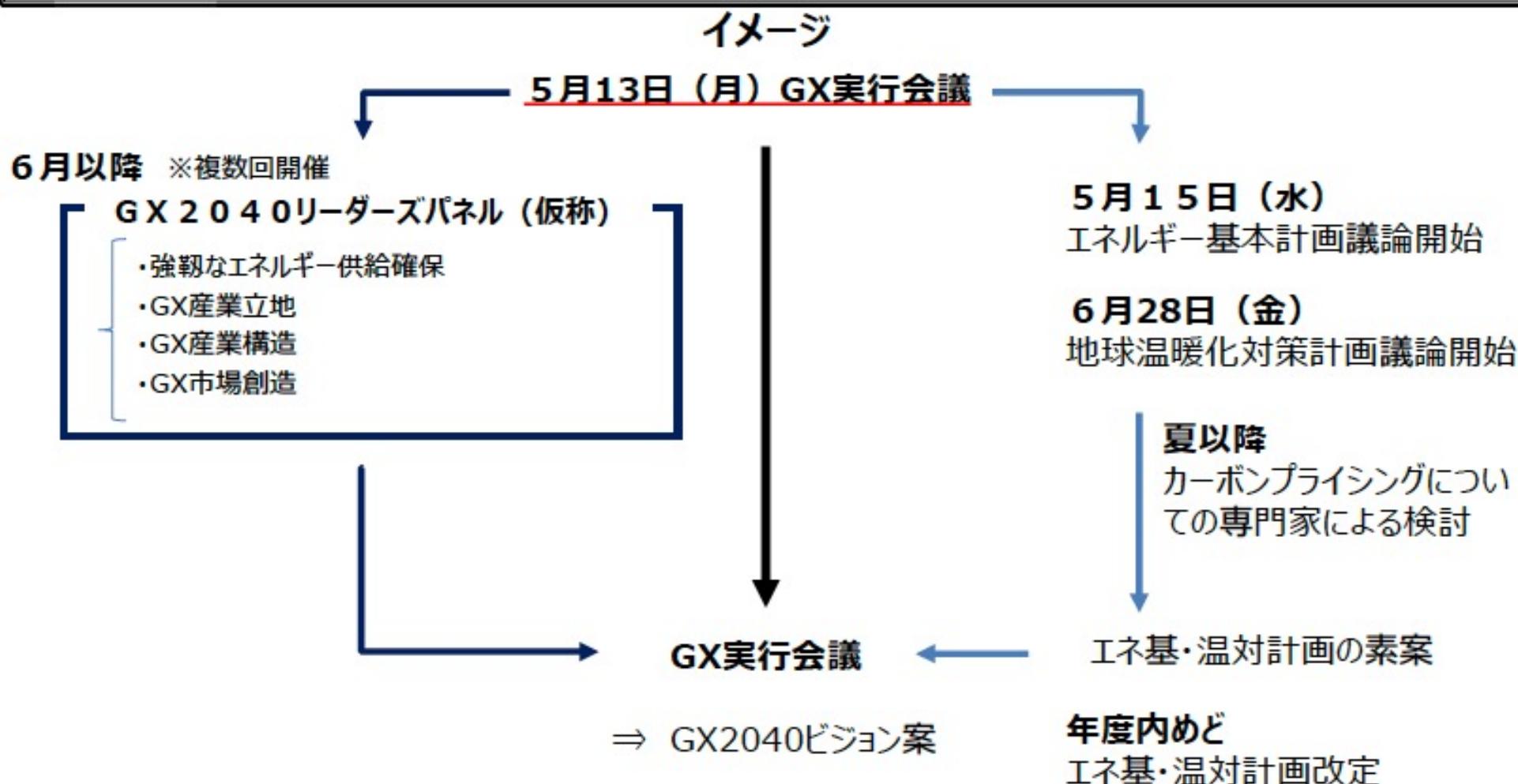
- 2024年度(2025年3月まで)中をめどに、エネルギー基本計画、温暖化対策計画を改定する予定
  - GX2.0
    - GX国家戦略(GX2040ビジョン)策定
    - カーボンプライシング
  - 2025年に提出が推奨されている温室効果ガス排出削減目標(NDC)策定
    - 2025年11月に開催されるCOP30の9~12ヶ月前(2025年2月)までに提出することが求められている
    - "Encourages Parties to communicate in 2025 a nationally determined contribution with an end date of 2035, in 2030 a nationally determined contribution with an end date of 2040, and so forth every five years thereafter."(決定6/CMA.3(2021年))
- エネルギー基本計画の改定審議:2024年5月15日より開始
  - 総合資源エネルギー調査会基本政策分科会において
  - 各分野の委員会も並行して開催
  - 発電コスト検証も
- 温暖化対策計画の改定審議:2024年6月28日より開始
  - 経産省・環境省合同委員会

# GX基本方針 (2023年2月閣議決定)

- ・「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」
  - 「...産業革命以来の化石エネルギー中心の産業構造・社会構造をクリーンエネルギー中心へ転換する、『グリーントランスマネージメント』(以下「GX」...)は、戦後における産業・エネルギー政策の大転換を意味する。」
  - 「GXを加速させることは、エネルギーの安定供給につながるとともに、我が国経済を再び成長軌道へと戻す起爆剤としての可能性も秘めている。民間部門に蓄積された英知を活用し、世界各国のカーボンニュートラルの実現に貢献するとともに、脱炭素分野で新たな需要・市場を創出し、日本の産業競争力を再び強化することを通じて、経済成長を実現していく必要がある。」
  - 「GXの実現を通して、2030年度の温室効果ガス46%削減や2050年カーボンニュートラルの国際公約の達成を目指すとともに、安定的で安価なエネルギー供給につながるエネルギー需給構造の転換の実現、さらには、我が国の産業構造・社会構造を変革し、将来世代を含む全ての国民が希望を持って暮らせる社会を実現」
  - <https://www.meti.go.jp/press/2022/02/20230210002/20230210002.html>

## 【参考】今後の進め方（案）

- 今後、これらの論点について、**6月以降『GX2040リーダーズパネル（仮称）』を開催し、有識者から見解を聴取**。それを踏まえてGX2040ビジョンにつなげる。
- こうした議論も踏まえ、**エネルギー基本計画・地球温暖化対策計画の見直しや、カーボンプライシングの制度設計**につなげていく。



出典：資源エネルギー庁、2024年

# UAEコンセンサスのポイント(1)

- GSTの合意文書(UAEコンセンサス)(1/CMA.5)
  - [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2023\\_L17\\_adv.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2023_L17_adv.pdf)
- 目標と科学の再確認
  - 1.5°C目標の再確認(para. 4)
  - 決定的に重要なこの10年で対策を加速することを誓約(para. 6)
  - IPCCの第六次評価報告書の重要な知見の確認(paras. 15, 16)
  - パリ協定の下で対策が進捗。すべて目標が実施されれば、4°Cの気温上昇から2.1-2.8°Cの上昇に抑える効果(para. 18)
  - 1.5°C目標を達成するには、2019年比で、世界の排出量を、2030年までに43%削減、2035年までに60%削減、2050年までに炭素排出実質ゼロが必要ということを確認(para. 27)
- 目標の条件
  - 各国の削減目標(NDC)は、COP30(2025年11月)に先立って遅くとも9カ月から12カ月前に(2025年2月頃には)提出することを再確認(para. 166)
  - 2025年に提出する削減目標は2035年目標提出を奨励(para. 170)
    - "Encourages Parties to communicate in 2025 their nationally determined contributions with an end date of 2035, ...."

# 最新の科学が伝えること

## IPCC第6次評価報告書統合報告書(2023年3月20日)

- 決定的な10年(critical decade/decisive decade)
  - 直面するリスクとしての気候変動
  - 気温上昇とともに今後影響とリスクは一層大きくなる。「適応の限界」
  - パリ協定の目標(1.5°C目標、2°C目標)達成には、直ちに、遅くとも2025年までに世界の温室効果ガス排出量を頭打ちにすることが必要
  - このままで50%を超える確度で、今から2040年の間に1.5°Cに達する見通し

		2019年比の削減率			
		2030	2035	2040	2050
1.5°C目標 (>50%)	GHG	43 [34 - 60]	60 [49 - 77]	69 [58 - 90]	84 [73 - 98]
	CO2	48 [36 - 69]	65 [50 - 96]	80 [61 - 109]	99 [79 - 119]
2°C目標 (>67%)	GHG	21 [1 - 42]	35 [22 - 55]	46 [34 - 63]	64 [53 - 77]
	CO2	22 [1 - 44]	37 [21 - 59]	51 [36 - 70]	73 [55 - 90]

出典:IPCC, 2023を基に高村作成

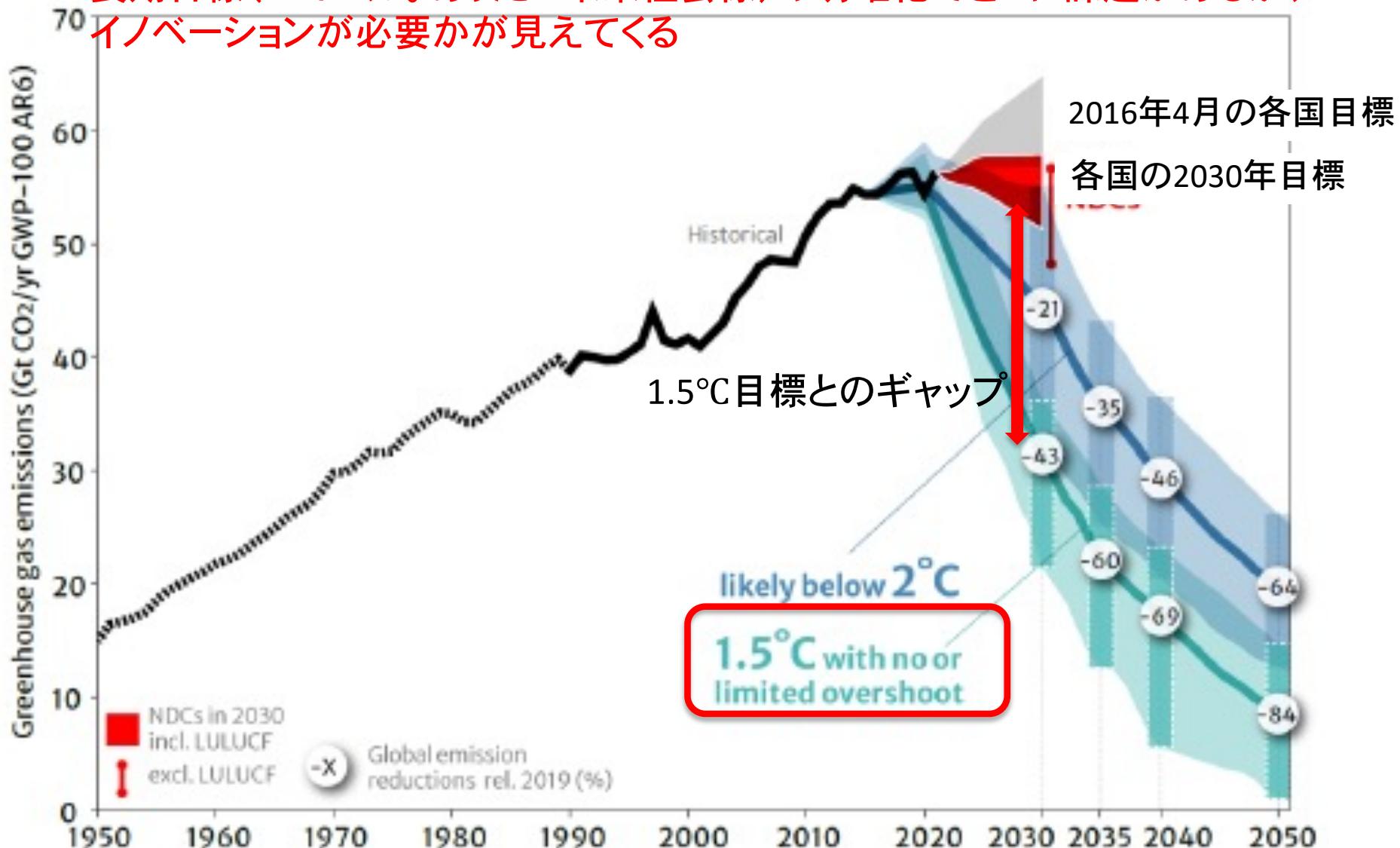
- 目標・政策を実行・行動にうつす

# 1.5°C目標と削減目標(NDC)のギャップ

“1.5°C目標を達成する可能性が小さくなっている”

