



京都大学
KYOTO UNIVERSITY

電気化学を活用した分散型カーボンニュートラルシンポジウム
**グリーンエネルギー経済への移行と
経済成長**

2022年16 日(金)13 時 30 分～17 時 00 分
ガーデンシティークラブ大阪
京都大学大学院経済学研究科 諸富 徹



京都大学
経済学研究科

Graduate School of Economics, Kyoto University

HP:
http://www.econ.kyoto-u.ac.jp/renewable_energy/stage2/top/



「再生可能エネルギー経済学講座」のご紹介

Introduction to “Research Project on Renewable Energy Economics”

本講座は「脱炭素」と「再エネを基軸とするエネルギー・システムへの大転換」を見据えた社会科学的な調査、分析、政策提言を実行していく産学共同講座です。

講座メンバー(京都大学): 講座代表 諸富 徹 教授
杜 依濛 特定講師
張 砢 特定助教

講座参加企業: エネルギー戦略研究所株式会社
Daigasガスアンドパワーソリューション株式会社



講座メンバーについて

京都大学



諸富 徹

地球環境学堂/
経済学研究科
教授



杜 依濛
(Yimeng DU)

産学共同講座
特定講師



張 砵
(チョウ タ)

産学共同講座
特定助教

エネルギー 戦略研究所



山家 公雄

京都大学
特任教授



安田 陽

京都大学
特任教授



荒川 忠一

京都大学
特任教授



竹内 敬二

京都大学
特任教授



内藤 克彦

京都大学
特任教授



永田 哲朗

京都大学
特任教授

研究内容について

部門A

「電力セクターの脱炭素化(=再生可能エネルギーの大量導入)と市場化」

- ① 再生可能エネルギー固定価格買取制度(FIT)や市場プレミアム制度(FIP)のような再エネ導入促進のための政策手段の分析
- ② 電力システム改革、卸電力市場、容量市場、調整市場、非化石価値取引市場、ベースロード電源市場など、電力に関する市場の分析
- ③ 電力システムの制約問題(送配電線や変電設備の容量)と最適な系統増強、系統運営のあり方について

部門B

「分散型経済発展モデルの構築」

脱炭素化や再エネの大量導入が、分散型電力システムの構築に繋がり、それが地域活性化を実現する方途を見出すことを目的とする

部門C

「日本が技術革新と産業構造転換により、脱炭素化を図りつつ経済成長を遂げる経路を見出すこと」「それを誘導する適切な政策手段を設計すること」

第1班: 英国の独立研究機関Cambridge Econometrics と協力して、E3ME-Asiaマクロ計量経済モデルを用い、脱炭素化が経済成長をもたらす可能性を定量的に評価。

第2班: 第1班と連動しつつ、気候変動政策手段の導入が、産業構造転換やイノベーション誘発に与える影響を、ミクロ経済次元で実証分析。

第3班: 北米、欧州、中国・韓国、オーストラリア等のカーボンプライシング(CP)について、現地調査を通じて政治経済学的視点からその設計と動態を解明し、日本のCP設計のあり方を提言。

脱炭素化の経済・産業への影響

カーボンニュートラルへ向けた動き

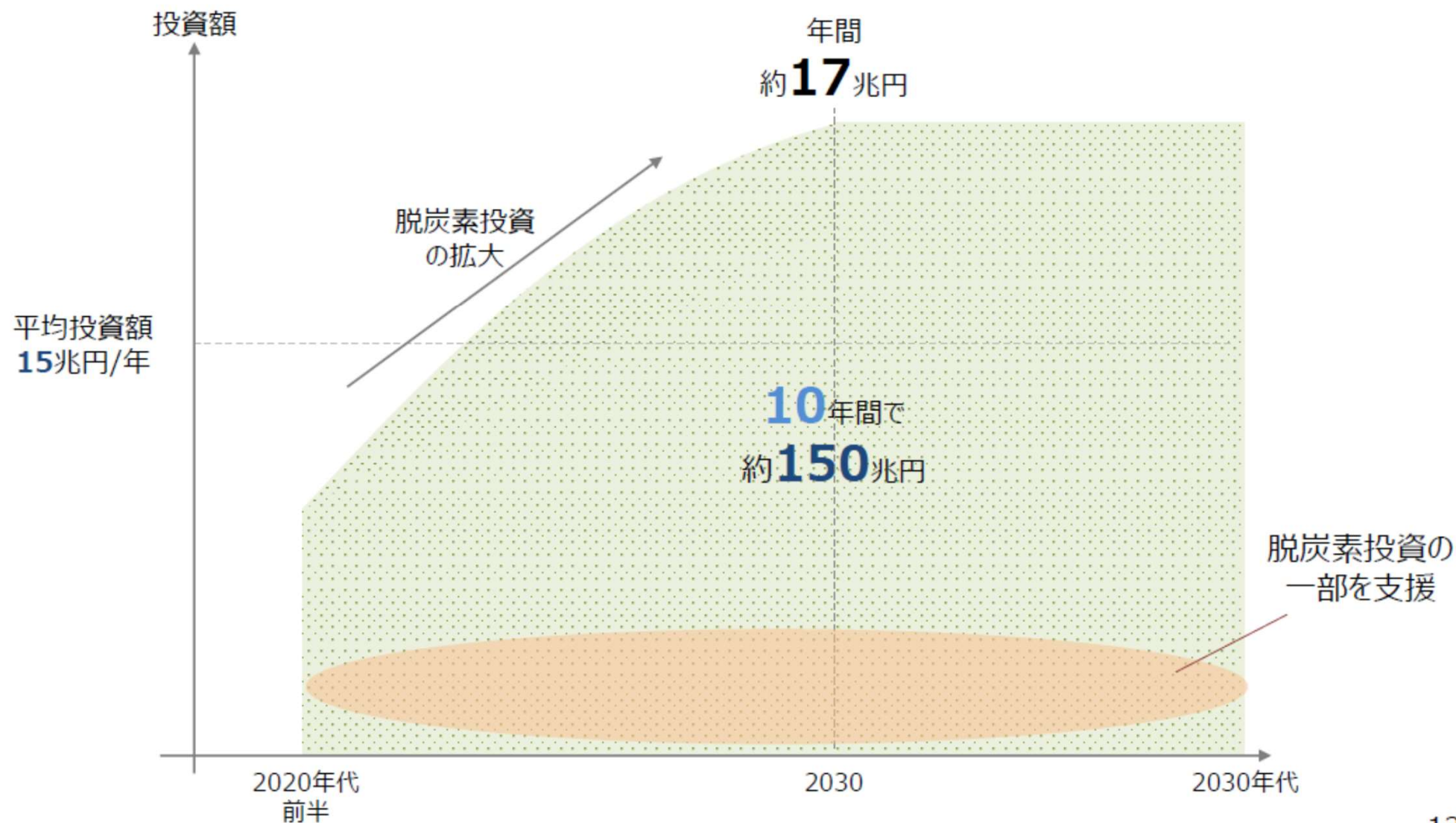
- 菅義偉首相は2020年10月26日、所信表明演説で、**2050年カーボンニュートラル実現**を表明
- 菅首相12月21日に経産・環境両省に**カーボンプライシング**導入の検討指示
- 2021年1月、2030年代半ばまでに**ガソリン車の販売禁止**(東京都は2030年)との報道
- 2021年4月、菅首相は、**2030年に2013年比46%の温室効果ガス排出削減**を表明【気候変動サミット】
- 2021年8月、国交、経産、環境の3省合同の検討会(「脱炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策等のあり方検討会」)は、**新築住宅の約6割に太陽光パネル搭載を提言**
- 2021年10月、第6次エネルギー基本計画を閣議決定。**再エネ比率**は2030年「22-24%」から「36-38%」へ引き上げ

「GX経済移行債」の発行とCP導入

- 岸田首相は5月19日(木)、「クリーンエネルギー中心の経済・社会・産業構造に転換し、気候変動問題に対応することは新しい資本主義の中核的課題だ」と発言、そのためにいかを実行すると
言明
 - 【1】今後10年間で必要となる総額約150兆円の投資資金のうち約20兆円の政府資金を調達する(「GX移行債」)
 - 【2】約20兆円規模のGX経済移行債の発行と一体的に「成長志向型カーボンプライシング構想」を検討する
- 他方、「分散型エネルギーシステムへの移行」といった社会変革へのメッセージはほとんど発信されていない

(参考) 今後の脱炭素投資イメージ

- 必要となる脱炭素投資に対して、新たな技術の初期需要の創出や、脱炭素技術の導入に伴う大幅なコスト負担の緩和を目的に、投資額の一部を支援する必要がある。



脱炭素化が都市の競争力を左右

北欧の新興電池メーカー「ノースボルト」の事例



日経記事(「GXの衝撃(2)産業立地、脱炭素で再編 再生エネ不足なら空洞化」2021年7月21日)より引用

- 米テスラの元幹部だったピーター・カールソン氏が2016年に創業した北欧の新興電池メーカー、ノースボルト。様々な候補地の中からスウェーデン北部の北極圏にほど近い田舎町、シェレフテオを電気自動車(EV)用電池の大規模工場用地に選んだ。電池製造に必要な大量の電力を全て、再生可能エネルギーでまかなうためだ。
- スウェーデンは水資源が豊富な北部を中心に水力発電が盛んで、全体の発電量の約4割を占める。水力発電所は燃料費がかからず、設備の減価償却が進めば発電コストが下がっていく。特に北部の電力市場価格は20年に1キロワット時当たり0.15クローナ(約2円)と、日本の約5分の1だ。
- ノースボルトは再生エネ利用に加え、30年までに電池の材料の半分をリサイクル品でまかない「世界で最も環境に優しい電池」を目指す。これまでに独フォルクスワーゲン(VW)や独BMWなどから計65億ドル(約7000億円)調達した。

グリーン経済への移行と経済成長

～京大再エネ講座と英国ケンブリッジエコノメトリクスとの共同研究の成果～

日本経済と気候変動政策に関する レファレンスシナリオ(1)

- 日本エネルギー経済研究所の「IEEJ OUTLOOK2021」におけるレファレンスシナリオを採用
- 2050年に向けて日本経済は年率平均0.7%で成長、2050年に最終エネルギー消費は2018年比で20.8%減少するものの、発電量は逆に3.0%上昇し、エネルギー起源CO₂排出量は31.7%減少する
- 2050年カーボンニュートラルに向けた「政策シナリオ」として、炭素税導入を想定
- 税率は2021年の50米ドル(約5,500円)/CO₂・tから比例的に上昇し、2040年には400米ドル(約44,000円)/CO₂・tに到達、そこから2050年までは同水準に維持される
- 税収は税収中立を維持するように低炭素投資、再生可能エネルギー固定価格買取制度、火力発電フェーズアウトにともなって発生する費用に充当すると想定

日本経済と気候変動政策に関する レファレンスシナリオ(2)

- 発電部門では、原発に関して2つの政策シナリオを設定
 - 【1】「IEEJ OUTLOOK2021」に沿って原発比率が2018年の6.2%から2050年の13%へと拡大するシナリオ(「原発あり」シナリオ)
 - 【2】2018年以降原発の新規建設は行われず、2040年までに順次廃止されるシナリオ(「原発なし」シナリオ)
- 再エネについては、太陽光はFIT適用しないが、風力とバイオマス発電については2035年まで引き続きFIT適用が行われるものと想定
- 交通部門では2035年以降、ガソリン・ディーゼル車の販売が禁止される一方、電気自動車については2025年まで車両購入補助金が維持されたと想定
- 産業部門では、鉄鋼部門のみ2050年までに高炉からの排出がゼロになると想定

(単位：百万二酸化炭素トン)

