

# Green

グリーン

# Transition

トランジション

# 2035

未来のための  
エネルギー転換  
研究グループ

2035年に再エネ電力割合とCO<sub>2</sub>排出削減のダブル80%を実現する経済合理的なシナリオ

winning back energy  
and climate policy

2035

2024



2050

1. はじめに	2
2. グリーントランジション (GT) 戦略の要約	6
3. GT 戦略の主な前提	9
3.1 部門別の生産量および活動量	9
3.2 2035 年までの主な対策	9
3.3 エネルギー価格、再エネ価格、化石燃料輸入量、エネルギー支出額	9
4. GT 戦略の結果	10
4.1 エネルギー消費量	10
4.2 投資額、エネルギー支出削減額、CO <sub>2</sub> 排出削減量	10
4.3 GDP 押し上げ効果	15
4.4 電源構成および電力価格	15
4.5 電力需給バランス (安定供給) の検証	18
4.6 雇用創出および雇用喪失	20
4.7 政府施策の問題点	21
4.8 政府目標が未達の場合の CO <sub>2</sub> 排出削減量などの試算	28
4.9 データセンターや AI による電力消費量増加問題	29
5. 地方版グリーンニューディール	34
5.1 対象自治体	34
5.2 方法	34
5.3 結果	35
6. 総括	46
参考文献	47

未来のためのエネルギー転換研究グループ

主な執筆者 (五十音順): 明日香壽川 (東北大学教授)、佐藤一光 (東京経済大学教授)、  
朴勝俊 (関西学院大学教授)、松原弘直 (環境エネルギー政策研究所理事)

グリーントランジション 2035 ホームページ

<https://green-recovery-japan.org/>

問い合わせ先: [asukajusen@gmail.com](mailto:asukajusen@gmail.com)

2024 年 9 月 9 日

# 1. はじめに

## GX という名のグリーンウォッシュ

本レポートは、私たち「未来のためのエネルギー転換研究グループ」が 2021 年 2 月に発表した「レポート 2030：グリーン・リカバリーと 2050 年カーボン・ニュートラルを実現する 2030 年までのロードマップ（以下、レポート 2030）」の内容をアップデートし、あるべき日本におけるエネルギーミックスや 2035 年の温室効果ガス（GHG）排出削減数値目標などを具体的に示すものである。

2020 年 10 月、当時の菅義偉首相は、<sup>すがよしひで</sup>米国政府を含む国際社会の要求に応じるかたちで 2050 年にカーボン・ニュートラル、すなわち GHG 排出を実質ゼロとすることを表明した。続いて 2021 年 4 月には、日本の「国が決定する貢献（NDC）」として、「GHG 排出量を 2030 年度に 2013 年度比 46% 削減」するという数値目標（以下、46%削減目標。1990 年比では 40%削減、2019 年比では 38%削減）を示し、2021 年 10 月には、これらの新目標と整合性がある第 6 次のエネルギー基本計画（以下、エネ基）が閣議決定した。2023 年 6 月には和製英語である GX（グリーントランスフォーメーション）を名目とする二つの法律が成立し、2023 年 7 月には「脱炭素成長型経済構造移行推進戦略（以下、GX 推進戦略）」が閣議決定された。さらに、2024 年 2 月 13 日、「脱炭素成長型経済構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律案（水素社会推進法案）」と「二酸化炭素の貯留事業に関する法律案（CCS 事業法案）」の二つが閣議決定され、2024 年 4 月 9 日に衆議院を通過後、2024 年 5 月 17 日には参議院本会議で可決・成立した。

そして、2024 年 5 月 15 日、経済産業省は、有識者会議（総合資源エネルギー調査会・基本政策分科会）を開催し、エネルギー基本計画の見直しに向け、議論を開始した。すなわち、2030 年、2035 年、2040 年、2050 年のエネルギーミックスおよび GHG 排出削減の目標値に関する議論が本格的に議論されることになる<sup>1</sup>。

そのような中、まず認識されるべきは、下記で述べるように、政府が謳う GX や今の 2030 年目標は「グリーンウォッシュ」、すなわち見せかけの気候変動対策であり、必要な GHG 排出削減も、電気代削減・雇用創出などの経済的なベネフィットも、化石燃料輸入削減などのエネルギー安全保障の確立も、いずれも日本にもたらすことはないという事実である。