現在の社会の延長線上には私たちがありたい未来はない

長期目標(=ゴール。ありたい未来社会像)の明確化でどこに課題があるか、  
イノベーションが必要かが見えてくる



出典:UNFCCC 2023年

# 2050年エネルギー由来のCO<sub>2</sub>排出実質ゼロへの道筋

(出所)IEA2022年資料

- 電力のほぼ50%が低炭素電源由来に

2021年  
37ギガトン  
(CO<sub>2</sub>排出量)

- 化石燃料ボイラーの新規販売停止

2025

- セメント生産からの排出量の8%を回収・貯留

2030  
23ギガトン

- 販売される世界の自動車の60%が電動化

電解装置容量は720ギガワットに

- 先進国の電力分野の排出量はネットゼロに

- 内燃機関自動車の新規販売停止

2035

3ギガトンのCO<sub>2</sub>回収

- 産業のエネルギー消費の40%が電力に

- 既築の建築物の50%をゼロカーボン対応に改修

2040  
5ギガトン

●電力

●産業

●運輸

●建築物

●その他

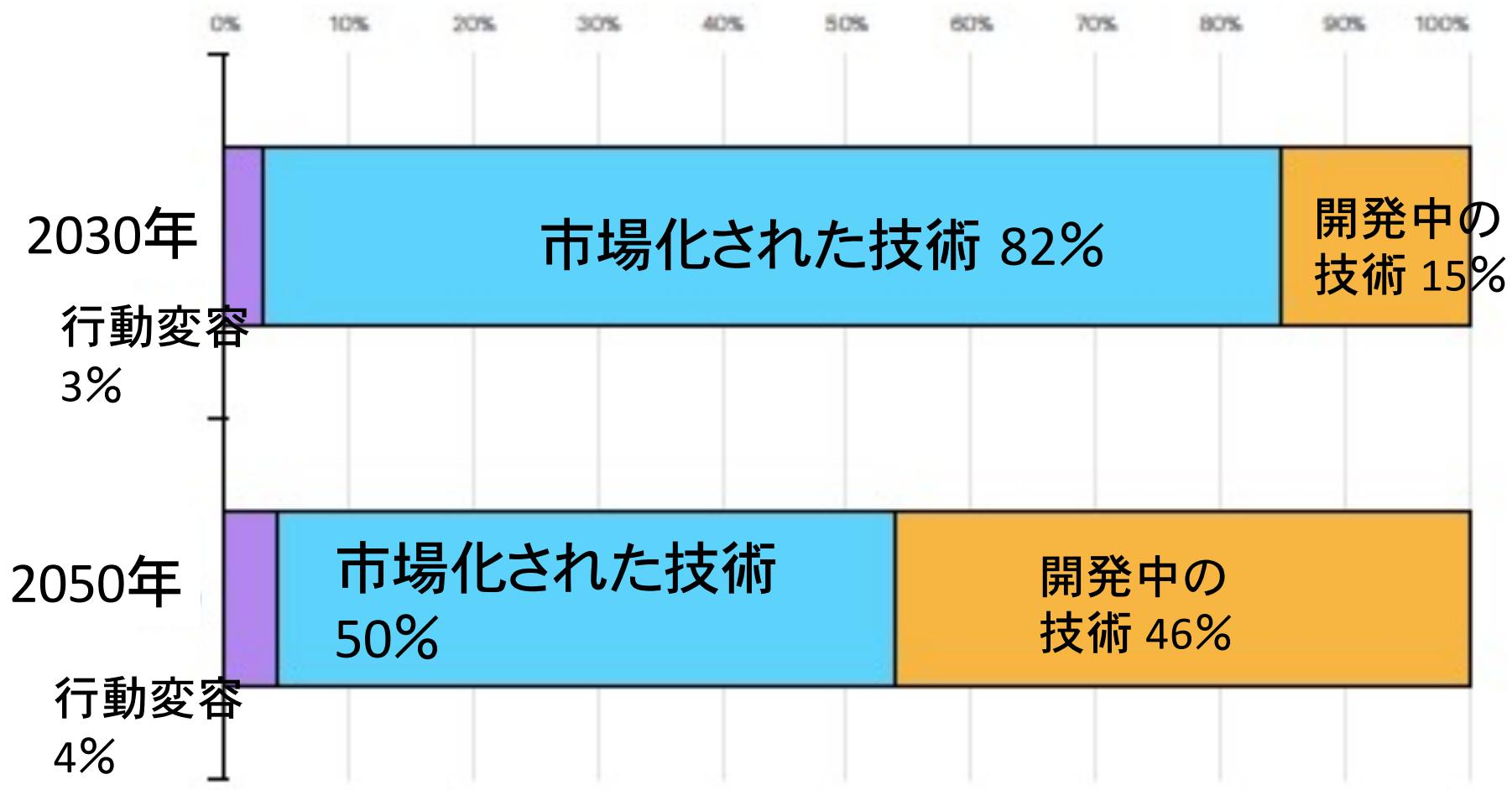
- ほぼ90%の電力が再エネ由来に

2050  
排出実質ゼロ

- 電解装置容量は3670ギガワットに

システム移行  
(systems transition)  
は規模の点でかつてないものだが、速度の点では必ずしもそうではない。あらゆるセクターでの大幅な排出削減、広範な削減対策、それに対する相当の投資の拡大が必要  
(IPCC, 2018)

# 2030年、2050年の目標とのGapは 何によってうめられるのか

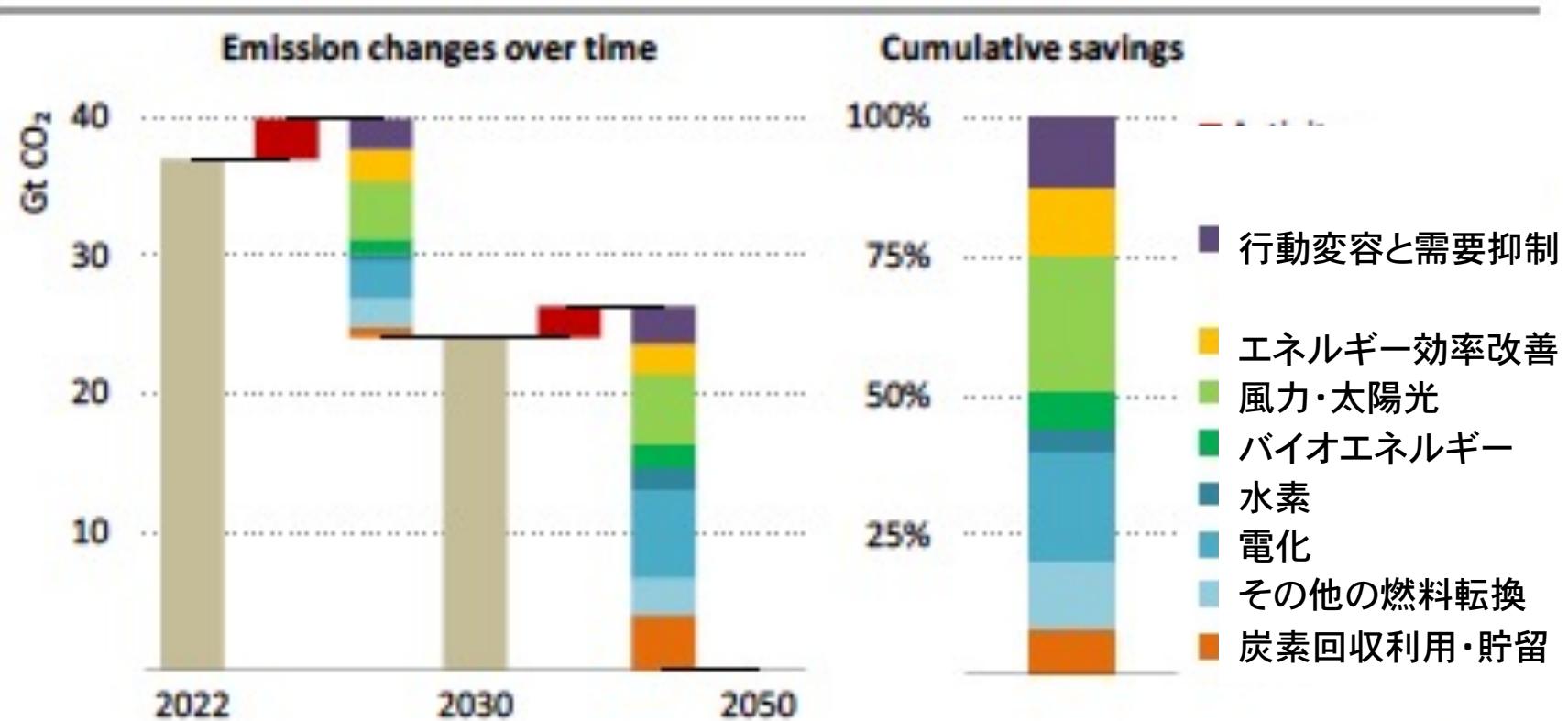


出典:IEA、2021年

IEA. All Rights Reserved

# ネットゼロのために必要な技術

再エネの拡大、エネルギー効率改善、電化で2030年までに必要な削減の80%達成



IEA, CC BY 4.0.

*Expansion of solar PV, wind and other renewables, energy intensity improvements and direct electrification of end-uses combined contribute 80% of emission reductions by 2030*

# UAEコンセンサスのポイント(2)

- GSTの合意文書(UAEコンセンサス)パラグラフ28
  - 1.5°C目標を達成するには大幅で、急速で、持続的な温室効果ガスの削減が必要であることを認め、各国が決定する方法で、パリ協定と各国の異なる事情、経路及びアプローチを考慮して、**次の世界的な努力に貢献することを締約国に要請**
  - (a) **2030年までに世界の再生可能エネルギーの設備容量を3倍に、世界のエネルギー効率改善の平均年率を2倍にする** Tripling renewable energy capacity globally and doubling the global average annual rate of energy efficiency improvements by 2030;
  - (b) **対策の取られていない石炭火力の段階的削減にむけた努力を加速** Accelerating efforts towards the phase-down of unabated coal power;  
※COP26、COP27の合意と同じ。"unabated"
  - (c) **排出実質ゼロのエネルギーシステムに向けて世界的に努力を加速** Accelerating efforts globally towards net zero emission energy systems, utilizing zero- and low-carbon fuels well before or by around mid-century;
  - (d) **科学に従って、2050年までに排出実質ゼロを達成するよう、公正で、秩序だった、衡平な方法で、エネルギー系統における脱化石燃料化を進める。この決定的に重要な10年に対策を加速** Transitioning away from fossil fuels in energy systems, in a just, orderly and equitable manner, accelerating action in this critical decade, so as to achieve net zero by 2050 in keeping with the science;