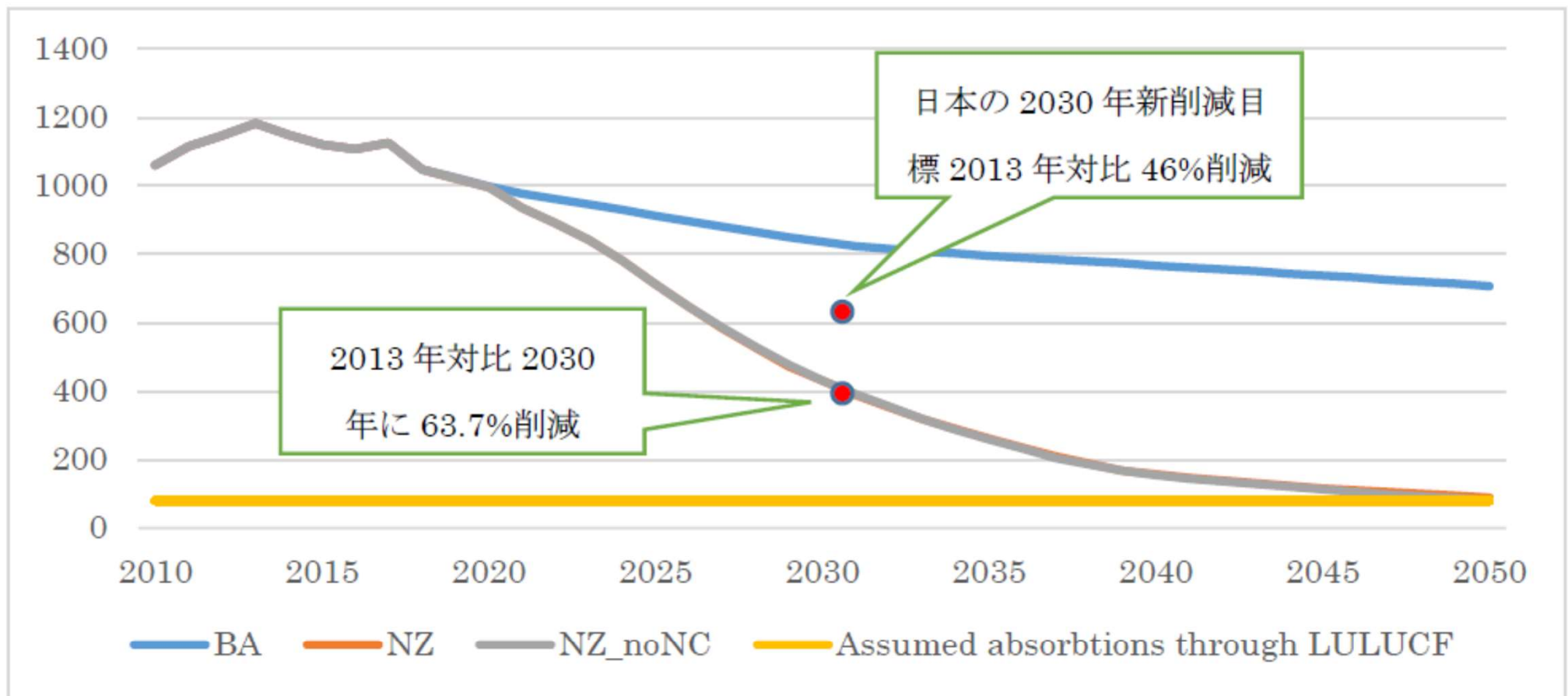


図6 2050年カーボンニュートラル達成における二酸化炭素排出経路

注：政策シナリオIおよびIIは殆ど同じ削減経路となっている。

出所：本研究のE3MEモデル推定による。

【出所】李秀澈ほか(2021), 「日本の2050年カーボンニュートラルの実現がエネルギー構成及びマクロ経済へ与える影響分析- E3ME マクロ計量経済モデルを用いた分析-」京都大学再生可能エネルギー講座ディスカッションペーパー, No.32, 15頁.

(http://www.econ.kyoto-u.ac.jp/renewable_energy/stage2/contents/dp032.html).

(ベースライン対比 2030 年および 2050 年 削減量、百万 CO2 トン)

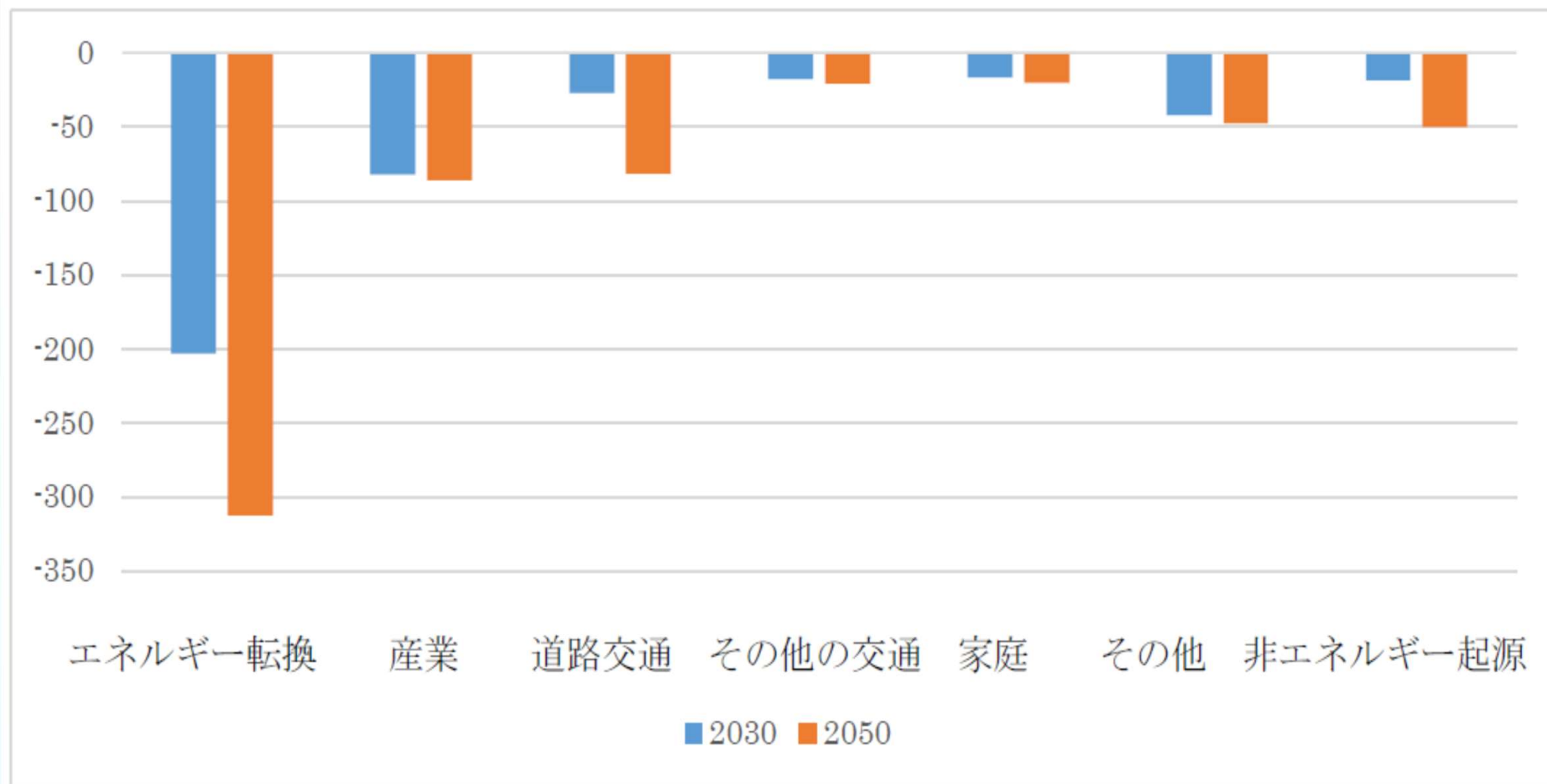


図 8 政策シナリオによる部門別二酸化炭素削減量

注：政策シナリオIおよびIIは殆ど同じ削減経路となっている。

出所：本研究の E3ME モデル推定による。

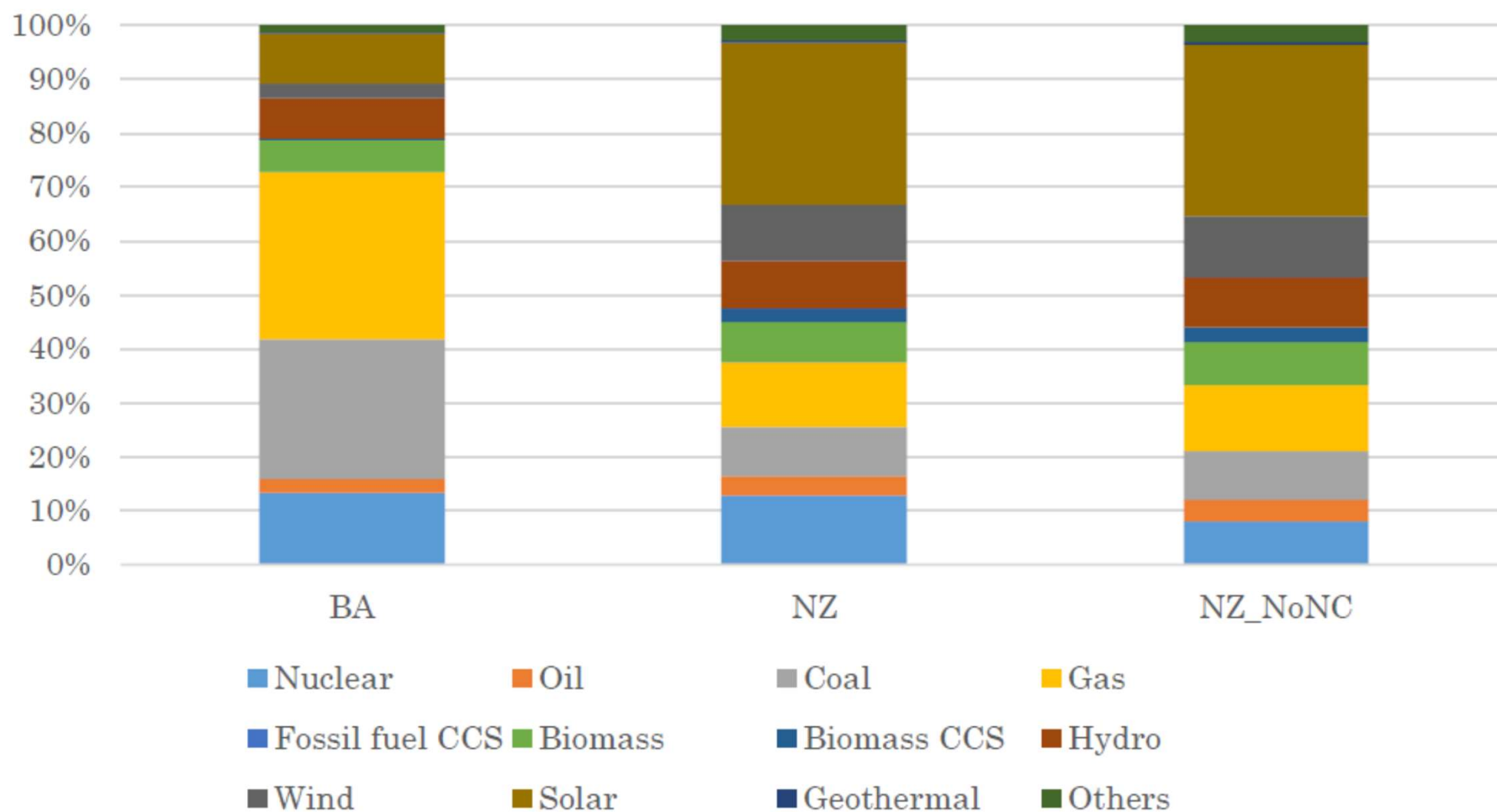


図 10 2050 年カーボンニュートラルの 2030 年電源構成への影響

出所：本研究の E3ME モデル推定による。

表 3 2050 年カーボンニュートラルの 2030 年電源構成への影響

注：（ ）の中は、電源割合。

出所：本研究の E3ME モデルシミュレーションによる。

(単位：TWh、%)

	2018 年	2030 年		
		BA	政策シナリオI	政策シナリオII
石炭火力	339(32)	293.5(25.9)	107.1(9.1)	107.1(9.1)
石油火力	52(4.9)	30.4(2.7)	43.7(3.7)	46.7(4.0)
LNG 火力	378(36)	353.1(31.2)	140.1(11.9)	144.1(12.3)
原発	65(6.2)	151.8(13.4)	151.6(12.9)	95.6(8.1)
再エネ発電	198(18.8)	288.9(25.5)	701.1(59.5)	744.6(63.3)
水力	81(7.7)	84.4(7.4)	102.9(8.7)	107.4(9.1)
地熱	2.5(0.2)	2.5(0.2)	5.5(0.5)	6.0(0.5)
太陽光	63(6.0)	104.7(9.2)	351.5(29.8)	371.7(31.6)
風力	7.5(0.7)	31.4(2.8)	122.1(10.4)	134.0(11.4)
バイオマス	44(4.2)	65.9(5.8)	88.8(7.5)	92.9(7.9)
バイオマス+CCS	-	-	30.3(2.6)	32.6(2.8)
その他	19(1.8)	15.2(1.3)	34.1(2.9)	37.3(3.2)
合計	1050(100.0)	1132.9()	1177.7(100.0)	1175.4(100.0)

【出所】同上, 18頁.