## パリ協定と整合性のない日本の 46% 削減目標

まず、日本の 46%削減目標そのものがパリ協定と整合していない。例えば、最新の IPCC 第 6 次評価報告書（IPCC 2023）は、パリ協定で規定された産業革命以降の温度上昇を 1.5°C 以下に抑制するという目標を実現するためには世界全体で、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出を 2019 年比で 2030 年に 48% 削減、2035 年に 65% 削減することがそれぞれ必要であるとしている。2023 年および 2024 年の 4 月から 5 月にかけて開催・発表された G7 気候・エネルギー・環境大臣コミュニケおよび G7 サミット首脳コミュニケも、IPCC 第 6 次評価報告書と同じ数値を国際社会に対して求めている。

上記は世界全体の削減目標であるが、国際エネルギー機関（IEA）が 2021 年に作成し、2023 年 9 月にアップデート版を発表した 1.5°C 目標と整合的な 2050 年のロードマップ（ネットゼロエミッションシナリオ）においては、先進国は 2035 年の CO<sub>2</sub> 排出 80% 削減（2022 年比）が必要としている（IEA 2023a）。

さらに、個別の国の削減目標とパリ協定の整合性を評価している多くの研究も日本の 46% 削減目標が不十分であることを示している。例えば、1.5°C 目標達成のために、Climate Action Tracker（2021）は、「世界全体での最小費用シナリオ」に基づいた場合、日本は GHG 排出を 2030 年までに 62% 削減（2013 年度比）することが必要

1 GHG 排出削減数値目標に関して、2024 年 3 月 25 日の日本経済新聞に「CO<sub>2</sub> 削減は 35 年度 60%（2019 年比）が軸。政府新目標、G7 に足並み」という内容の気候変動エディター堀和也氏による記事が掲載された。同じく 2024 年 4 月 15 日の日本経済新聞には、政府が 2035 年に 2013 年比で 66% 削減を新目標としているという内容の記事が掲載されている。しかし、続報などはなく、いわゆる「アドバルーン記事」の可能性が高い。  
<https://www.nikkei.com/prime/gx/article/DGXZQOUA08D540Y4A300C2000000>,  
<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUA156U00V10C24A4000000/>

としている。しかし、この「世界全体での最小費用」という基準を用いた国別の負担分担（割り当て）方法は、すでにインフラを構築し、一人あたりの排出量も GDP も大きい先進国にとって極めて有利な負担方法である。それに対して公平性（一人あたりの排出量や歴史的排出量）を考慮した負担分担の場合には、日本は 2030 年に 2013 年比で、前出の Climate Action Tracker (2021) によれば約 120%の削減、米国シンクタンク Stockholm Environmental Institute および Ecoequity が開発した Climate Equity Reference Calculator を用いた計算によれば 171%<sup>2</sup> の削減 (SEI and Ecoequity 2018) がそれぞれ必要となる。Showyourbudgets (2024) は、1.5°C 目標を 66%の確率で達成するためには、一人あたりの排出量のみを考慮して人口割で分けた場合でも、日本は 2025 年に CO<sub>2</sub> 排出をゼロにする必要があるとしている。

## 46% 削減目標達成すら放棄する日本政府

日本における再エネ導入は政府の想定通りには全く進んでいない。そのような事実はメディアでも報道されるようになり、例えば日本経済新聞 (2024 年 7 月 30 日) は、再エネ発電量などに関して、「仮に、2011～22 年度の再エネ導入実績のペースで計算すると、2030 年度には 3036 億 kWh にとどまる。省エネも進んでおらず、総発電電力量が 22 年度実績 (1 兆 106 億 kWh) と同じとすると再エネ比率は 30%となる」「太陽光全体を合わせても進捗は目標の 6～7 割の水準」「陸上風力の実績は目標量の 3 割」「地熱発電も目標の 4 割前後」と伝えている。

また、政府の公的機関である電力広域的運営推進機関 (OCCTO) の「2024 年度供給計画のとりまとめ」(OCCTO 2024) によると、2033 年度の電源ミックスは、石炭火力 29.2%、LNG 火力 28.6%、石油火力 2.6%、原子力 6.0%、再エネ 33.5% (一般水力+揚水力= 9.8%、風力+太陽光+地熱+バイオマス+廃棄物+蓄電池= 23.6%) と推定されている (Japan Beyond Coal 2024)。これは第 6 次エネ基の中の目標数値、例えば石炭火力 19%と比べて大きな差がある。気候ネットワークの分析 (気候ネットワーク 2024) によると、これまではある程度、上記の供給計画に近い値で実績が推移してきていることから、現状では電力会社は第 6 次エネ基で掲げた電源構成の実現をほぼ諦めていると考えられる。また、それを黙認している政府は、2030 年までに効果的な削減策を導入しようとしていないことから、実質的には日本の 46%削減目標の達成をほぼ放棄したとも認識されうる。