# UAEコンセンサスのポイント(3)

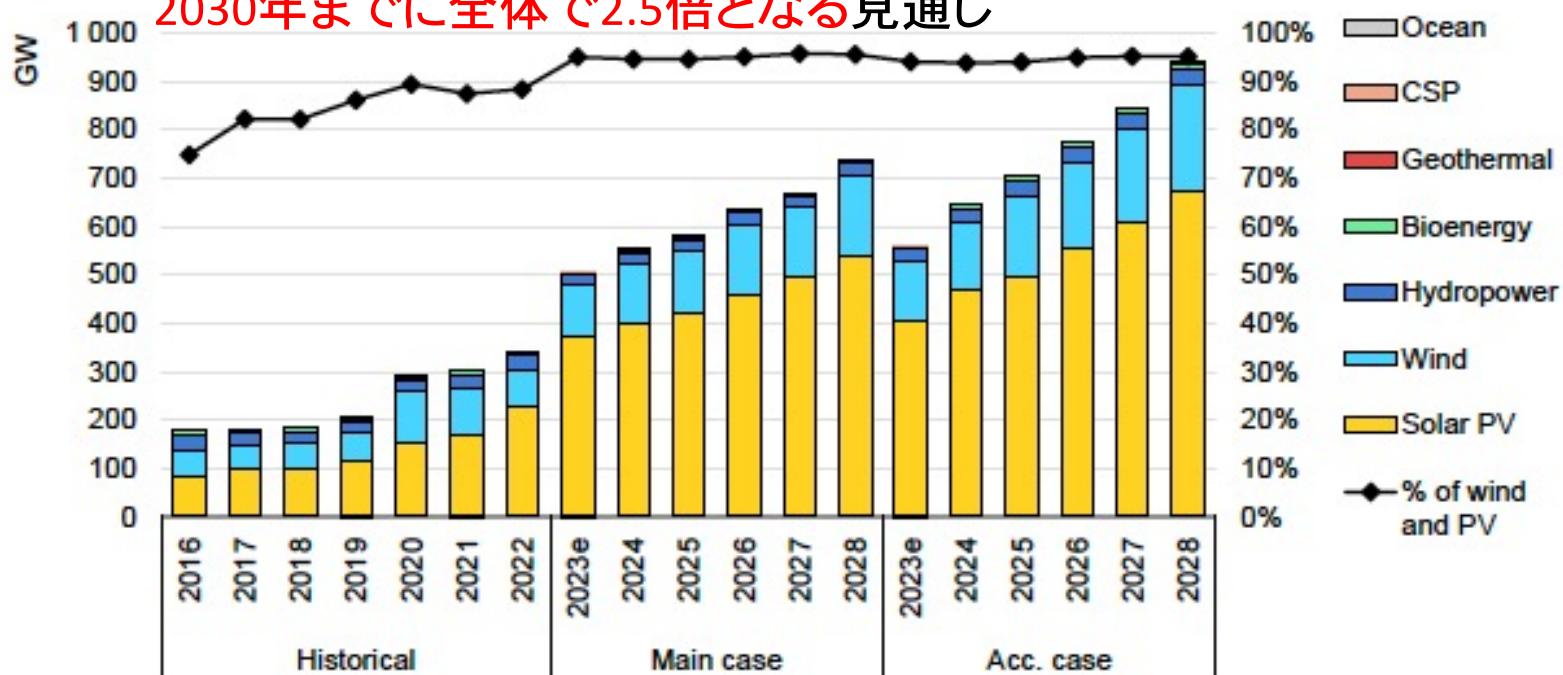
- GSTの合意文書(UAEコンセンサス)パラグラフ28
  - 1.5°C目標を達成するには大幅で、急速で、持続的な温室効果ガスの削減が必要であることを認め、各国が決定する方法で、パリ協定と各国の異なる事情、経路及びアプローチを考慮して、**次の世界的な努力に貢献することを締約国に要請**
  - (e) **ゼロ排出、低排出の技術を加速。**その技術には、特に再生可能エネルギー、原子力、特に削減が難しい分野における炭素回収貯留・利用技術といった排出削減・除去技術、低排出炭素生産を含む。Accelerating zero- and low-emission technologies, including, inter alia, renewables, nuclear, abatement and removal technologies such as carbon capture and utilization and storage, particularly in hard-to-abate sectors, and low-carbon hydrogen production;
  - (f) **世界の二酸化炭素以外の排出量対策を加速し、相当に削減。**2030年までの**メタン排出の相当な削減**を含む Accelerating and substantially reducing non-carbon-dioxide emissions globally, including in particular methane emissions by 2030;
  - (g) **道路交通からの排出削減を加速** Accelerating the reduction of emissions from road transport on a range of pathways, including through development of infrastructure and rapid deployment of zero- and low-emission vehicles;
  - (h) **非効率な化石燃料補助金の段階的廃止** Phasing out inefficient fossil fuel subsidies that do not address energy poverty or just transitions, as soon as possible;

# 再エネ設備新規導入量

2023年、507GW導入と推計。2022年比約50%増

130カ国以上で増加。中国が大幅増(太陽光+116%、風力+66%)

現在の対策ベースで、2028年までに太陽光、風力は2倍以上、  
2030年までに全体で2.5倍となる見通し

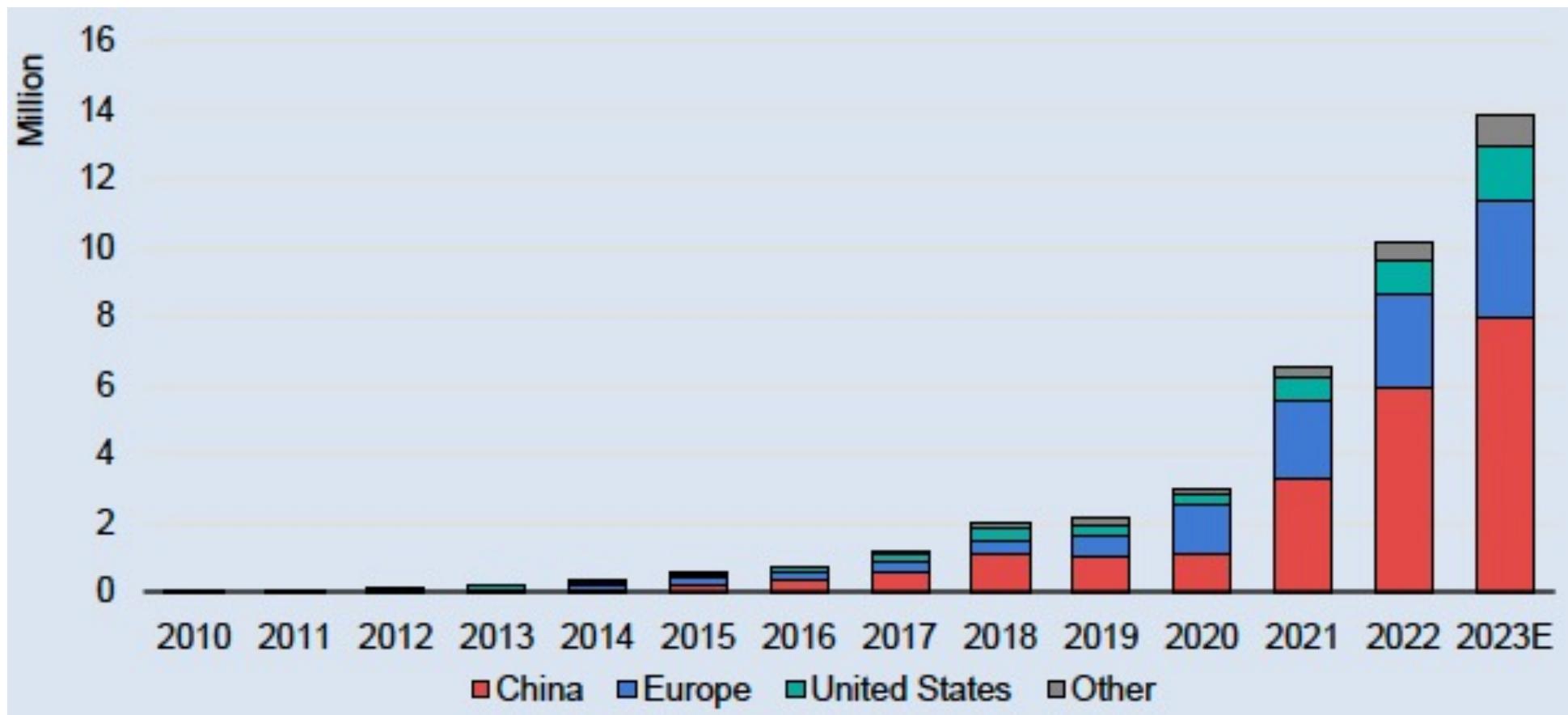


IEA. CC BY 4.0.

Notes: CSP = concentrated solar power. Capacity additions refer to net additions. Historical and forecast solar PV capacity may differ from previous editions of the renewable energy market report. This year, PV data for all countries have been converted to DC (direct current), increasing capacity for countries reporting in AC (alternating current). Conversions are based on an IEA survey of more than 80 countries and interviews with PV industry associations. Solar PV systems work by capturing sunlight using photovoltaic cells and converting it into DC electricity. The DC electricity is then usually converted using an inverter, as most electrical devices and power systems use AC. Until about 2010, AC and DC capacity in most PV systems were similar, but with developments in PV system sizing, these two values may now differ by up to 40%, especially in utility-scale installations. Solar PV and wind additions include capacity dedicated to hydrogen production.

# 電動車の新車販売量(2010-2023年)

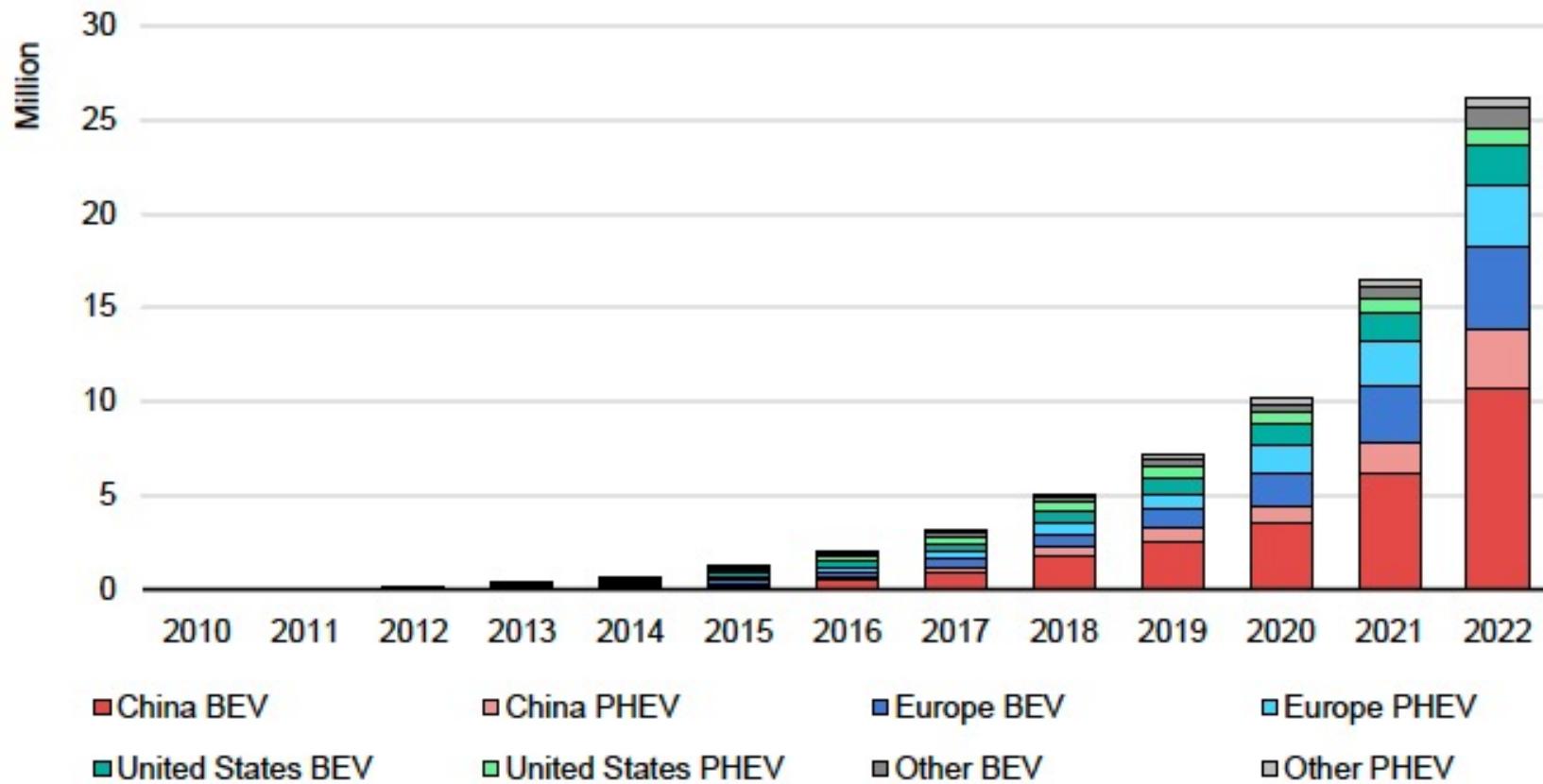
2023年、電動車の販売量は1400万台(推計)。2022年比35%増  
市場シェアは、2022年14%から、2023年18%に