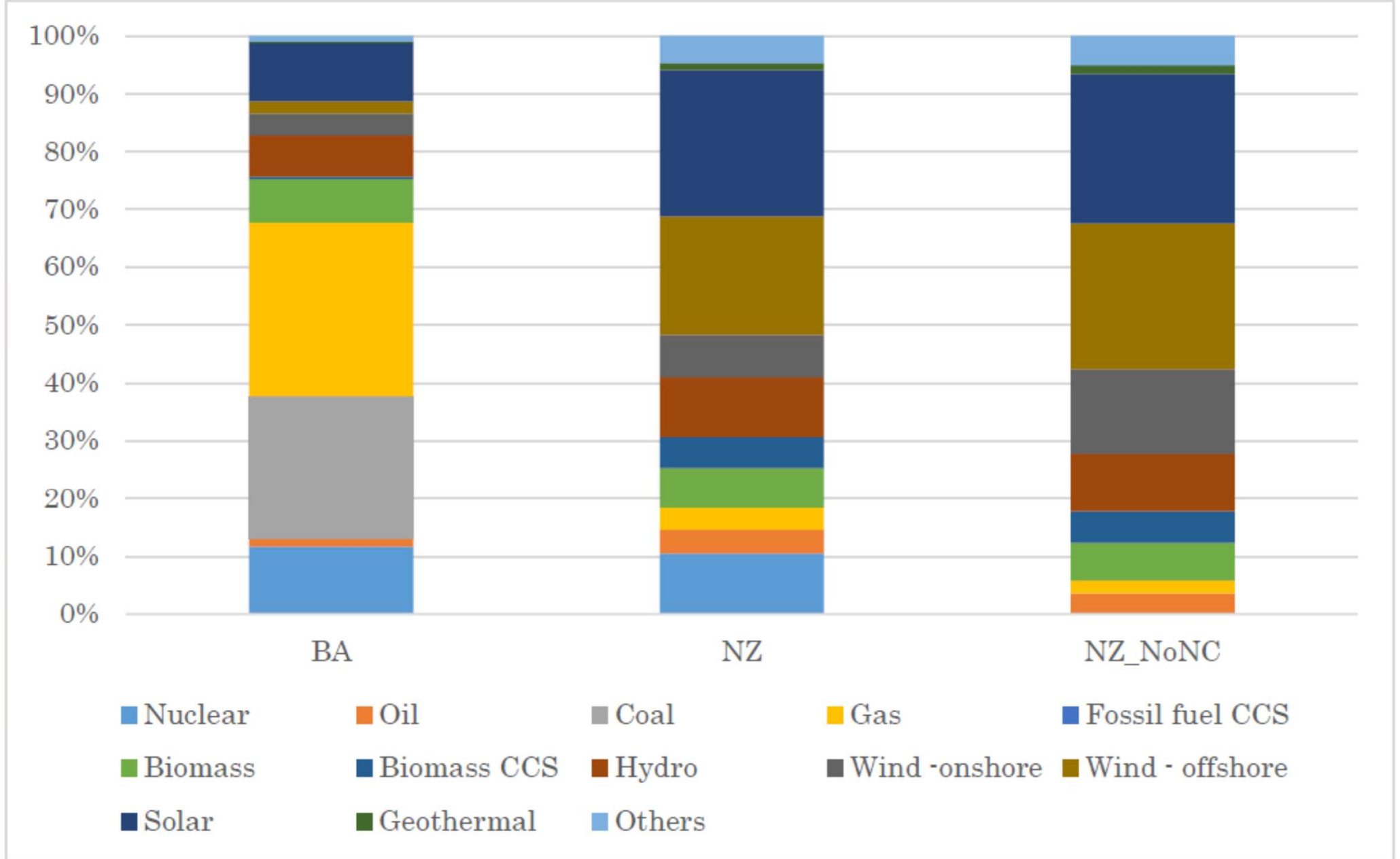


図 11 2050 年カーボンニュートラルの 2050 年電源構成への影響

出所：本研究の E3ME モデル推定による。

【出所】同上，19頁．

表 4 2050 年カーボンニュートラルの 2050 年電源構成への影響

注：（ ）の中は、電源割合。

出所：本研究の E3ME モデルシミュレーションによる。

(単位：TWh、%)

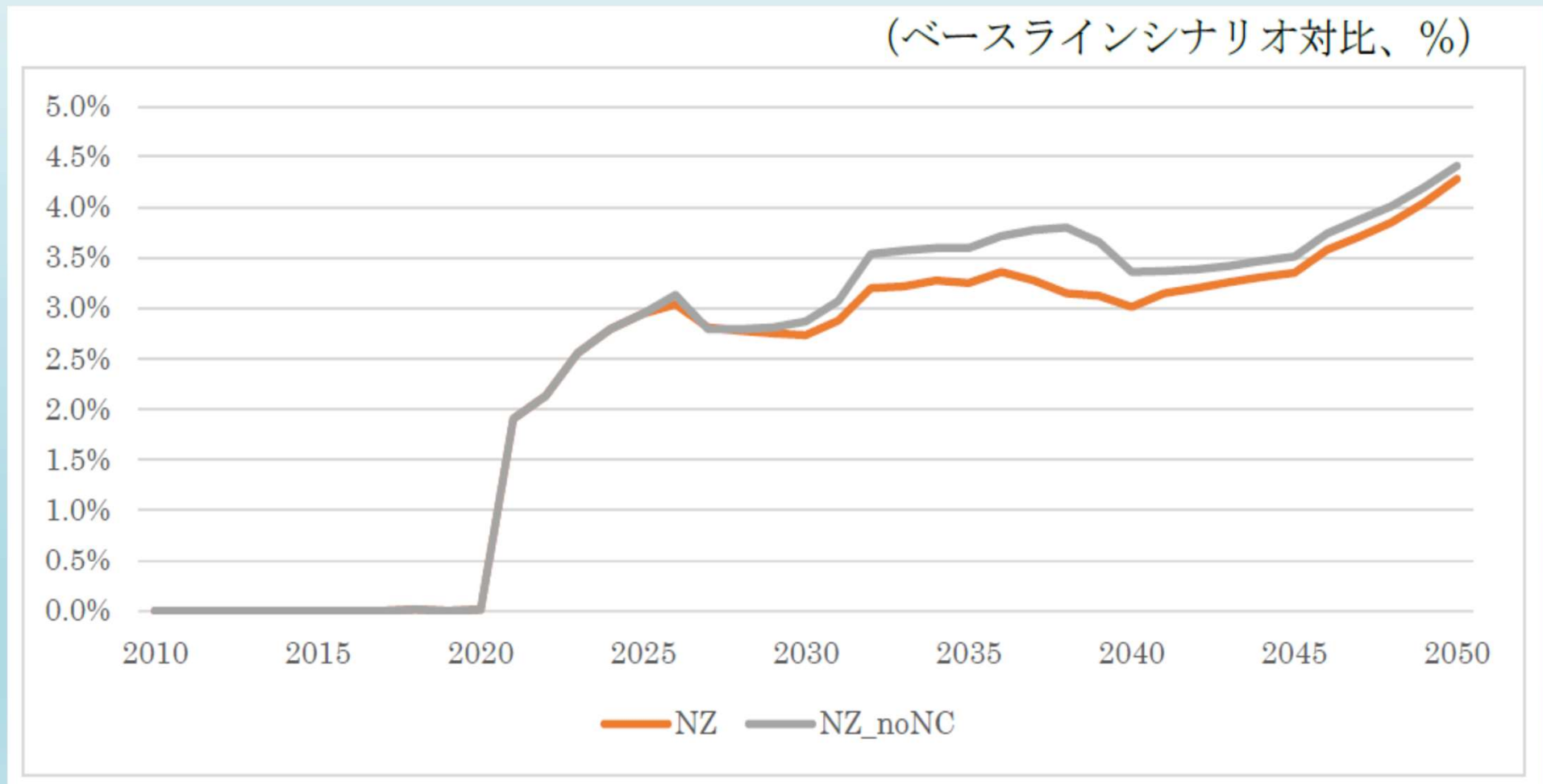
	2018 年	2050 年		
		BA	政策シナリオI	政策シナリオII
石炭火力	339(32)	262(24)	-	-
石油火力	52(4.9)	-	55(4.1)	47(3.5)
LNG 火力	378(36)	288(27)	51(3.8)	30(2.3)
原発	65(6.2)	141(13)	140(10.5)	-
再エネ発電	198(18.8)	372(34.4)	1029(77.0)	1181(89.1)
水力	81(7.7)	94(8.7)	138(10.3)	133(10.0)
地熱	2.5(0.2)	13(1.2)	16(1.2)	19(1.4)
太陽光	63(6.0)	123(11)	339(25.4)	342(25.8)
風力	7.5(0.7)	64(5.9)	371(27.7)	528(39.8)
バイオマス	44(4.2)	78(7.2)	91(6.8)	87(6.6)
バイオマス+CCS	-	-	74(5.5)	72(5.4)
その他	19(1.8)	19(1.8)	62(4.7)	67(5.2)
合計	1050(100.0)	1082(100.0)	1337(100.0)	1325(100.0)

【出所】同上, 19頁.

分析結果

炭素税導入による炭素中立化で、GDPはそうでない場合より3.0～4.5%上昇

図1 2050年カーボンニュートラル達成におけるGDPの経路



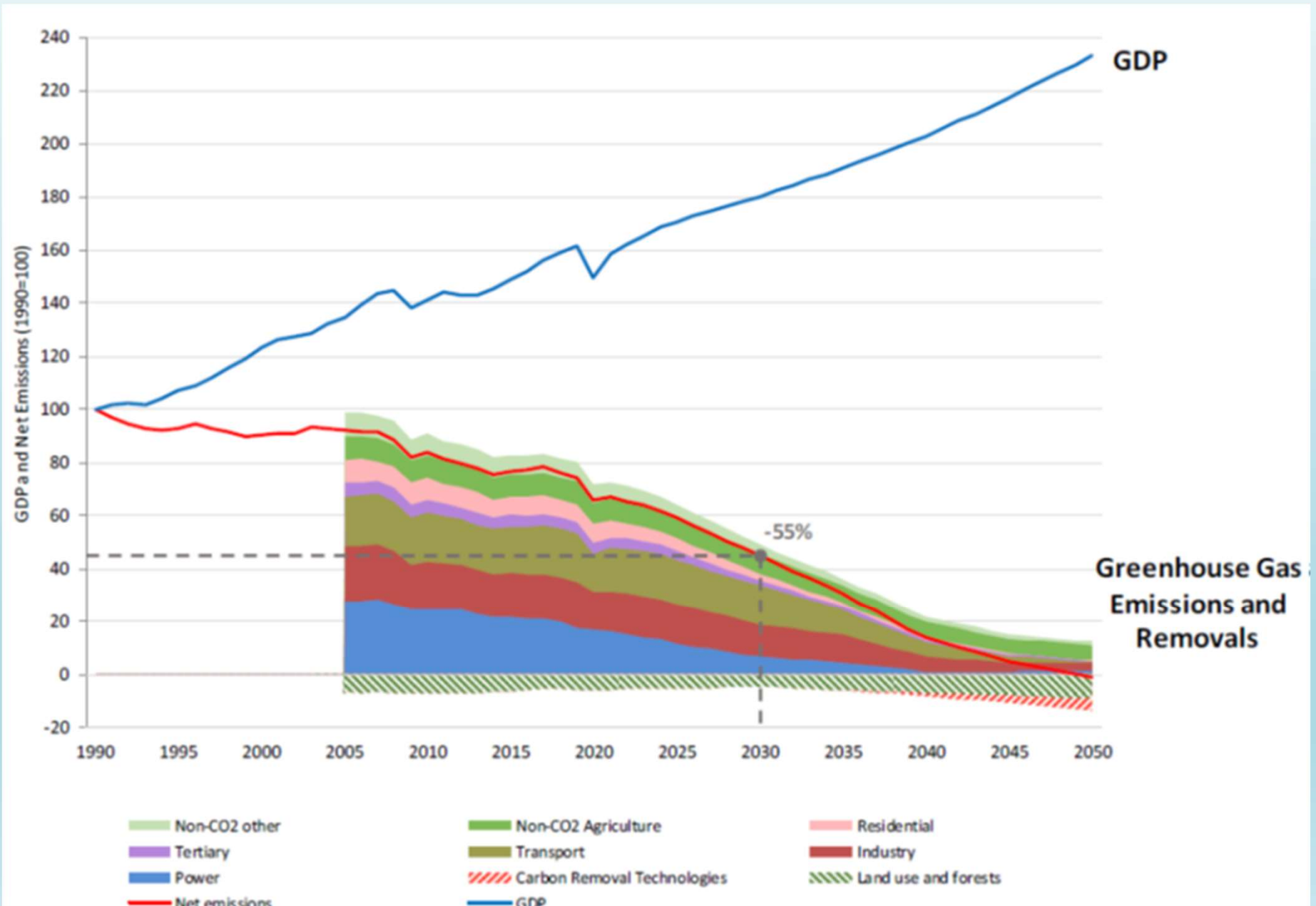
[出所] 李秀澈ほか(2021), 21 頁, 図 12.