さらに、現在 (2024 年 7 月)、化石燃料発電および原発の維持につながる制度として、容量市場や長期脱炭素電源オークション、エネルギー・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) による炭素回収貯留 (CCS) 助成などがそれぞれ確立しており、これらは実質的な大手電力会社への補助金として機能している。

その上に、原発の新增設に関してはこれらの補助金だけでは不十分ということで、大手電力会社、原発製造に関わるメーカー、投資家などの要求のもと、経産省は建設費を電気料金に上乗せできるようにする新たな制度の導入を検討している (朝日新聞 2024 年 7 月 24 日)。これは、規制資産ベース (Regulated Asset Base, RAB) モデルと呼ばれる資金調達手法であり、大手電力会社が原発に関わるコストをすべて電気料金に上乗せできる仕組みである (服部 2022)。実質的には、電力システムの自由化および市場化と完全に逆行する総括原価方式の復活と言える。日本では今でも巨額の政府補助金が様々な形で原発に対して供与されている。さらに RAB モデルが新たに導入されれば、圧倒的な地域独占企業で市場支配力を持つ大手電力会社、関係企業、銀行などの投資家は、数兆円規模のプロジェクトである原発の新增設によって、たとえ工事遅延やコストオーバーランが起きても、極めて大きな利益を長期に渡って安定的に得ることができる。また、これまでの原発の建設・稼働への補助金制度では出なかった建設期間中 (発電開始前) でのリターン (報酬) が事業者や投資家に対しては支払われる。その一方、電力料金は大きく上昇し、原発に伴う様々なリスクは増大する。多くの人の認識とは逆に、脱炭素も遅れる。なぜなら、IEA (2022c) が示すように、原発新增設および原発稼働延長の温室効果ガス排出削減コスト (単位量の温室効果ガスを排出削減するためのコスト) は再エネ新設や省エネに比較して数倍大きいからである。すなわち、投資資金も電力設備需要も限りがある中、同額の投資を再エネ・省エネに対して実施した方が原発に投資した場合よりも温室効果ガス排出削減量は数倍大きくなる。さらに、原発新增設による排出削減が実現されるのは早くても

2 1.5°C 目標を 66%の確率で達成できる世界の全体のカーボンバジェットを、1850 年からの歴史的排出量を考慮し、低所得者に対しては削減負担を軽減するなどの措置をとったという前提で日本に割り当てられた排出量から計算した数値。前提を変えて計算できるようになっており、詳細は下記 URL を参照のこと。

<https://calculator.climateequityreference.org/index.php>

10 数年後である。まさに、大手電力会社や投資家を得る少なからぬ利益と引き換えに国民負担は増大し、パリ協定の目標達成はますます遠のいていく。

根本的な問題は、日本政府が「日本の 46% 目標はパリ協定と整合性がある」という立場を確固たる理由もないうままに取り続けており、そのような政府にしたがって地方自治体や企業、そして国民全体も、自らの削減目標は 46% 程度で良いと考えていることである。理解した上での発言かどうかは不明なものの、例えば、2022 年 11 月 15 日、COP27 閣僚会合において日本の西村明宏環境大臣(当時)は、「1.5°C 目標の達成が重要であり、日本は、パリ協定の 1.5°C 目標と整合した長期戦略及び NDC を既に策定しました。まだそうしていない国、とりわけ主要経済国に対し、更なる温室効果ガス排出削減を呼びかけます」と述べた(環境省 2021)。また、2024 年 5 月 21 日に閣議決定された第 6 次環境基本計画 112 ページには、「(前略) 我が国は、1.5°C 目標と整合的な形で、「2050 年カーボンニュートラル」「2030 年度 46%削減、さらに 50%の高みに向けて挑戦を続ける」、という目標を掲げており……(後略)」という文言がある(環境省 2024)。

しかし、1.5°C 目標と整合しているという定量的で説得力がある根拠は政府関係者の誰からも出されておらず、前述したように論理的に間違っている<sup>3</sup>。間違ったことを具体的な根拠も示さずに国際社会と日本国民の両方に対して主張しつづけ、さらにその不十分な目標すら守ろうとしない政府の行為は、グリーンウォッシュと批判されても仕方がない。