# 電動車のストックの推移(2010-2022年)

2022年、市中で2600万超の電動車(乗用車)が走行  
2021年比60%超の増加。2018年の5倍に

出典: IEA, 2023

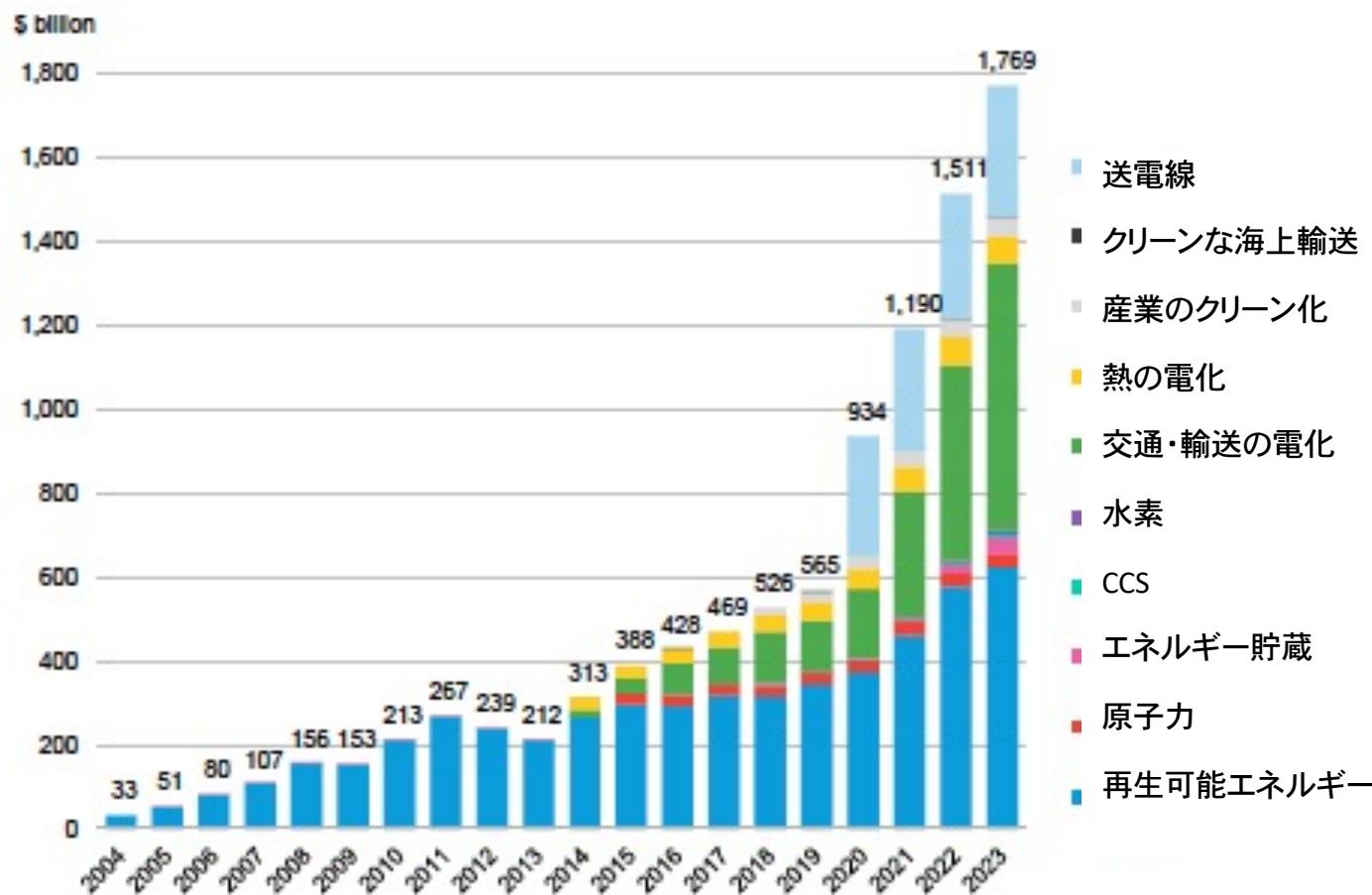


IEA. CC BY 4.0.

Notes: BEV = battery electric vehicle; PHEV = plug-in hybrid electric vehicle. Electric car stock in this figure refers to passenger light-duty vehicles. In "Europe", European Union countries, Norway, and the United Kingdom account for over 95% of the EV stock in 2022; the total also includes Iceland, Israel, Switzerland and Türkiye. Main markets in "Other" include Australia, Brazil, Canada, Chile, Mexico, India, Indonesia, Japan, Malaysia, New Zealand, South Africa, Korea and Thailand.

# エネルギー移行投資の推移

エネルギー転換投資は、2023年、1.77兆米ドルに。前年比17%増  
2015年の約4.5倍。2004年の53倍超  
再エネ投資は、史上最高6230億米ドル(前年比8%増)に



Source: BloombergNEF. Note: Start years differ by sector but all sectors are present from 2020 onwards; see Methodology for more detail. Most notably, nuclear figures start in 2015 and power grids in 2020. CCS refers to carbon capture and storage.

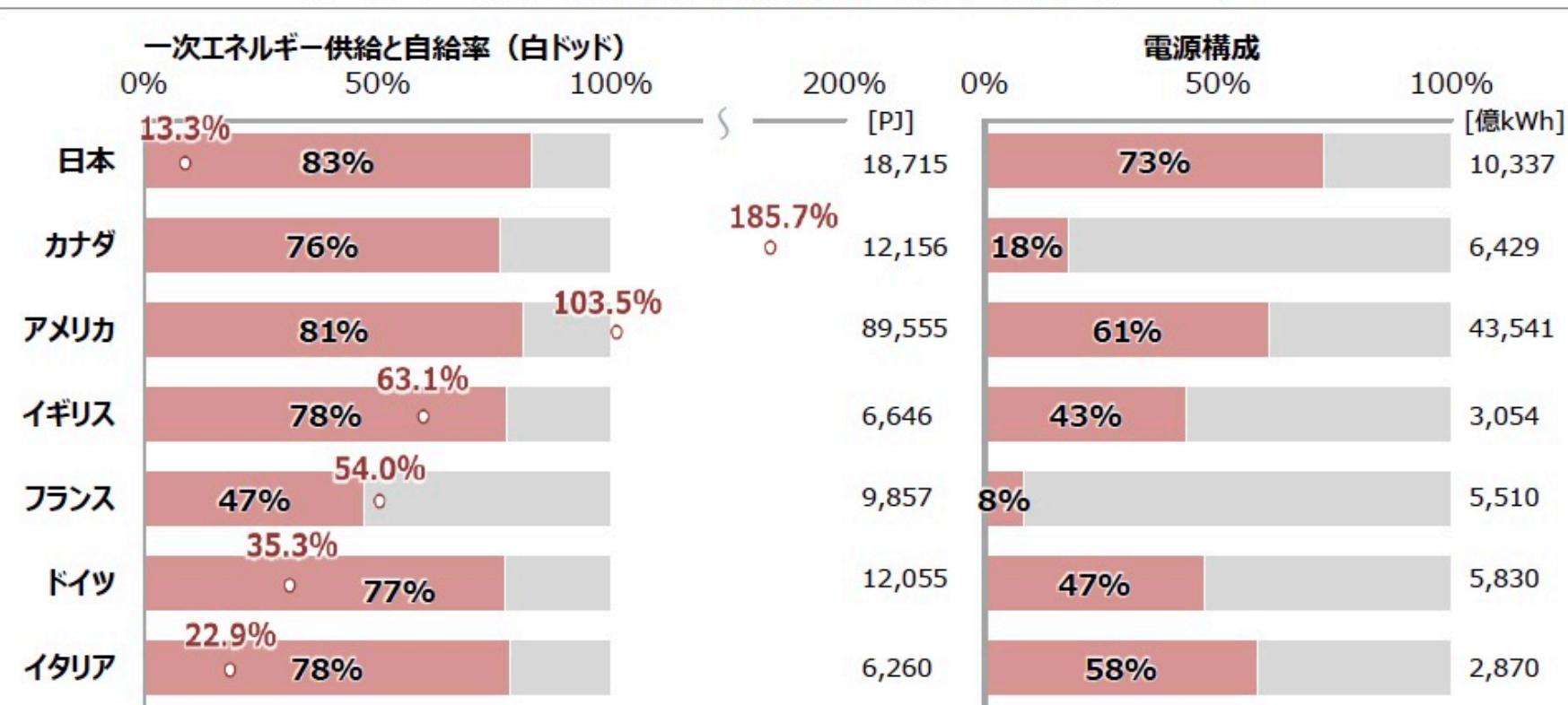
# エネルギー基本計画改定の論点(1)

- エネルギー、特に電力の脱炭素化が急務、脱炭素電源の拡大に異論なし
- 検討の論点
  - エネルギー基本計画の時間軸
    - GX2040ビジョン
    - NDCは2035年目標推奨
  - エネルギー需要、電力需要の想定、省エネ
    - データセンター、AI利用、半導体製造など電力需要増加の要因
    - 省エネのポテンシャル
      - 技術と経済的合理性の観点から
    - 情報技術の展開による産業・社会の効率化
    - 日本においては人口減少、高齢化などの下げ要因
  - 省エネ施策の重要性
  - これらの見通しについてさらなる精査が必要

# 化石燃料依存のエネルギー供給

- 一次エネルギー供給の83%を輸入化石燃料に依存。G7では依存度は最大。エネルギー自給率は最低水準(13.3%)
- 電源構成の7割超を輸入化石燃料に依存。G7では最も高い水準

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\*)



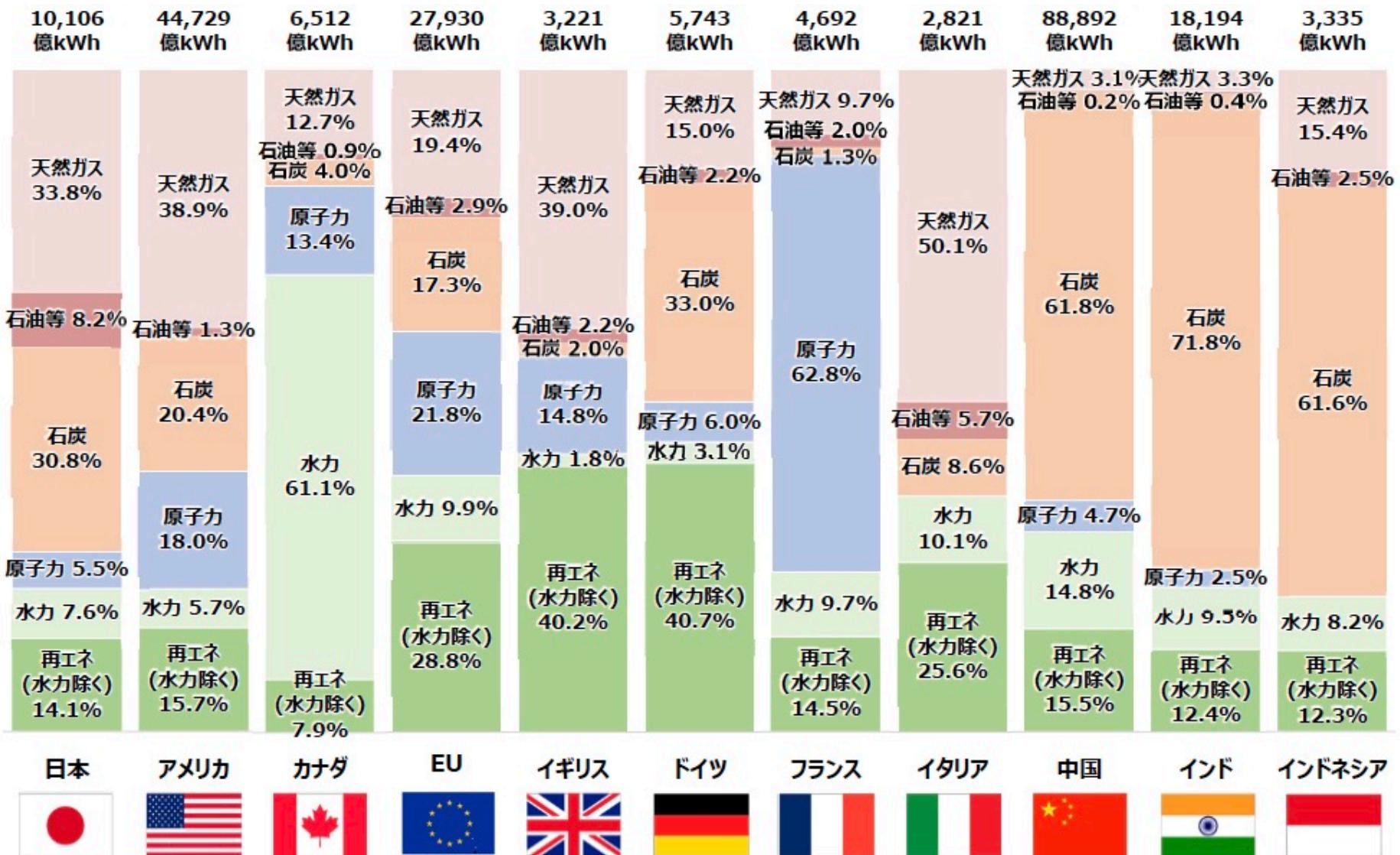
(出所) IEA「World Energy Balances」、総合エネルギー統計をもとに作成。日本は2021年度、その他は2021年の数字。