なぜこうなるのか？

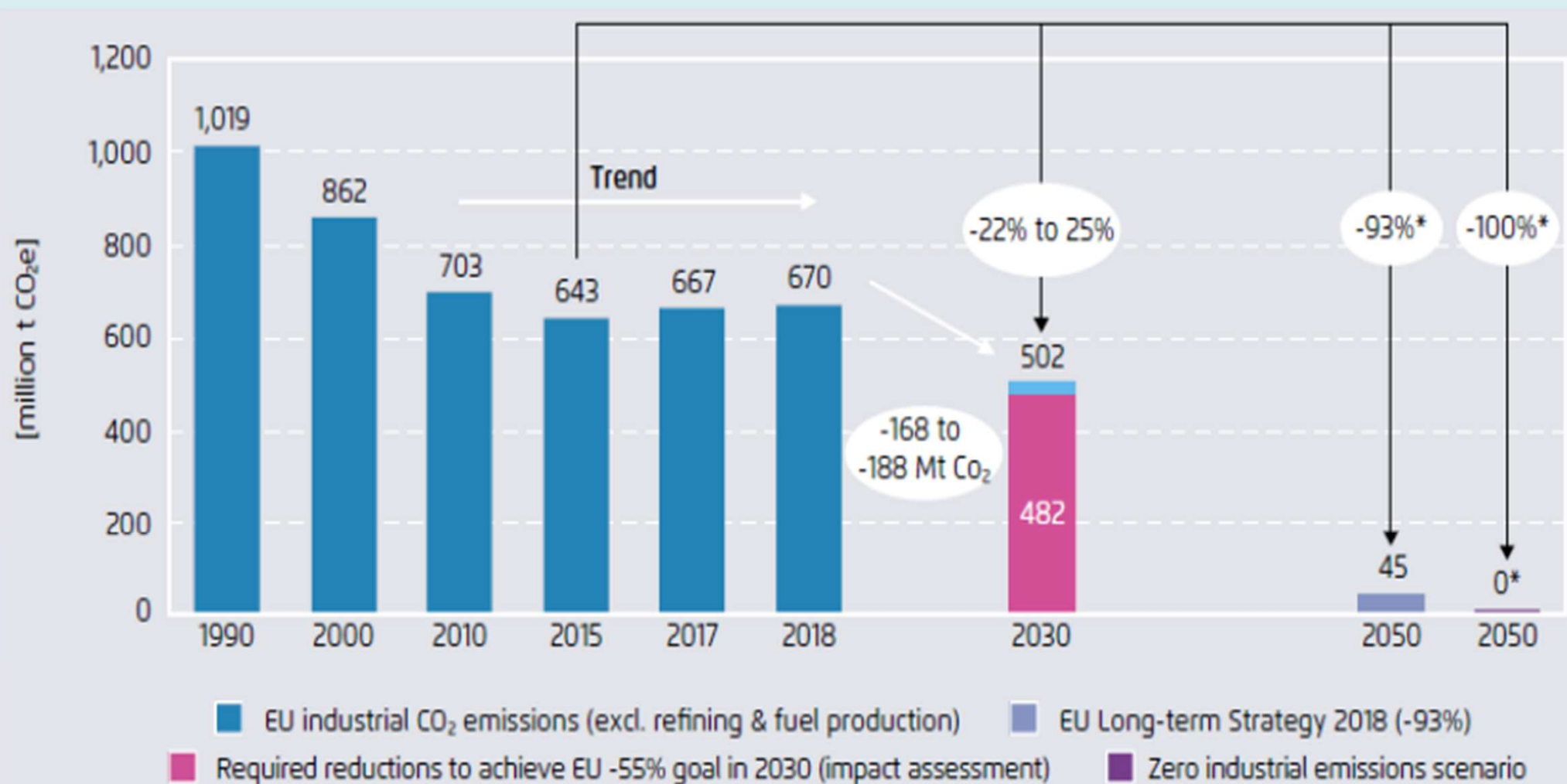
- 炭素税が脱炭素化投資を誘発する
- 雇用拡大による賃金上昇が消費を刺激、その効果がエネルギーコスト上昇による消費抑制効果を上回る
- 化石燃料の輸入が抑えられることで貿易収支が改善
- しかも驚くべきことに、「原発なし」シナリオ(図のNZ_noNC)の方が、「原発あり」シナリオ(図のNZ)よりも高い成長率を達成するとの結果
- これは、原発の代替電源としての再エネによる発電コストが十分に下がるほか、原発フェーズアウトによる投資縮小効果を、再エネ拡大による投資拡大効果が上回るため

欧州のエネルギー集約産業の脱炭素化 が要求するエネルギー転換

EUの温室効果ガス排出削減目標



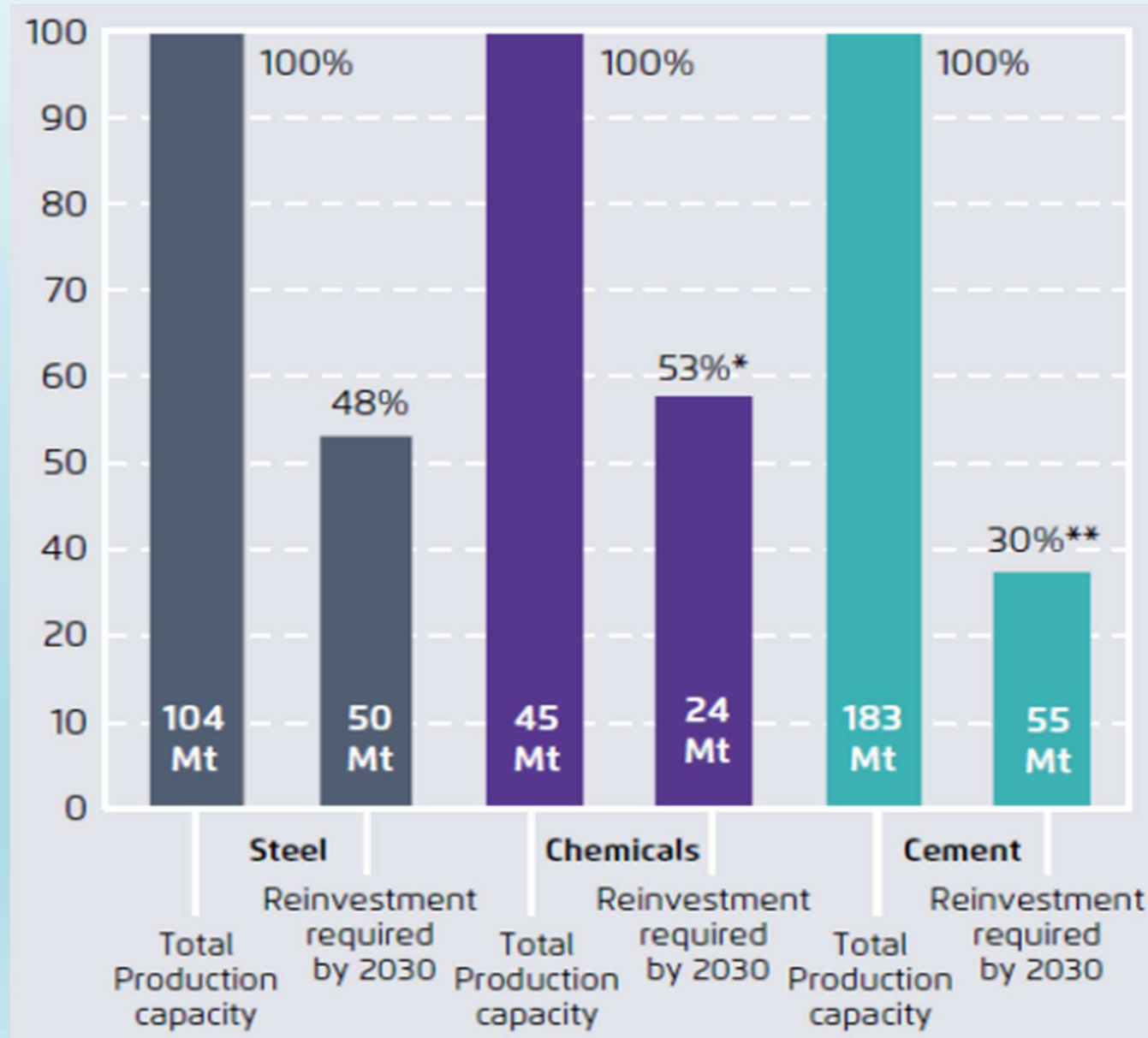
EU27力国の産業部門のCO2排出量の推移 (1990-2018年)と2030年／2050年削減目標



現行技術の延長線上の省エネでは間に合わない

Sector	Economical potential (2 year payback - 5 year payback)	Technical potential (maximum energy saving potential)
Non-ferrous	12-12.7%	21%
Pulp and paper	5.8-7.1%	17%
Non-metallic minerals	6.6-7.2%	18%
Petroleum refining	8.5-9.5%	22.5%
Chemical and pharma	7.9-9.3%	22%
Iron and steel	8.6-9.4%	26%

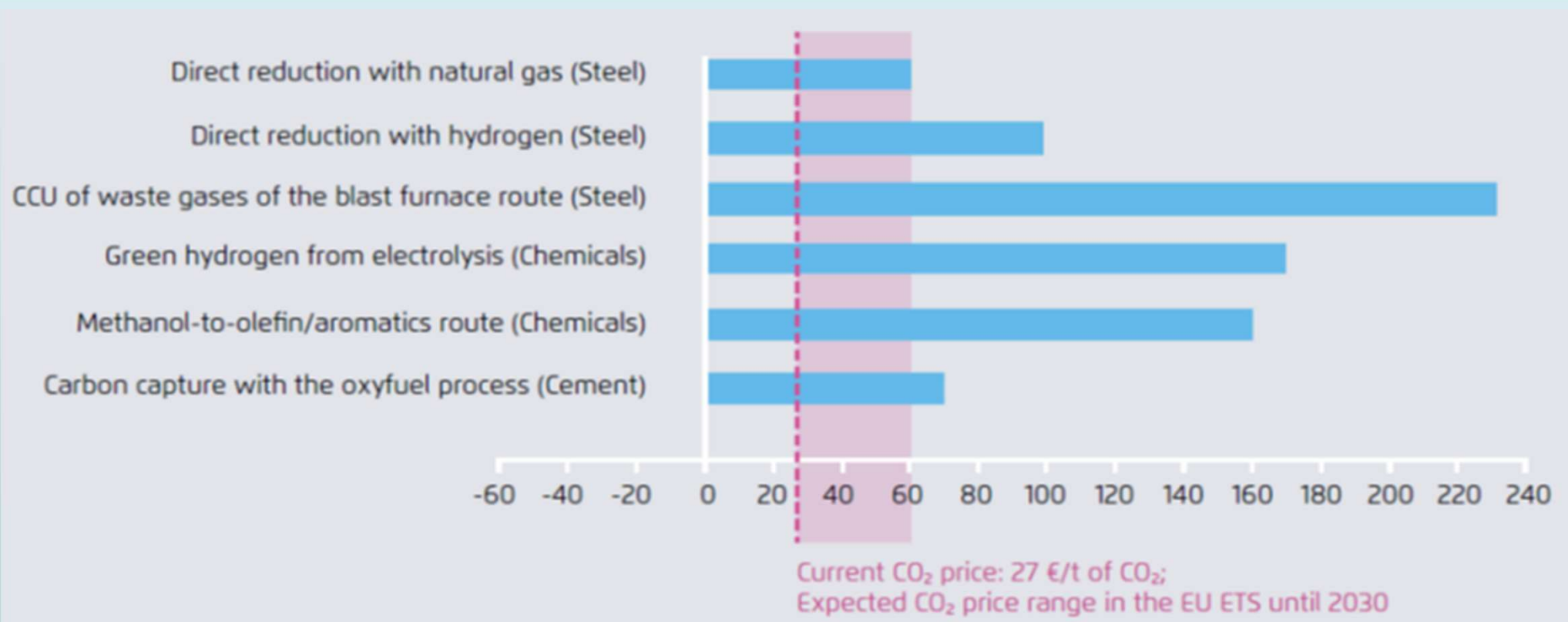
2030年までに更新がなされるべき素材産業の設備更新の比率(%)



鉄鋼産業の事例

- 鉄鋼産業の脱炭素化のためには、製鉄プロセスの根本的な変革が必要
- 鉄鉱石を原料とする鉄鋼生産を完全に脱炭素化するためには「電解採取 (electrowinning)」、あるいは「水素還元法」を還元手法として採用する必要
- 水素還元法を採用するには、水素が大量に製造される環境の整備が必要となるが、水素製造コストが高価であることがネックとなる

素材産業の脱炭素化に必要な技術によるCO2排出削減コストの推計



脱炭素化に向けた政策手段

- 1) 将来に向けた産業生産設備の建設に対するドイツ国家脱炭素基金から支払われる投資補助金
- 2) 新しいインフラ建設や既存設備の現代化に対するグリーン公共調達
- 3) 炭素差額決済(Carbon Contracts for Difference: CCfDs)
- 4) 炭素国境調整メカニズム

動き出す鉄鋼産業

- スウェーデン鉄鋼大手SSABなど3社は、石炭(コークス)などの化石燃料の代わりに水素を使う新製法を2035年に実用化、45年に商業化するプロジェクトを開始している
- 「日本製鉄は2050年に温暖化ガスの排出量を実質ゼロにする方針を決めた。…二酸化炭素(CO₂)の排出を大幅に抑えることのできる水素製鉄法の導入を目指すほか、排出ガスの少ない電炉の活用を広げる」(日経新聞、2020年12月11日)
- JFEホールディングスは2020年9月15日、2050年以降の早い時期に、排出を実質ゼロにする「炭素中立」を目指すと発表

朝刊・夕刊 LIVE Myニュース 日経会社情報 人事ウオッチ 日経ビジネス 有料会員

記事・株価を検索 🔍

カーボンゼロ [+ フォローする](#)