## より経済合理的な代替案の提示

2024 年は、第 7 次のエネ基の議論がなされ、新たな NDC として 2035 年目標が決定される年である。この日本の 2035 年目標に関して、2023 年 2 月にクライメイトインテグレートが「2035 年非化石電力割合 90% (原子力 20%) が経済合理的(費用最小)」という報告書を出し(Shiraishi et al. 2023)、2023 年 4 月に自然エネルギー財団が「2035 年再エネ電力割合 80% が可能」という報告書を発表した(自然エネルギー財団 2023)。2024 年 4 月には、地球環境戦略研究機関(IGES)が「1.5°Cロードマップ:日本の排出削減目標の野心度引き上げと豊かな社会を両立するためのアクションプラン」を公表し、日本国内で早期に大幅な温室効果ガス(GHG)排出量削減を果たす可能性を具体的に検討している(栗山ほか 2024)。2024 年 5 月には、WWF Japan が「2030 年、2035 年のエネルギーミックス(電源) WWW 提案」(WWF 2024)を公表した。ただし、これらはいずれも電力分野を中心とした分析であり、全分野にわたる投資額や雇用創出・喪失などに関する詳細な経済分析などはなされていない。

私たちの研究グループは、2015 年以降、日本の温室効果ガス排出削減目標に関する複数の論考を発表している(日本のエネルギー・ミックスと温暖化対策数値目標を考える研究者グループ 2015a; 2015b; 2015c; 2016; 2017)。2019 年 6 月には、「原発ゼロ・エネルギー転換戦略」を発表した(未来のためのエネルギー転換研究グループ 2019)。その後、それをベースにして 2021 年 2 月に「レポート 2030」を発表した。この二つは、その具体性および包括性という意味で、唯一の日本版グリーンニューディールプランであり、GX と名付けられた政府による現行のエネルギー・温暖化政策(以下、政府 GX)に対する、より経済合理的な代替案である。内容として、化石燃料輸入額削減や、エ

3 環境省は 2023 年 6 月 26 日の中央環境審議会地球環境部会の配布資料「国内外の最近の動向について(報告)」(環境省 2023)の中の「2050 年ゼロに向けた進捗」というタイトルのスライドで、日本に関して、基準年(日本の場合は 2013 年)から現時点までの日本の排出削減経路および日本の 2030 年目標は、2050 年まで直線で結んだ削減経路に沿っているように見えることを持って、1) 日本の目標はパリ協定の 1.5°C 目標に整合的、2) 日本における排出削減の進捗は政府の計画通り(オントラック)である一方で欧米はオントラックでない、の 2 点を主張している。しかし、この主張は、1) 日本と他国との基準年の違いやカーボンバジェットを考慮していない、2) 日本は基準年(2013 年)での排出量をグロスネット方式(排出量を算定する際に、基準年には排出量のみをカウントし、目標年には排出量から森林などによる二酸化炭素の吸収分を差し引く計算方法)で計算している、その後の排出量や目標年の排出量はネット方式で計算している。一方、欧米は両方ともネット方式で計算しているため、基準年から直線をひくと、日本の方が基準年から大きく削減していて、2050 年にカーボンニュートラルに至るように見える、3) 世界全体の 1.5°C 目標排出経路と日本に求められる 1.5°C 目標排出経路を意図的に混同させており、公平性の議論が完全に欠如している、4) 政府が目指している 2030 年の電源構成およびエネルギーミックスの実現性は低く、日本における排出削減が 2050 年カーボンニュートラルに向けてオントラックのように見えるのにはコロナ禍などの政策以外の要因も影響しており削減傾向がこのまま続くかどうかは不確実、など多くの問題があり、極めてミスリーディングである。少なくとも、国際社会に対する説得力はほぼゼロである。なお、排出削減目標の公平性基準としては、一人当たり温室効果ガス排出量、一人当たり GDP、歴史的温室効果ガス排出量、国全体 GDP あたり排出削減費用などがあり、詳細は明日香(2015)を参照のこと。また、日本がオントラックか否かに関しては大野(2024a,b)も参照のこと。