10

出典：資源エネルギー庁、2024年

18

# 主要国の電源構成

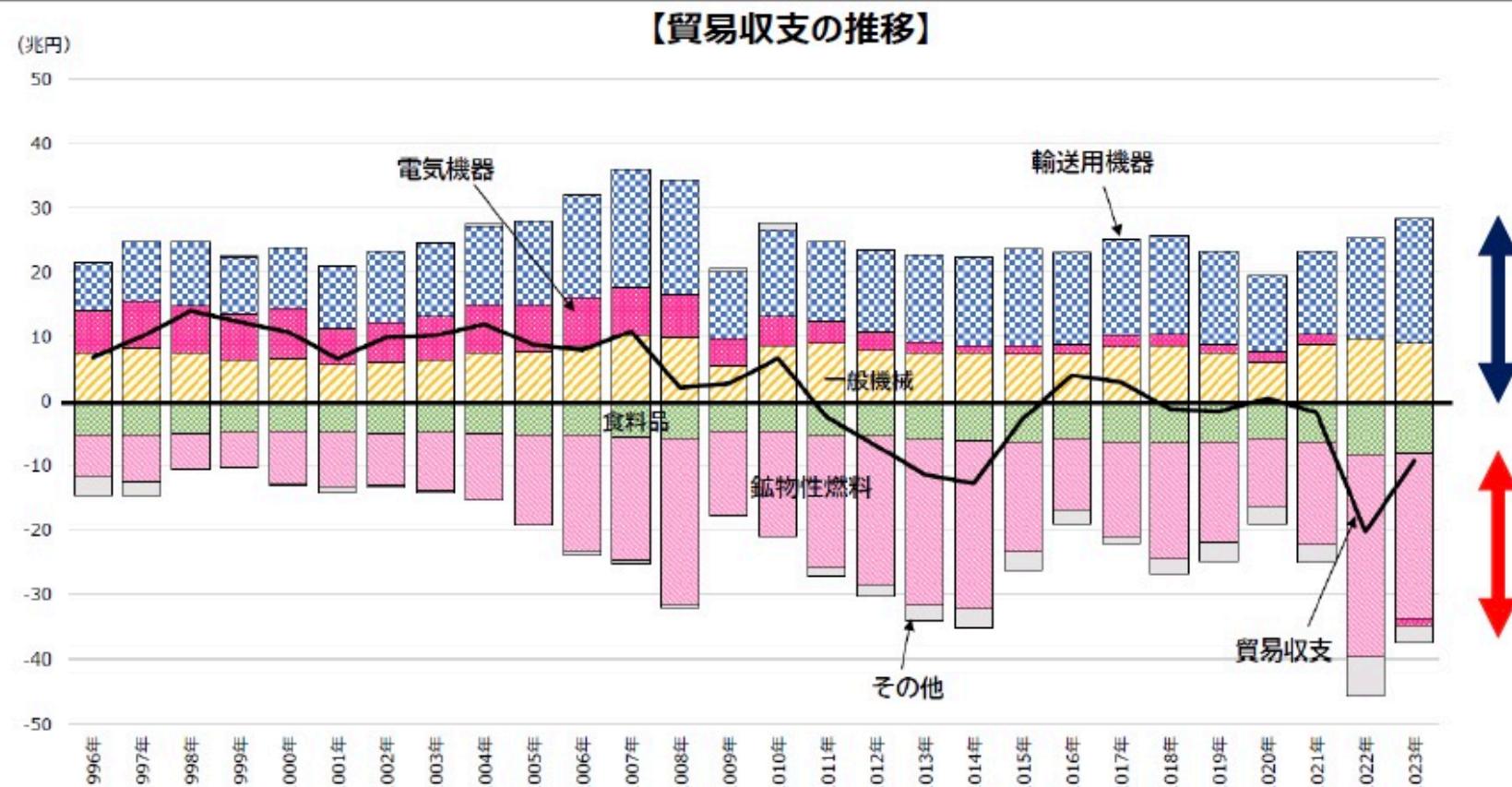


出典：IEA World Energy Balances（各国2022年の発電量）、総合エネルギー統計（2022年度確報）をもとに資源エネルギー庁作成

出典：資源エネルギー庁、2024年

# 貿易収支への影響

- 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費消。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然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。



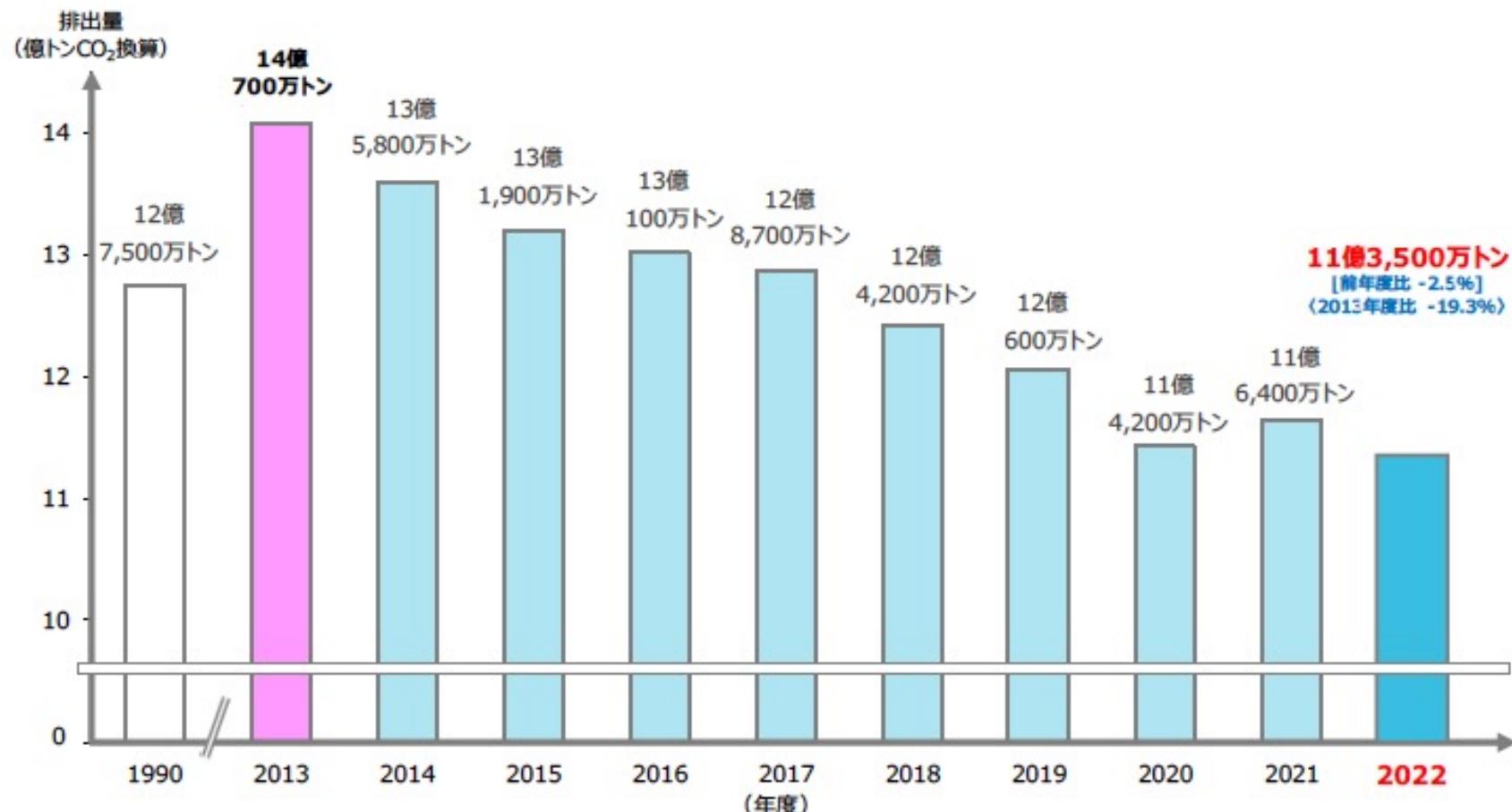
(出所) 国際収支から見た日本経済の課題と処方箋 第1回会合資料(財務省)に太印付記

出典：資源エネルギー庁、2024年

# 日本の温室効果ガス排出量 (2022年度・速報値)

2013年度比22.9%減。2021年度比2.5%減。1990年度以降最少

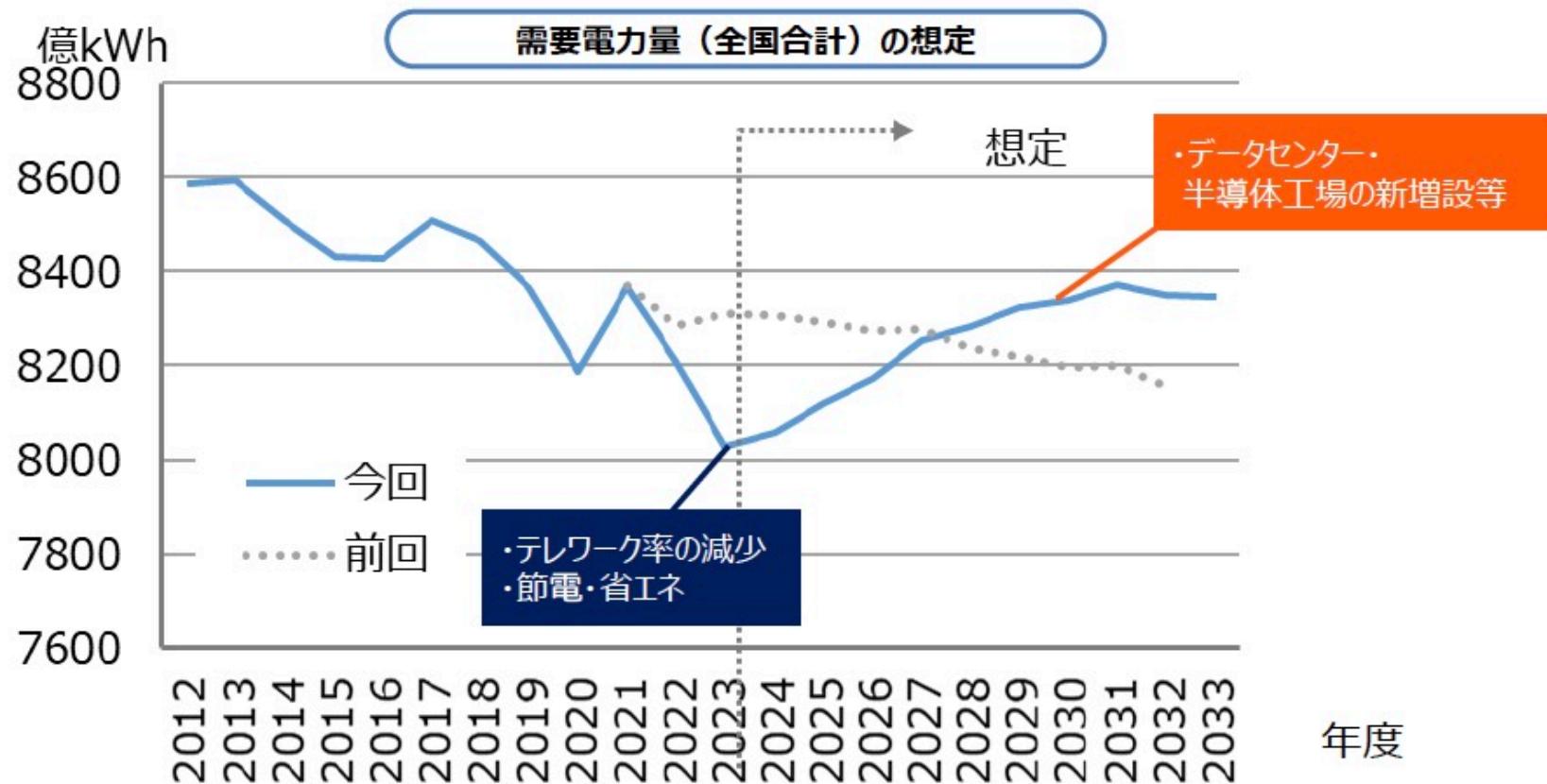
エネルギー由来の二酸化炭素が、日本の温室効果ガス排出量の約85%を占める  
エネルギー効率改善と再生可能エネルギー拡大が一貫した削減の要因