2022年5月23日 20:24 [有料会員限定]

 保存

あ

Think! に投稿する



石炭の代わりに水素を使って鋼材をつくる（スウェーデンのSSABのプラント）

欧州鉄鋼大手SSABは近く、「水素還元製鉄」と呼ばれる製造法でつくり、二酸化炭素(CO2)排出量を大幅に抑えた鋼材の供給を日本で始める。石炭の代わりに水素を

最新!
2021年

ITトレンド
by INNOVATION
2021
AWARDS

チャットボット

資料請求ランキング

ITトレンド by INNOVATION

速報 >

- | | |
|-------------|-----------------------------------|
| 16:35 | ドコモの「ahamo」、月4950円で100GB 9
日から |
| 16:27
更新 | はやぶさ2回収の砂に「生命の源」アミノ酸
地球外初確認 |
| 16:23 | 上海株大引け 続伸、2カ月ぶり高値 海外
勢が買い |
| 16:21 | フォーディネット「サイバー防衛へ専用半
導体に投資を」 |
| 16:21 | 難民認定の高裁判決確定 国が上告断念、
クルド人3割目 |

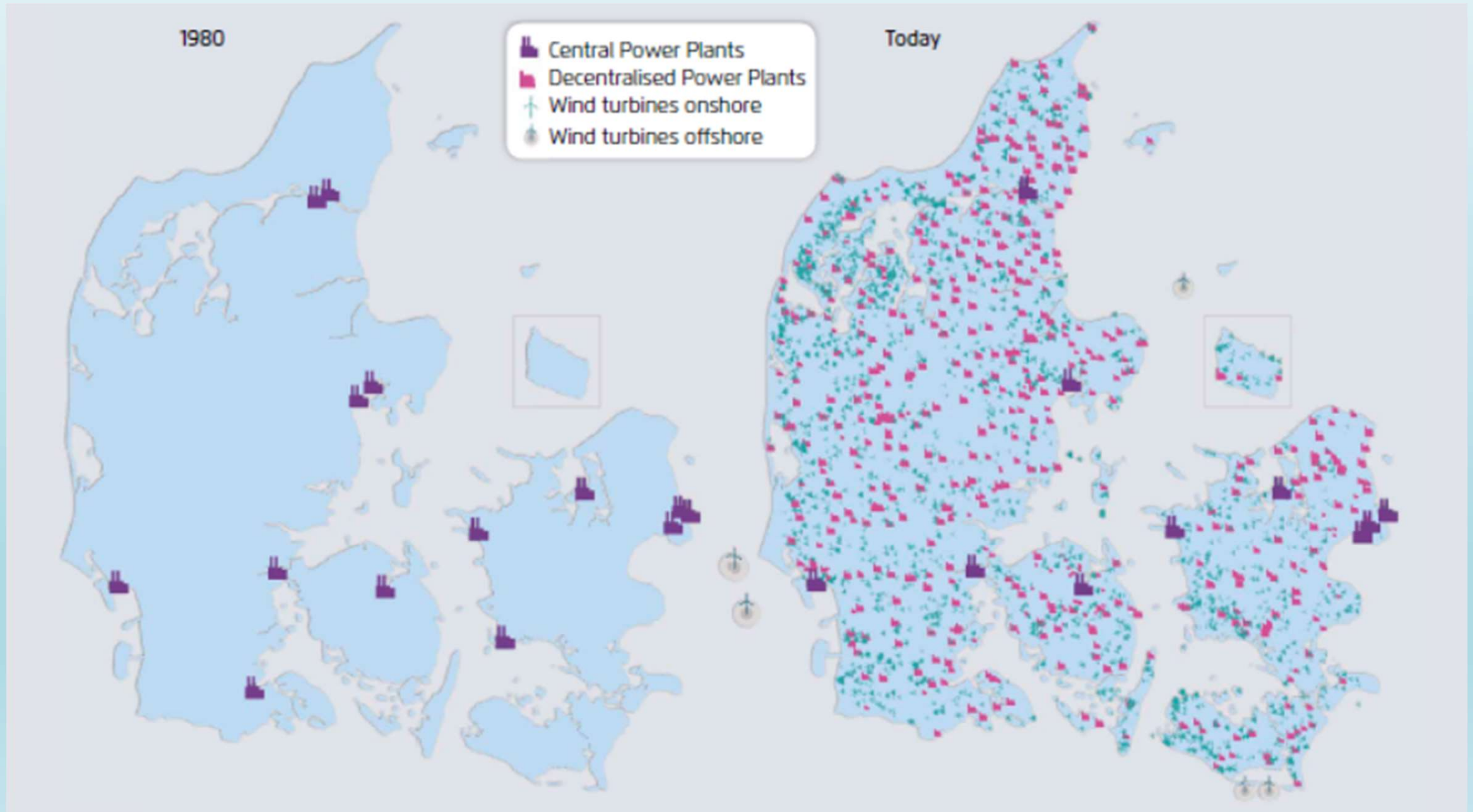
 [日経からのお知らせ](#) >

- ・ルートヴィヒ美術館展、東京・京都で
- ・キャリア採用の応募を受け付けています

📖 電子版活用法はこちら >

集中型エネルギーシステムから 分散型エネルギーシステムへ

デンマークで起きた、「集中型」から 「分散型」への移行



住宅・建築物太陽光、蓄電池、EV

- 将来的に住宅は、分散型エネルギーシステムの不可欠なピースになるだろう
- 太陽光発電、蓄電池、そして電気自動車の3点セットは、21世紀の住宅に不可欠な設備になる
- それらを情報通信で結んでコミュニティでエネルギー生産／消費の最適化を図るマネジメントシステムの導入も進む
- こうなると、ものづくり産業としての住宅産業の「サービス産業化」が始まる
- 住宅エネルギーの自給による経済メリットをもたらし、脱炭素化に寄与できるだけでなく、災害に対する強靱性を高める
- 住宅関連産業関係者による、こうした方向に向けた積極的な取り組みと情報発信に期待したい

中長期的視野で電源投資をどうすべきか

—国際エネルギー機関(IEA)報告書、および国際再生可能エネルギー機関(IRENA)報告書より—

彼我の認識の違い

【資源エネルギー庁】

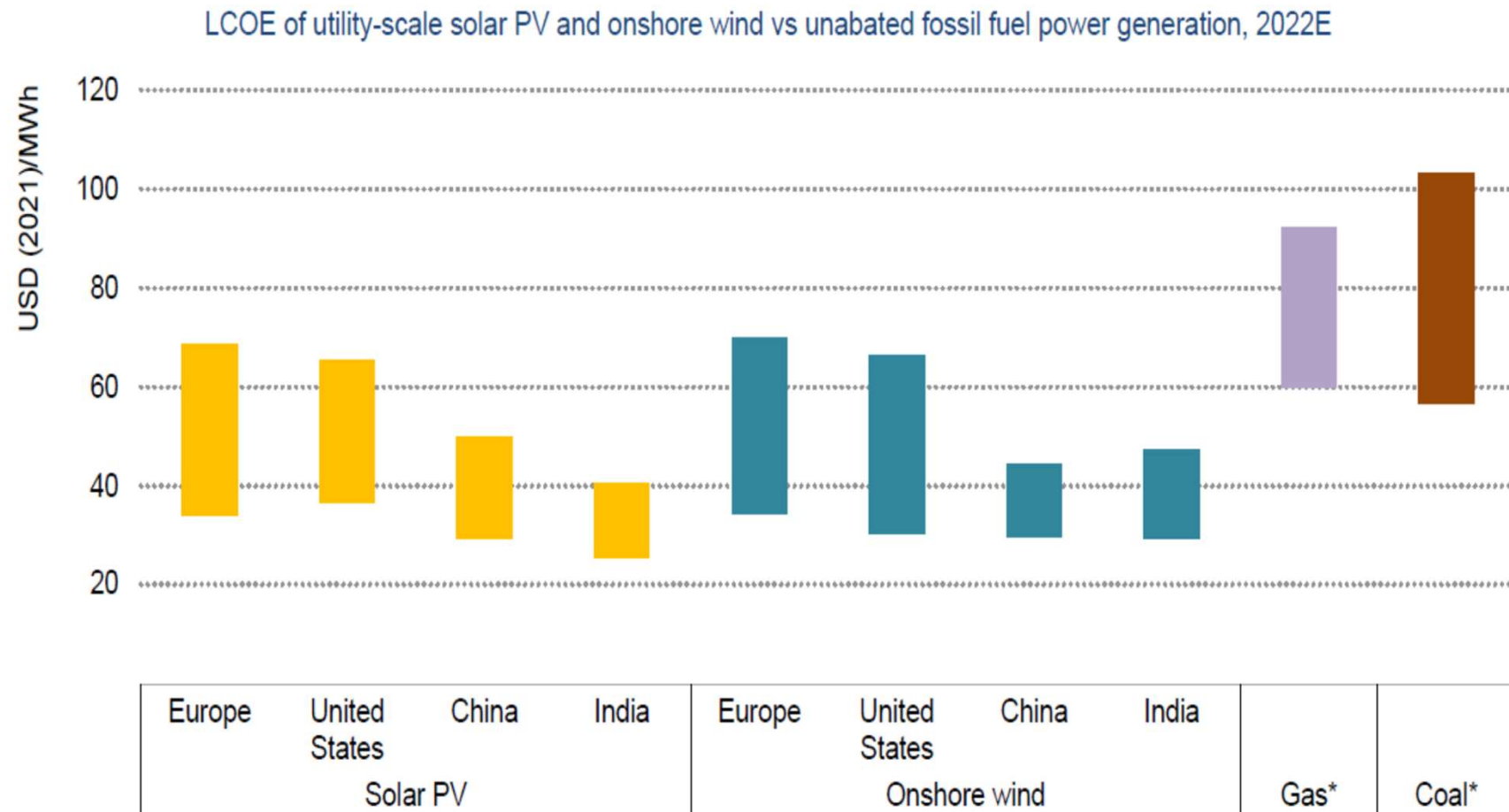
- 「他方、本年3月22日の東日本における電力ひっ迫や、ロシアによるウクライナ侵攻を踏まえ、**徒に脱炭素化を追求するのではなく、まず何よりも電力の安定供給を確保することが先決**との声も強まっている」(資源エネルギー庁2022d, 2頁)

【国際エネルギー機関(IEA)】

- “**Nobody should imagine that Russia’s invasion can justify a wave of new large-scale fossil fuel infrastructure** in a world that wants to limit global warming to 1.5°C”(Birol, F. 2022: ファティ・ビロルIEA事務局長 2022)
- “As the IEA has repeatedly stated, the key solution to today’s energy crisis – and to get on track for net zero emissions – is **a dramatic scaling up of energy efficiency and clean energy**” (同上)
- “(「たしかに、脱ロシア化によって失われた化石燃料は、短期的にはどこかで取り戻されねばならない」に続けて) However, we must not lose sight of the fact that lasting solutions to today’s crisis lie in **reducing demand via the rapid deployment of renewables, energy efficiency and other low emissions technologies**”(同上)
- “Long-lived assets also **carry a dual risk of locking in fossil fuel use** that would prevent the world from meeting its climate goals – or of **failing to recover their upfront development costs**” (同上)

現下の情勢だからこそ、再エネが最も魅力的な位置を占める

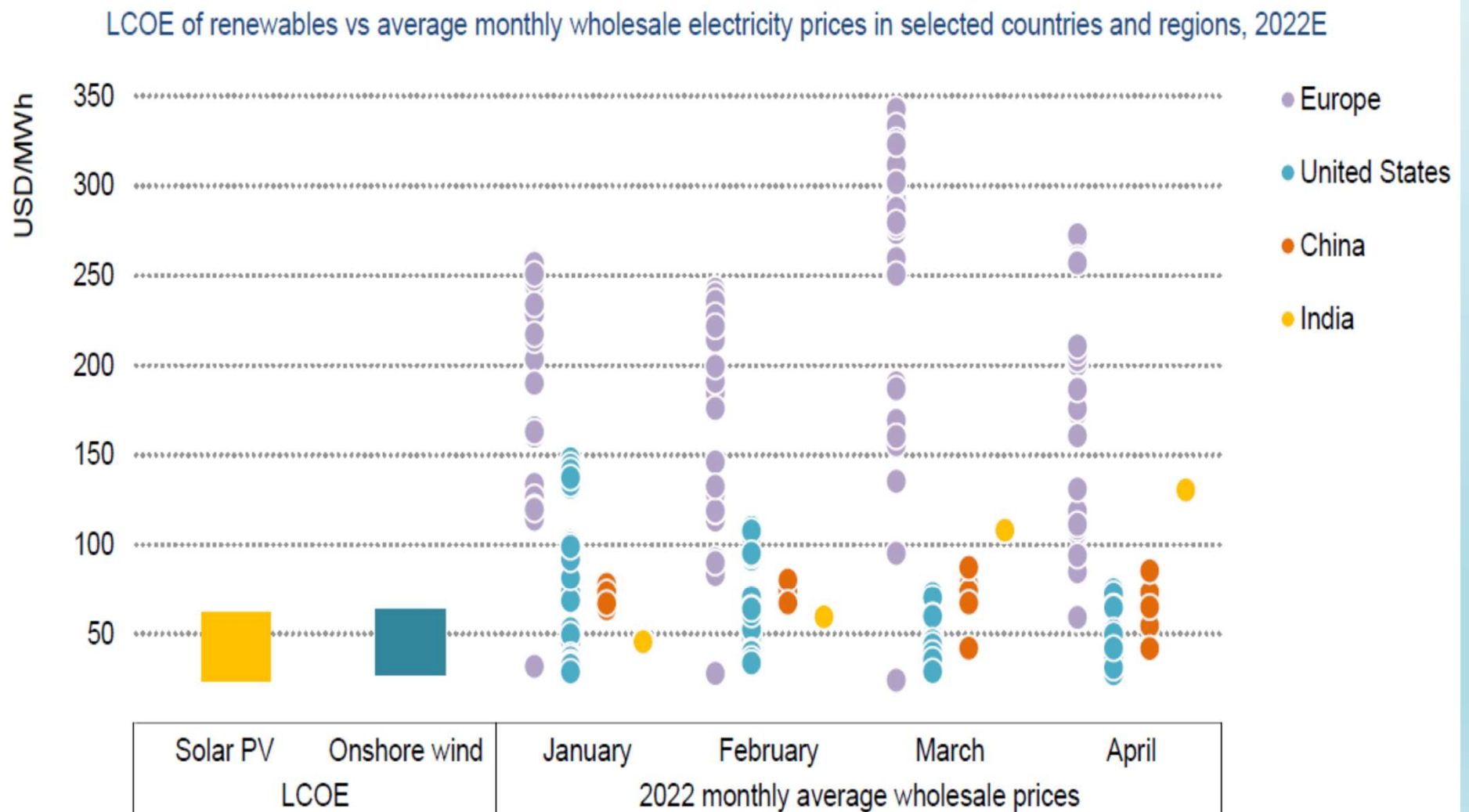
Nonetheless, renewables remain a more attractive proposition than fossil fuel power for new generation (all the more so with recent record high prices for natural gas and coal)



IEA. All rights reserved.

電力価格高騰が再エネ投資を加速する

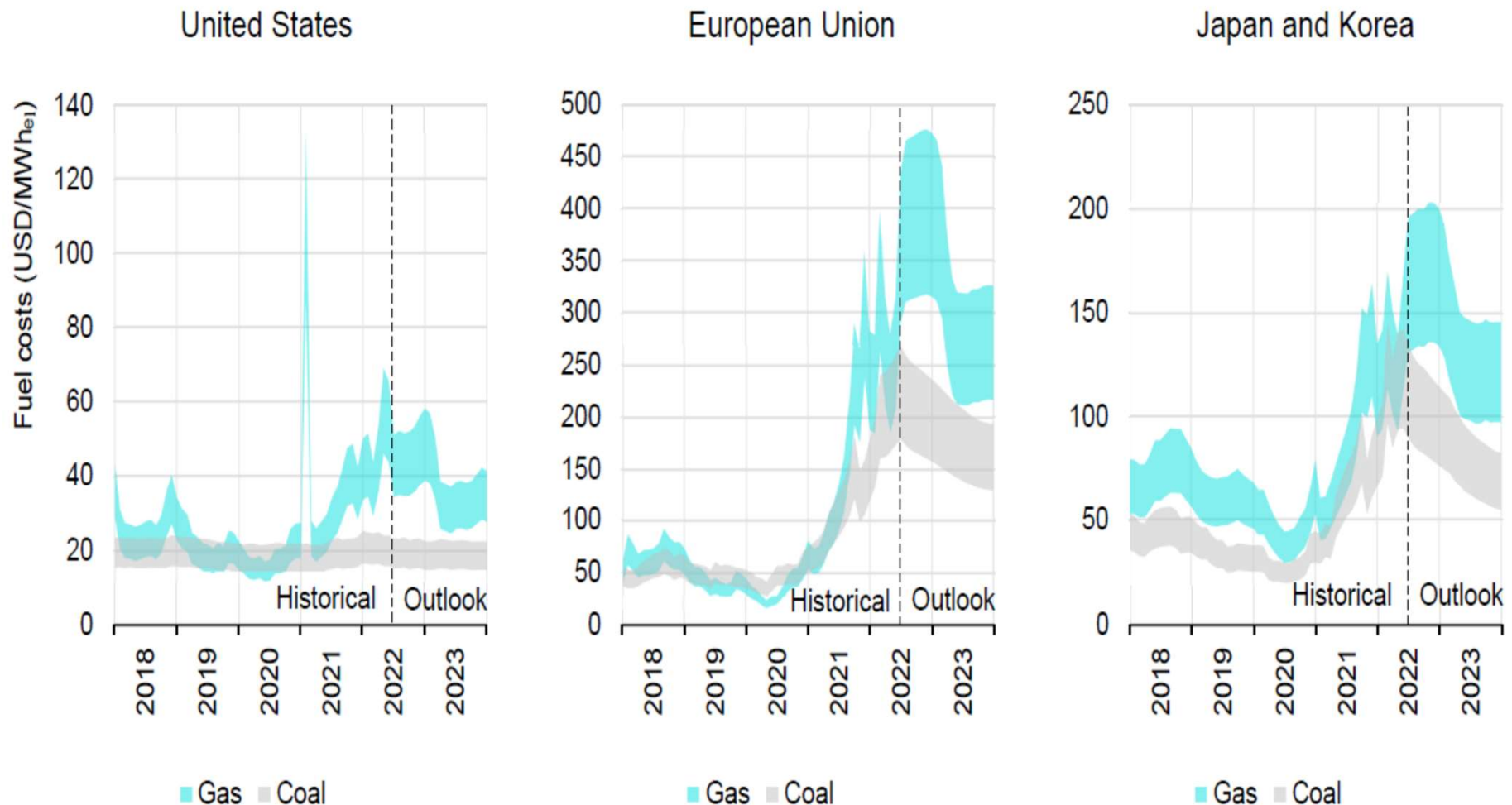
It is not only about policy support: High wholesale electricity prices are providing strong market signals to scale up investment in renewables



火力発電コストの高騰は'23年も続く

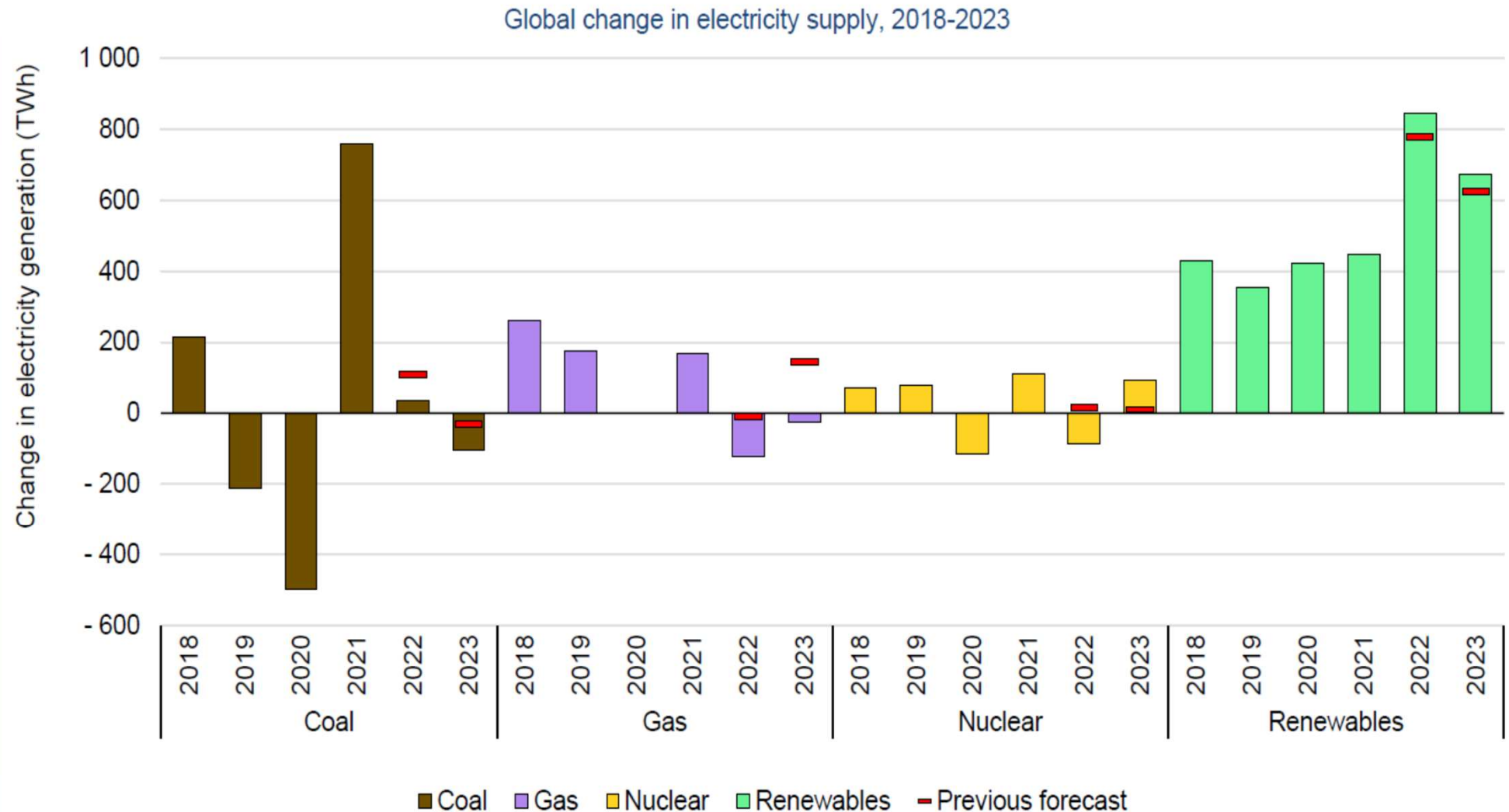
High thermal generation costs expected to linger well into 2023

Fuel costs of coal- and gas-fired power plants including emission costs, 2018-2023



火力発電は減少、再エネが増加と予測

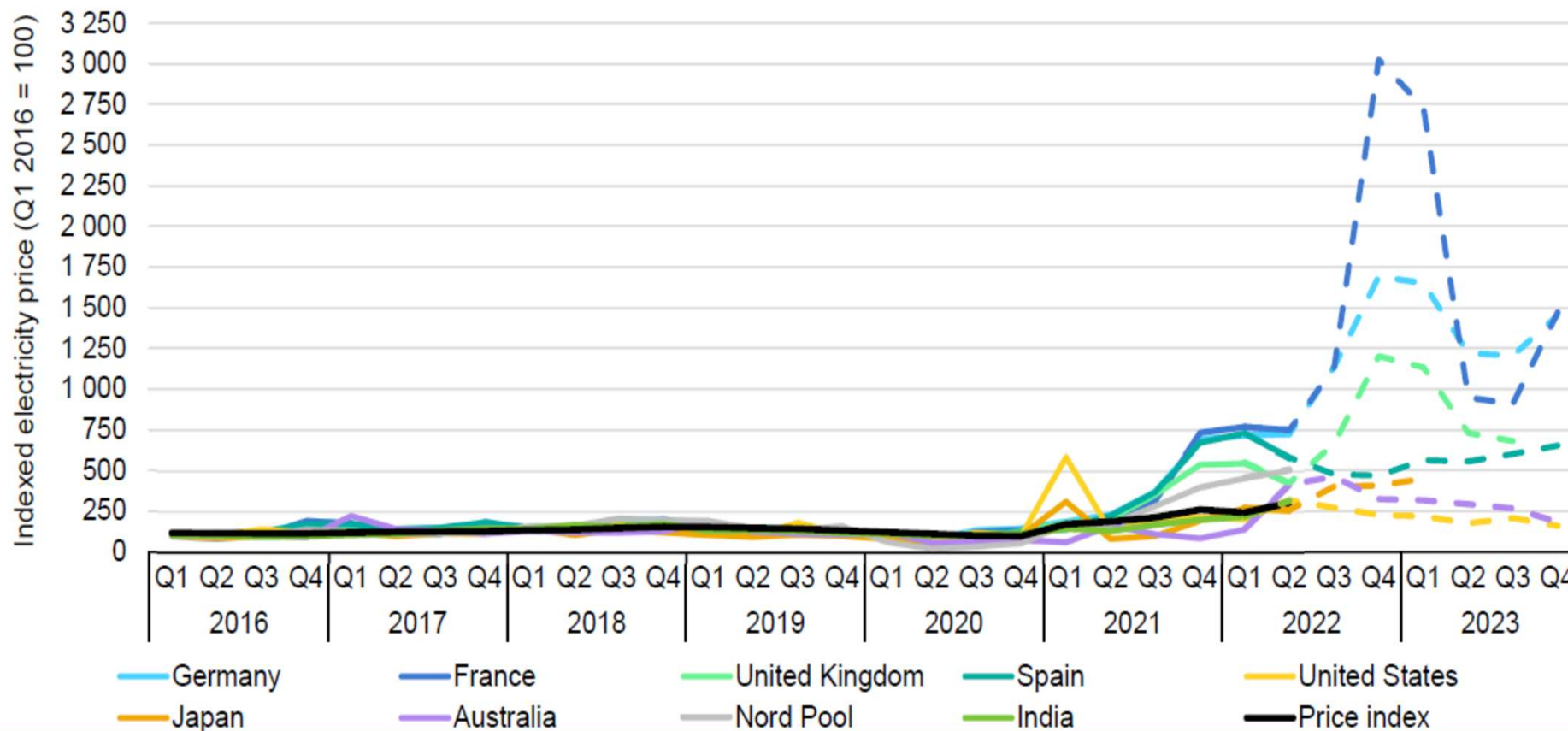
Global fossil fuel-based electricity generation comes under pressure