出典:環境省、2024年

# 今後10年の電力需要見通し(OCCTO)

- 毎年、電力広域的運営推進機関は、一般送配電事業者から提出された電力需要の想定を取りまとめ公表。
- 本年1月24日に公表された想定では、人口減少や節電・省エネ等により家庭部門の電力需要は減少傾向だが、人手不足対応のための省人化、遠隔化に加え、データセンターや半導体工場の新增設等による産業部門の電力需要の大幅増加により、全体として電力需要は増加傾向となった。



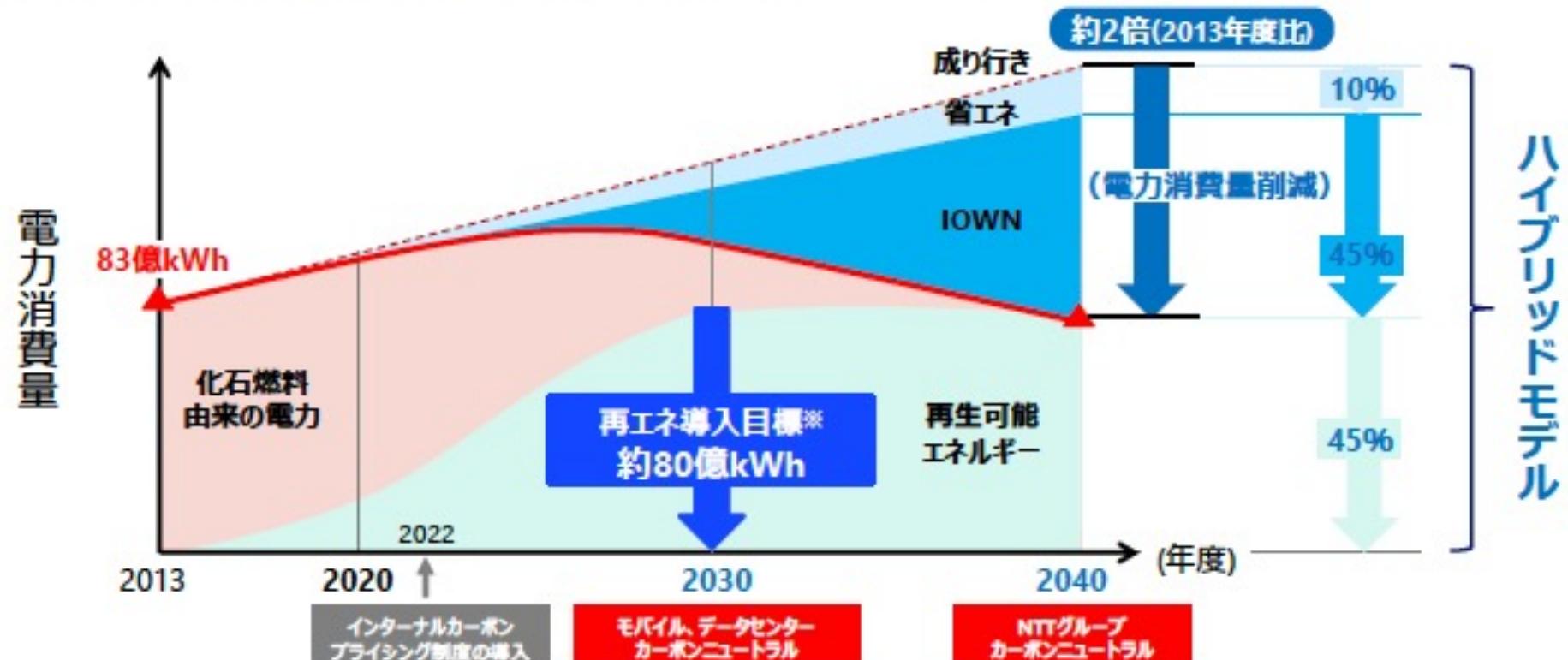
(出典) 電力広域的運営推進機関HP 2024年度 全国及び供給区域ごとの需要想定について

出典:資源エネルギー庁、2024年

# NTTグループ電力消費量の見通し



- IOWN導入により、2040年度、電力消費量の約半分を削減
- 残り半分に再生可能エネルギーを導入し、カーボンニュートラルを実現



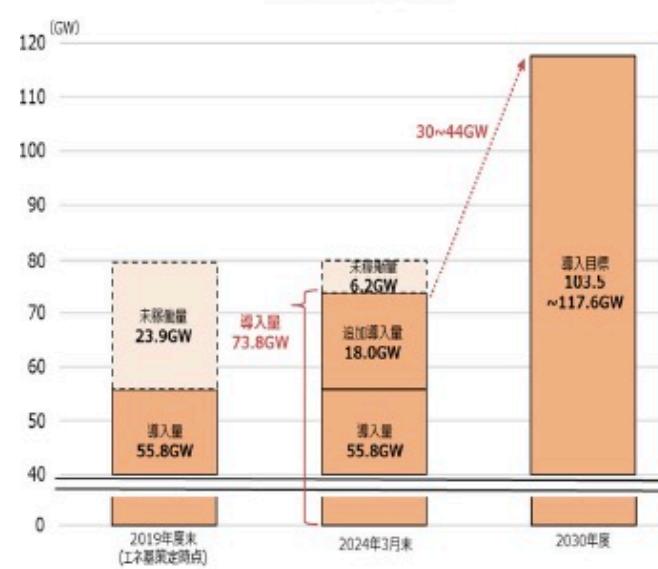
総合資源エネルギー調査会基本政策分科会での報告、2024年

# エネルギー基本計画改定の論点(2)

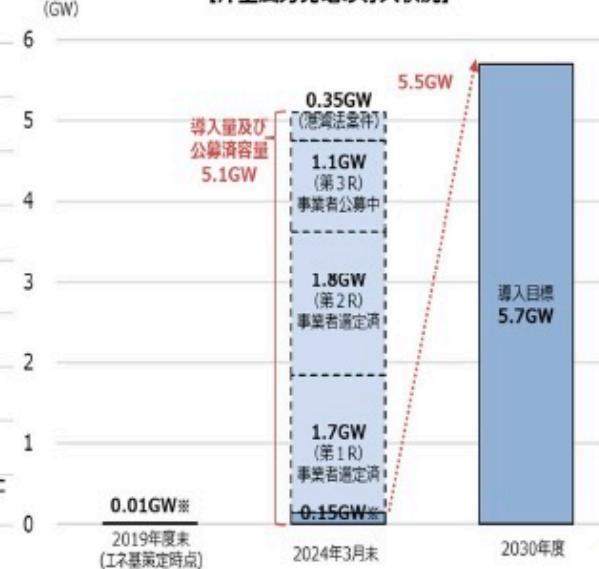
- 検討の論点
  - 再エネ
    - 特に2013年以降、電力の脱炭素化、排出削減に貢献
    - 「再エネ主力電源化」「再エネの最大限導入」。2030年に電源構成の36-38%を再エネに(現行の第六次エネルギー基本計画)
    - 近年の導入の鈍化
    - 地域共生型再エネの導入。規律の強化と導入促進
    - 円安の影響、資材など事業費の高騰。サプライチェーンの内製化
  - 太陽光
    - 建築物一体型。ZEB、ZEHの拡大とともに
    - 空港などインフラの活用
    - 営農型太陽光
  - 洋上風力の拡大
  - 導入拡大のための具体的な施策、制度改善