電力価格高騰は今後、冬場に本格化と予測

...reaching new highs in many economies during 2022, especially in Europe

Quarterly average wholesale and futures prices for selected regions, 2016-2023



2020年に太陽光とガス発電のコストが逆転

Figure S.3 The weighted average LCOE of utility scale solar PV compared to fuel and CO₂ cost only for fossil gas in Europe, 2010-2022



再エネ発電コストの劇的な低下

Figure 1.2 Global weighted average LCOEs from newly commissioned, utility-scale renewable power generation technologies, 2010-2021

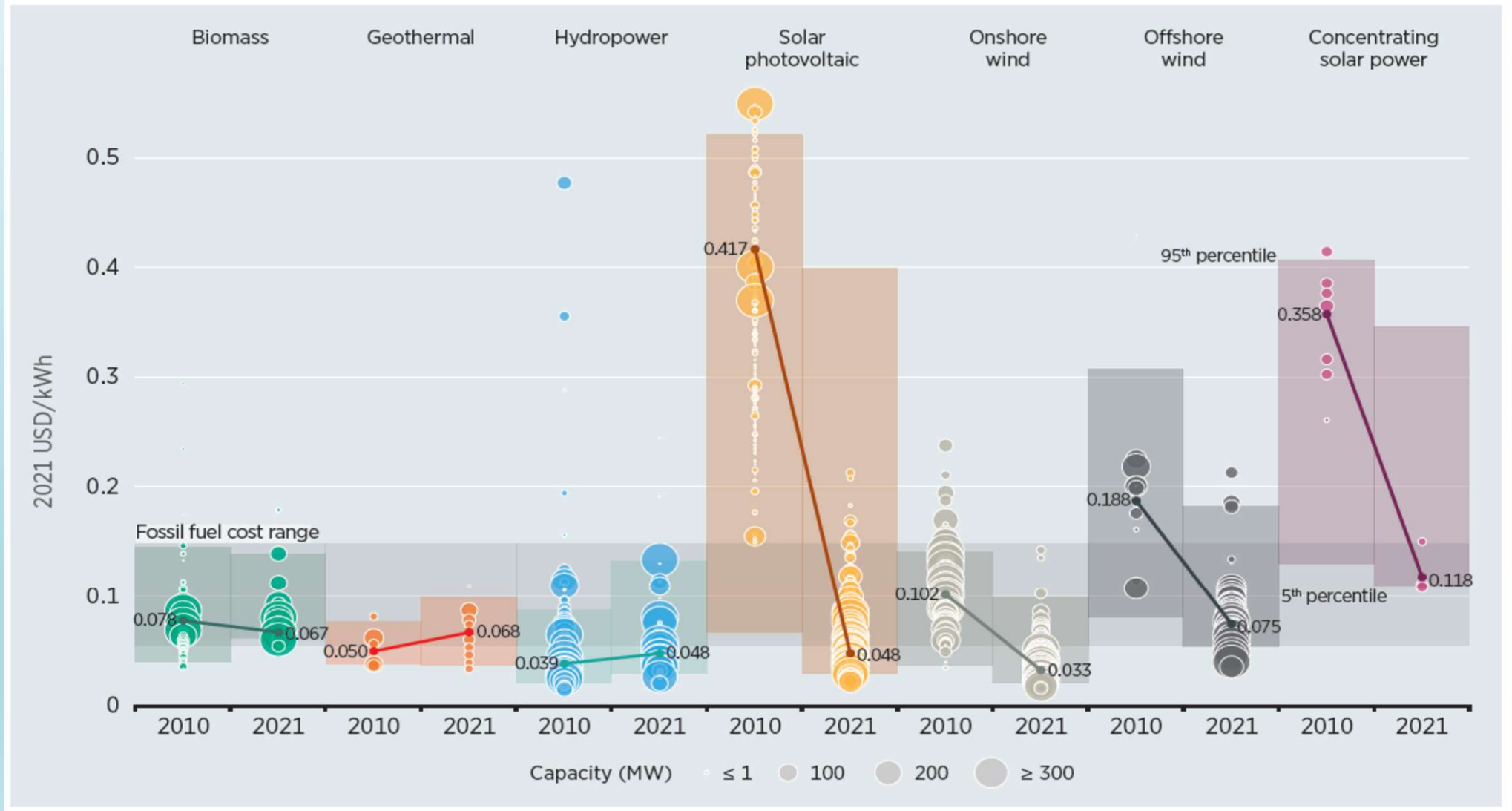
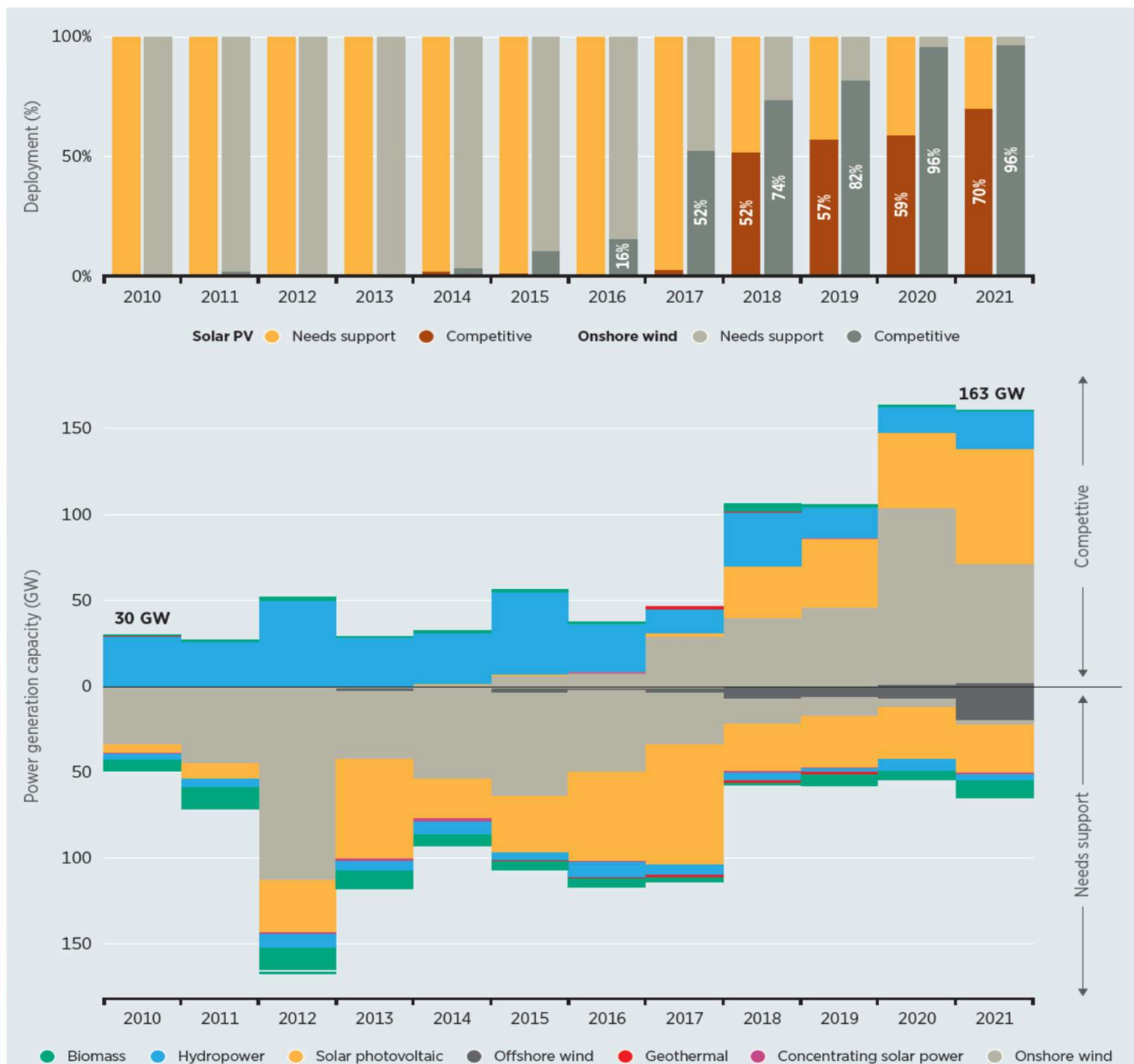


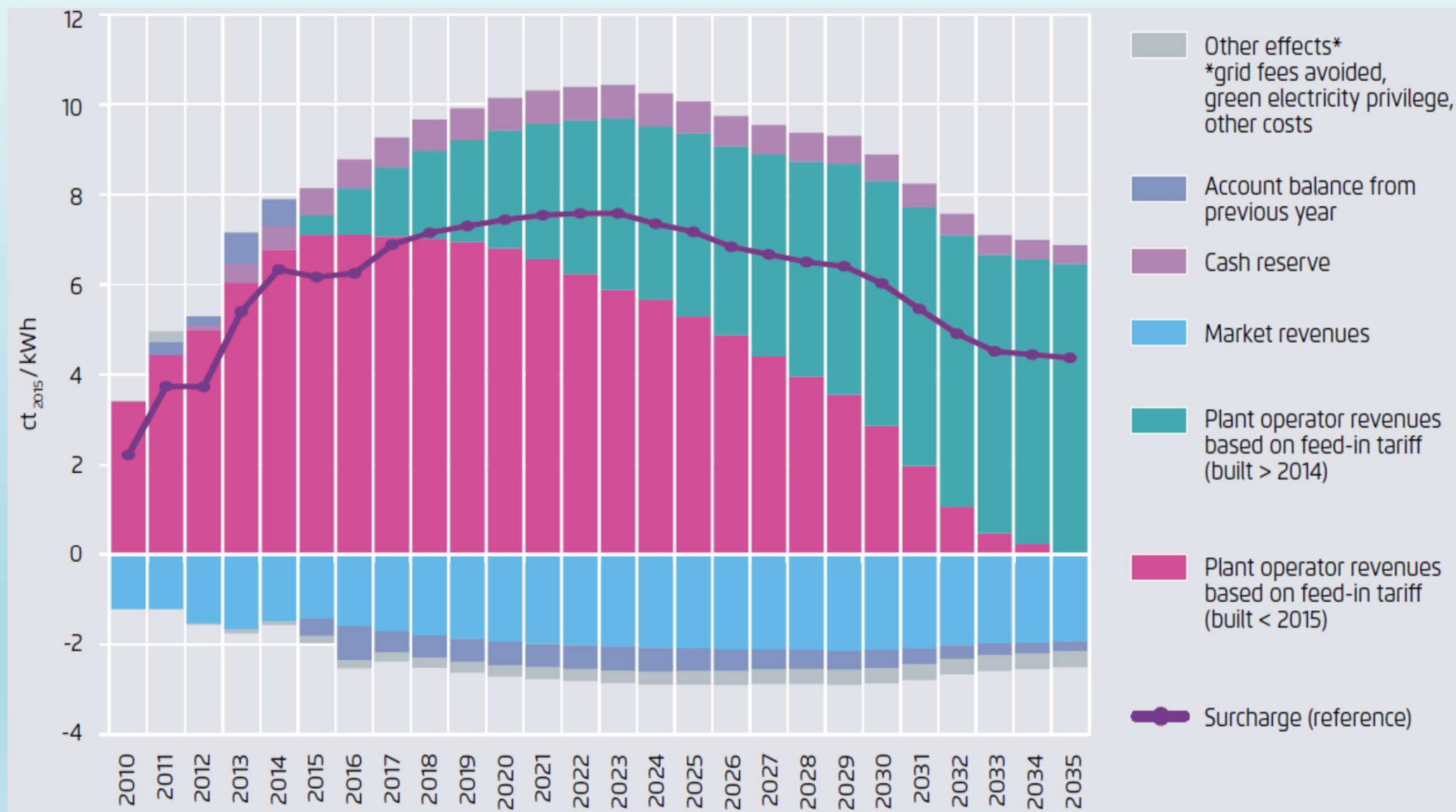
Figure 1.3 Annual and cumulative total new renewable power generation capacity added at a lower cost than the cheapest fossil fuel-fired option, 2010-2021



顕著な
再エネの
競争力
向上

IRENA(2022), p.35,
Figure 1.3.

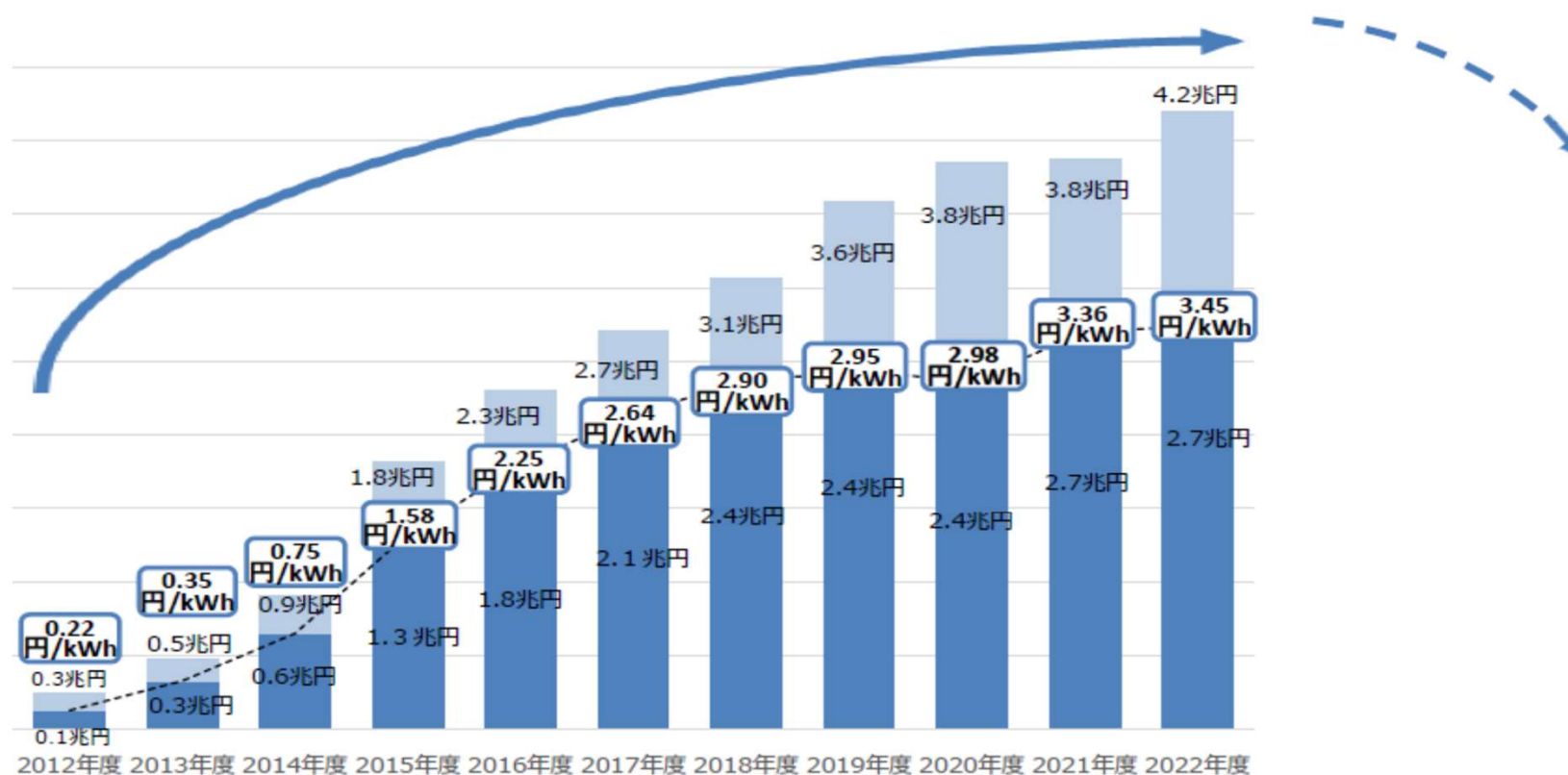
再エネ賦課金はすでにピーク越え



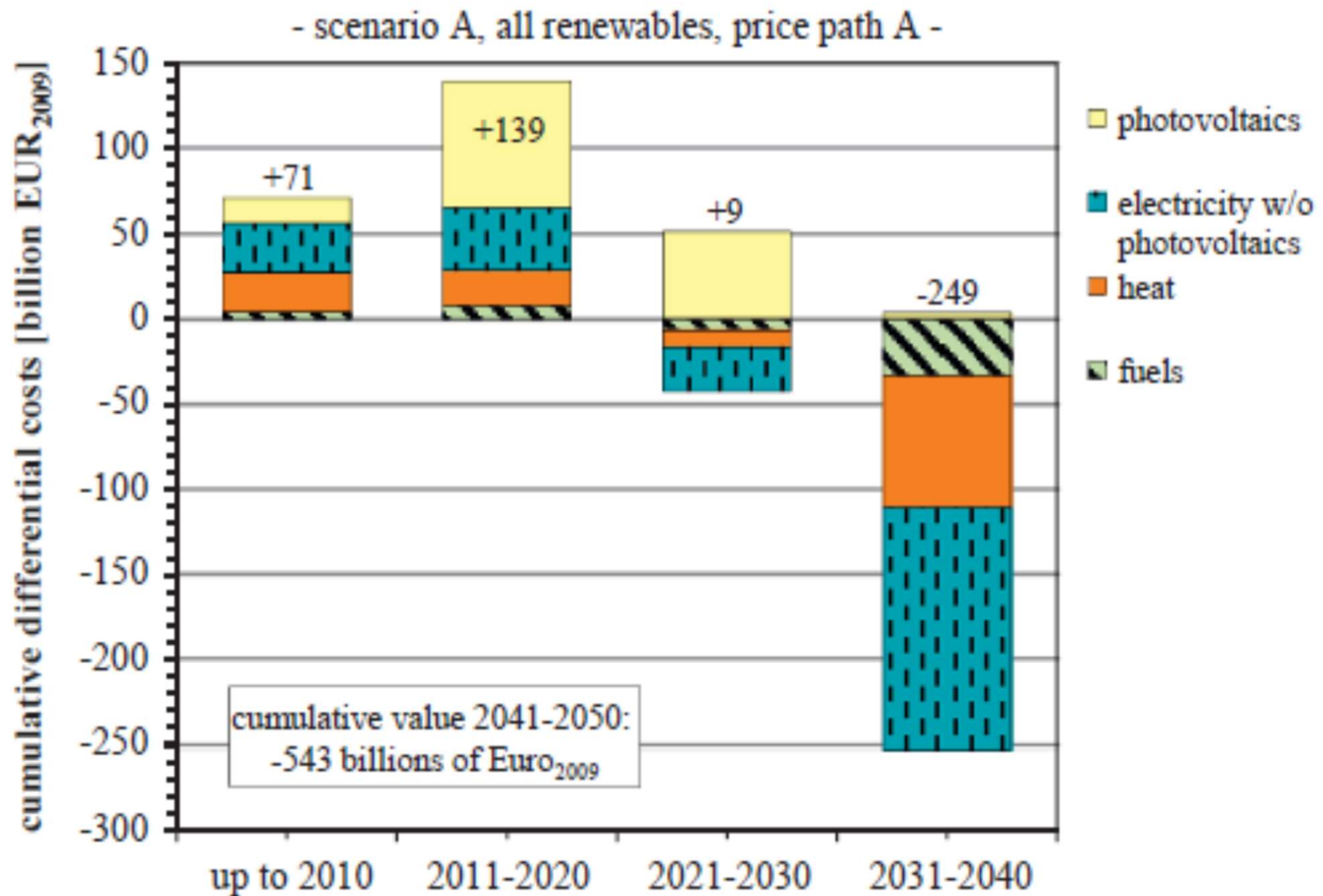
10年遅れで日本もドイツに追随

買取総額及び賦課金総額見込みの推移

- 2022年度の買取費用総額は4.2兆円、賦課金（国民負担）総額は2.7兆円と見込んでいる。
- 国民負担を抑制しつつ、再生可能エネルギーの導入拡大との両立を図ることが政府の方針。

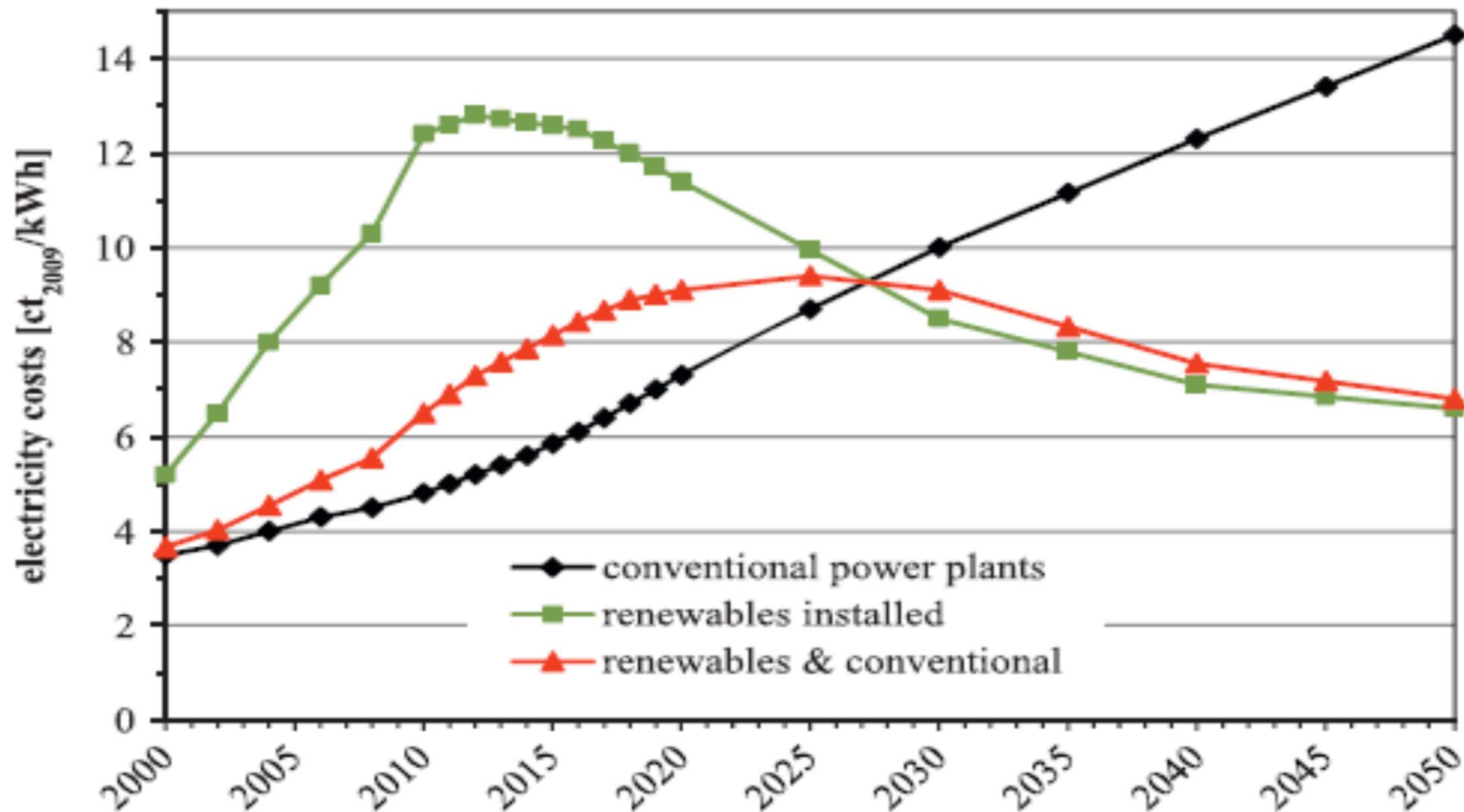


電源コスト「逆転」のシナリオ



安い再エネが電力コストの低廉化を実現する

-scenario A, price path A -



結論：国民経済的に再エネが最も有利

- 【1】再エネがすでに最安の電源であること(あるいは近い将来そうなること)は、もはや各種データから明らか
- 【2】化石燃料価格の高騰が継続するシナリオの下では、相対的に有利さの増した再エネ投資が一層加速
- 【3】再エネ比率が増えるほど、電力コストは抑えられ、GDP増加に寄与することが、多くの研究で定量的に確かめられている
 - 次節の【参考資料】京大・英国ケンブリッジ・エコノメトリクス共同研究成果もその1つ
- 【4】成長寄与の主要因の一つは、純輸出の増加。現在の貿易赤字拡大の主要因は、化石燃料輸入費用の増加。再エネ増加はエネルギー自給率を向上させ、経済安保に資する
- 【5】中長期的に投資すべきは、IEAが推奨するように再エネ、省エネ、そして原発を含む非化石電源
- 【6】そのために、電力系統増強投資、DRのビジネス化、そしてセクター・カップリングも重要

『資本主義の新しい形』岩波書店, 2020年1月刊行

- 第1章 変貌しつつある資本主義
- 第2章 資本主義の進化としての「非物質主義的転回」
- 第3章 製造業のサービス産業化と日本の将来
- 第4章 資本主義・不平等・経済成長
- 終章 社会的投資国家への転換をどのように進めるべきか