# 再エネの導入状況

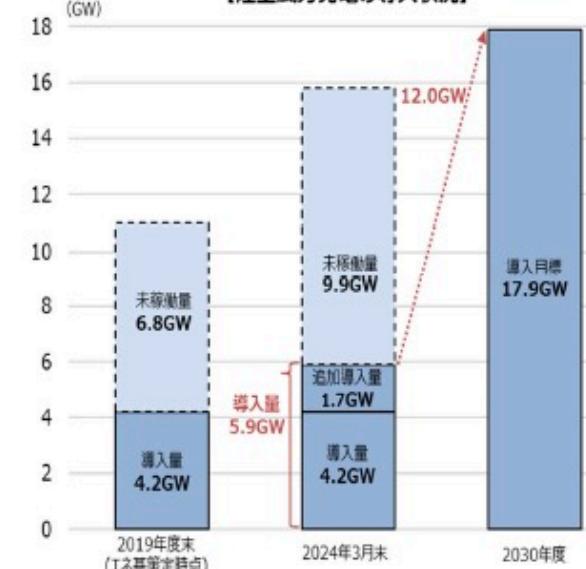
【太陽光発電の導入状況】



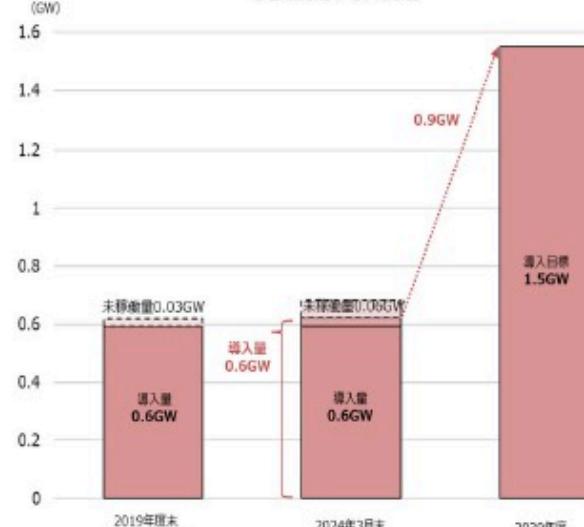
【洋上風力発電の導入状況】



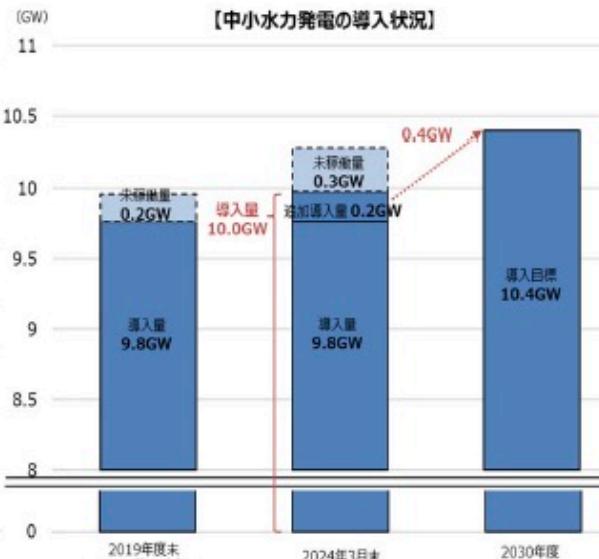
【陸上風力発電の導入状況】



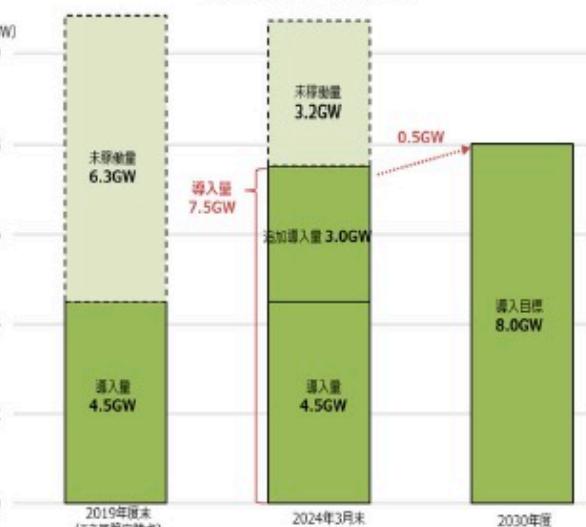
【地熱発電の導入状況】



【中小水力発電の導入状況】



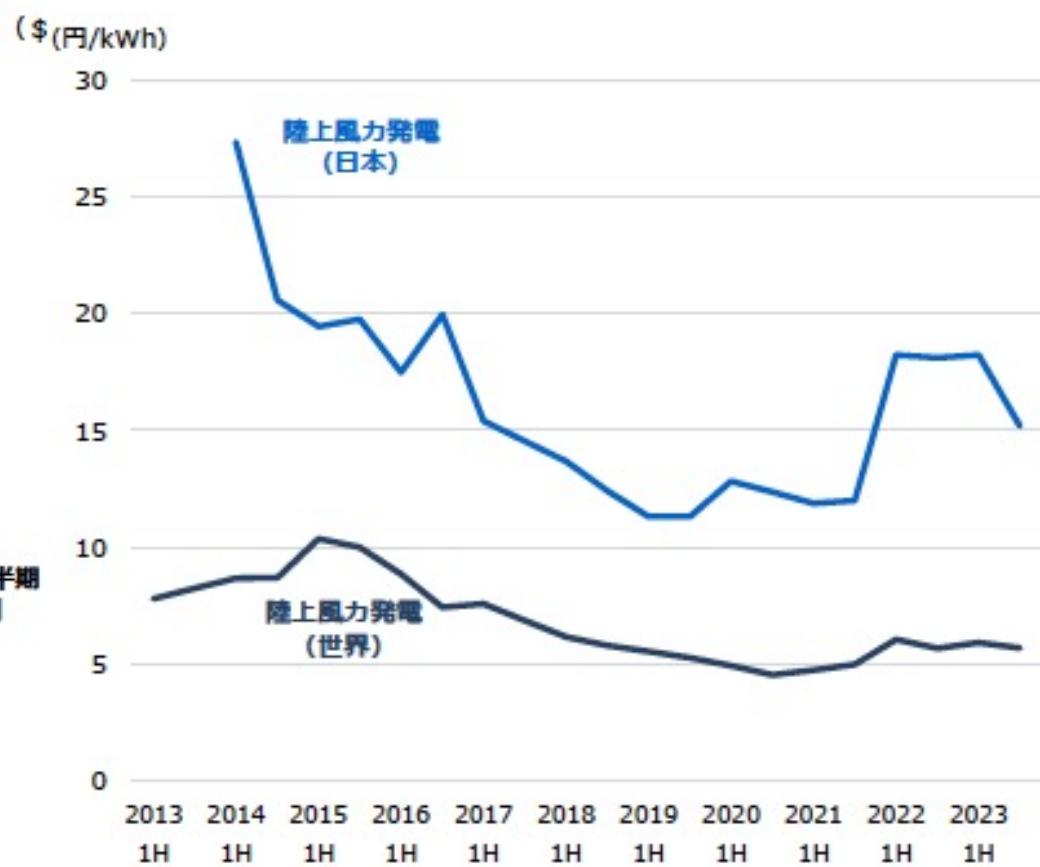
【バイオマス発電の導入状況】



出典：資源エネルギー庁、2024年

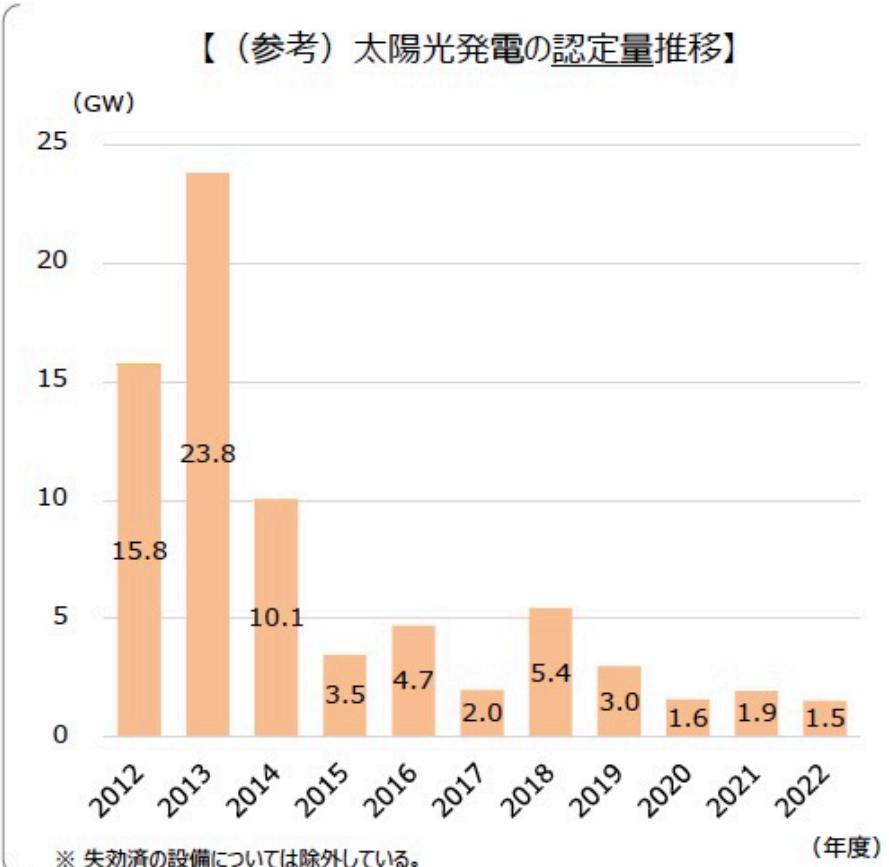
# 太陽光・風力の発電コストの推移(日本)

日本の太陽光の発電コストは2010年から2019年の10年で63%低減、2013年から2020年の8年で62%低減(国際再生可能エネルギー機関、2020年、2021年)



# 太陽光の導入量

- 太陽光発電は、直近では、5GW/年程度の追加導入が見られる。
- 足下の2022年度の導入量の特徴として、系統接続済容量を踏まえてFIT/FIP制度によらない導入量を推計したところ、0.5GWのFIT/FIP制度によらない追加導入が確認された。



※ FIT/FIP制度によらない太陽光発電の導入量の推計方法については、次ページ参照。

※ 2022年度末時点におけるFIT/FIP認定量及び導入量は速報値。

※ 入札制度における落札案件は落札年度の認定量として計上。

### (参考) 再エネ海域利用法における案件形成状況

第62回再エネ大量導入・次世代電力NW小委員会  
(2024年5月29日) 資料 1より抜粋

区域名	万kW※1	供給価格※2 (円/kWh)	運転年月	選定事業者構成員		<導入目標> (内山岸電源の電源構成における比率) 現状: 風力全体4.5GW [0.9%] (うち海上0.01GW)
				選定事業者	候補事業者	
促進区域	①長崎県五島市沖 (浮体)	1.7	36	芦田建設、ERI、大阪瓦斯、関西電力、INPEX、中部電力		2030年: 風力全体23.6GW [5%] (うち海上5.7GW [1.8%])
	②秋田県能代市・三種町・男鹿市沖	49.4	13.26	三菱商事海上風力、三菱商事、C-Tech		<海上風力開発目標>
	③秋田県由利本荘市沖	84.5	11.99	三菱商事海上風力、三菱商事、C-Tech、ウェンティ・ジャパン		2030年 10GW / 2040年 30-45GW
	④千葉県銚子市沖	40.3	16.49	三菱商事海上風力、三菱商事、C-Tech		<海上風力開発比率目標>
	⑤秋田県八峰町能代市沖	37.5	3	ERI、イベルテローラ・リニューアブルズ・ジャパン、東北電力		2040年 60%
	⑥秋田県男鹿市・潟上市・秋田市沖	31.5	3	JERA、電源開拓、伊藤忠商事、東北電力		[凡例] ● 促進区域 (第1ラウンドは黒字) ● 有認区域 ● 準備区域
	⑦新潟県村上市・胎内市沖	68.4	3	三井物流、RWE Offshore Wind Japan 村上胎内、大阪瓦斯		
	⑧長崎県西彼杵郡糸島市沖	42	22.18	住友商事、東京電力リニューアブルパワー		
	⑨青森県沖日本海(南側)	60	※2 ①～⑧についてはFIT制度適用のため基準価格。 ⑨～⑯はFIP制度適用のため基準価格。			
	⑩山形県遊佐町沖	45	1/19～7/19			
有認区域	⑪北海道石狩市沖	91～114				
	⑫北海道岩字・南後志地区沖	56～71				
	⑬北海道勇払沖	44～56				
	⑭北海道猿払山沖	91～114				
	⑮北海道枝幸沖	25～32				
	⑯青森県沖日本海(北側)	30				
	⑰山形県酒田市沖	50				
	⑱千葉県九十九里沖	40				
	⑲千葉県いすみ市沖	41				
	⑳北海道岩字・南後志地区沖(浮体)					
準備区域	㉑北海道勇払沖(浮体)					
	㉒青森県陸奥湾					
	㉓岩手県久慈市沖					
	㉔山形県酒田市沖					
	㉕福井県あわら市沖					
	㉖福井県嶺南沖					
	㉗佐賀県唐津市沖					
準備区域	㉘長崎県五島市沖					※1 対象の記載について、事業者選定後の案件は選定事業者の計画に基づく発電設備出力額。 それ以外は、系統確保容量又は開発事業者で算出した当該区域において想定する出力規模。
	㉙佐賀県唐津市沖					



\*1 容量の記載について、事業者選定後の案件は選定事業者の計画に基づく実績を掲載力量、それ以外は、支給額(原価費+付帯原価費)を当該区域における積算する出力額

# エネルギー基本計画改定の論点(3)

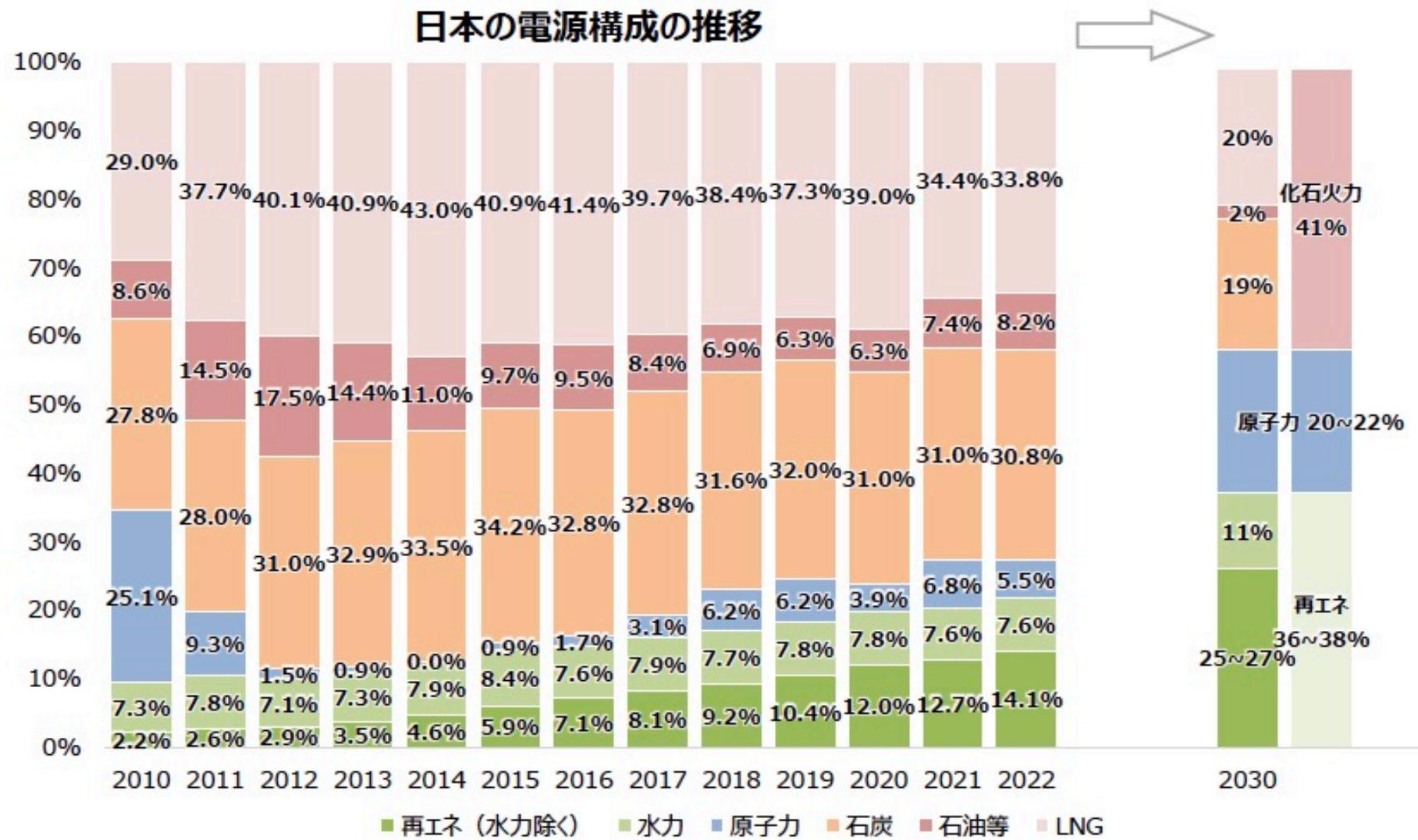
- 検討の論点

- 火力(特に石炭火力)対策

- 2035年:先進国の電力脱炭素化(IEAのNet zeroシナリオのマイルストーン, G7合意)
    - 2030年NDC(2013年度比46-50%削減)の前提:石炭火力19%、ガス火力20%
    - 電力の70%超が火力。石炭火力はここ10年、電源構成の30%超を占める
    - 再エネの增加分は主にガス火力を減らす
  - 2030年、それを超えて、いかに対策の取られていない火力からの発電量を減らしていくか。特に、対策のとられていない石炭火力の段階的削減・廃止
  - 火力の位置づけは変わる(変わりつつある)
    - 供給力
    - 調整力、慣性力
  - カーボンプライシング
  - 供給力を確保しつつエネルギー移行を実現する明確な国際移行計画が必要

# 日本の電源構成の推移

脱炭素電源への転換がカギ



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

# エネルギー基本計画改定の論点(4)

- 検討の論点
  - 原子力
    - 運転時には二酸化炭素を排出しない/少ない低炭素電源技術
    - 新設・建て替えの場合の工期
    - 発電コスト
    - 停止時の脱炭素の調整力
  - 発電コスト
    - 統合コスト
  - 热など電力以外
    - 高効率の技術の拡大
    - ゼロコスト/マイナスコストの余剰再エネを利用した水素などの製造
  - 脱炭素の柔軟性のある電力システム、エネルギーシステム構築のための制度・システム整備

# 電源の建設リードタイム



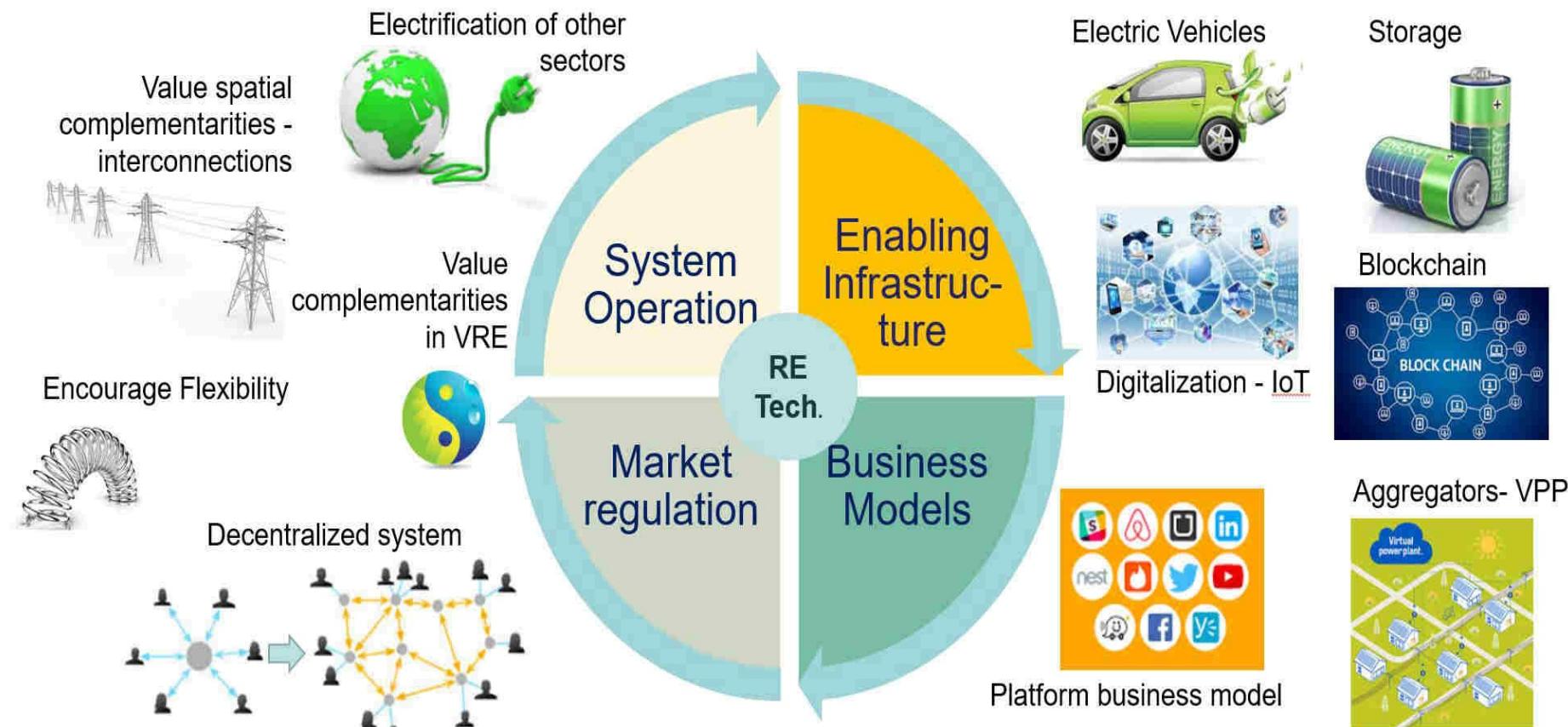
※上記の期間は、長期脱炭素電源オークションの制度設計のため、一定程度保守的に見積もった数字であり、実際の建設リードタイムは増減する場合もある。

# 電力分野変革のイノベーション

3つのD : Decarbonization, Decentralization and Digitalization

デジタル化、自動化など、セクターを超えたダイナミックな技術革新(イノベーション)の進行

"Grid integrated efficient buildings" "Grid interactive efficient buildings"  
技術の補完性 Innovation Landscape for Power Sector Transformation

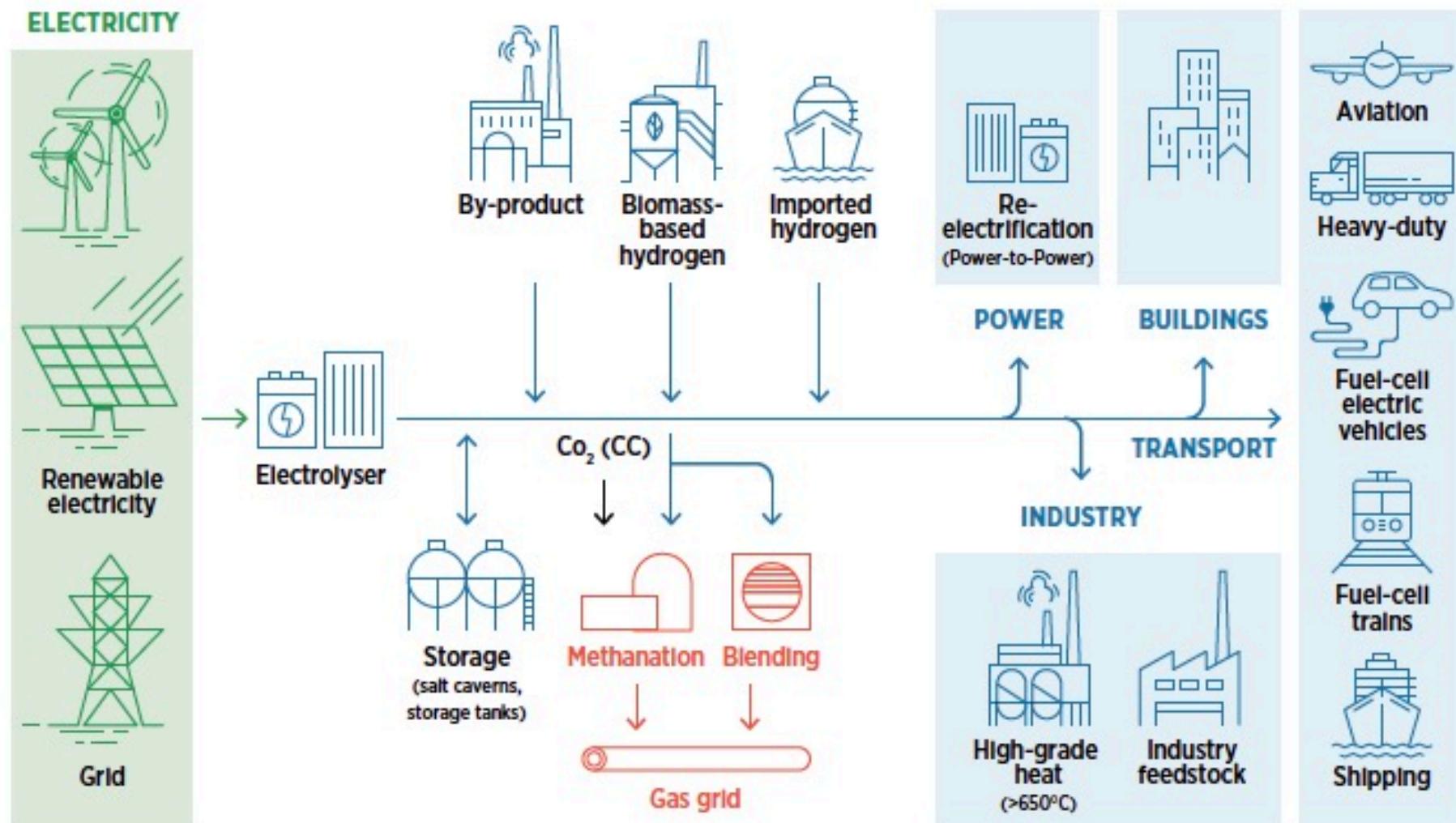


出典:IRENA, 2017

# セクターカップリング

## Power to X

### エネルギーシステム統合(Energy System Integration)/セクター統合



出典: IRENA, 2018

# むすびにかえて

- ・ 今回のエネルギー基本計画改定、温暖化対策計画改定、NDC策定の重要性:これからの中長期を決める
  - 日本のエネルギーシステムのありよう、強靭さ、脱炭素化だけでなく、産業と企業の競争力も左右する
- ・ 現状のエネルギーシステムからの転換が必要という認識は共有
  - エネルギーの脱炭素化、とりわけ電力の脱炭素化が急務、という点も一致
  - 「エネルギー安全保障が確保され、脱炭素につながり、国内で稼ぐ力を強くするエネルギー構造に転換」(岸田総理、2024年3月)をいかに行うか
  - 「時間軸」: 相当な速度感をもった転換が必要
- ・ 政策の「決め方」。公正な移行

Thank you for your attention!

Yukari TAKAMURA

E-mail: [yukari.takamura@ifi.u-tokyo.ac.jp](mailto:yukari.takamura@ifi.u-tokyo.ac.jp)