エネルギー支出額削減、電気代削減・雇用創出などの経済的なベネフィットが日本にもたらされることを具体的に示している。

特に「レポート2030」は、グリーンリカバリー（GR）戦略として2030年までの投資額や、経済効果（GDP追加額、エネルギー支出削減額、雇用創出数）、GHG排出削減効果、大気汚染対策効果（PM<sub>2.5</sub>曝露早期死亡の回避者数）、失業対策、財源などを含む、具体的かつ体系的なロードマップを提示した。

## 政府目標未達シナリオと地方版グリーンニューディール

このような2021年作成の「レポート2030」を今回アップデートするにあたって、2035年をフォーカスすると同時に、過去数年における世界および日本でのエネルギーに関わる様々な状況変化を反映させた内容としている（昨今話題になっているデータセンターやAIなどの情報通信技術分野拡大の電力消費量などへの影響についても定量的に検討している）。また、前述のように政府目標である46%削減が未達となった場合の問題点を明らかにするために、省エネや再エネの導入目標が小さいにもかかわらず、過大に設定された原発導入目標（2030年に20～22%）が未達で現状程度（5%程度）に留まり、再エネも現状より発電量割合で8%程度しか増えず、不足分は省エネも再エネ追加もなく火力でまかなわれた場合の具体的なCO<sub>2</sub>排出削減量や経済的なデメリットなどを新たに試算した。

本稿では全国シナリオとともに、地方版グリーンニューディールとして、9つの地方自治体における対策と経済効果も紹介する。具体的には、産業部門とエネルギー転換部門および工業プロセスのCO<sub>2</sub>排出割合が60%以上の「工業地域」型の県として岡山県を、産業部門の割合が10%以下の「都市型」として東京都を、「中間型」として新潟県を取り上げた。また、市町村として、1) 域内に素材製造業のコンビナートがあり、産業部門のエネルギー消費割合、CO<sub>2</sub>排出割合の高い岡山県倉敷市、2) 素材製造業ではないが域内に工業地域があり産業部門の割合の高い栃木県小山市、3) 産業・商業地域・住宅地を有する埼玉県越谷市、4) 域内にオフィス街を有し業務部門の割合の高い東京都千代田区、5) 域内に住宅地が多く家庭部門の割合の高い東京都杉並区、6) 町村の中から産業部門割合の比較的高い埼玉県小鹿野町の6つを取り上げる。

各地域でのグリーンニューディールのシナリオは、再エネ・省エネの導入拡大が、高齢化や、人口減少、雇用減少、光熱費増大などに悩む地方にとって、単なる温暖化対策ではなく、極めて経済合理的で魅力的な産業政策および雇用政策であることを具体的に示している。

## グリーントランジション（GT）戦略をもとに建設的な議論を

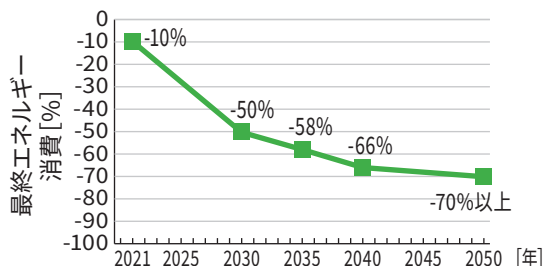
これまでの日本のエネルギー基本計画やGHG排出削減数値目標であるNDCは、政府・経産省が書いた台本のもと、エネルギー供給産業やエネルギー多消費産業の意見を代弁する委員が大半を占める審議会や委員会で策定されてきた。そこでは国民的な議論はほぼ皆無であり、本稿で示したような具体的な投資や雇用などに関する議論もなかった。既得権益維持のために世界の潮流とはかけ離れたエネルギー・温暖化政策が作られ、その結果として、かつて再エネ分野で世界のフロントランナーを走っていた日本企業の姿は、今は影も形もない。エネルギー・電力システムの変革がないまま、2022年は化石燃料輸入額が30兆円をこえて、エネルギー安全保障の確立もエネルギーコストの削減も全く実現していない。明らかに産業政策の失敗であり、政策決定者の責任は大きい。

このような状況で、環境団体などは、エネルギー基本計画策定プロセスに若者を参加させることや多様な意見を取り入れることなどを政府に要求してきた。しかし、前述の2024年5月15日に開催された有識者会議（総合資源エネルギー調査会・基本政策分科会）の委員構成は従来通りで、期待された若者や環境団体の参加はなかった。若者が参加すればそれで良いという単純な話ではないものの、委員の多くが現状のエネルギーシステム維持によって利益を得る業界に関わる委員であり、彼らからは化石燃料の継続的利用や原子力への投資を求める意見が相次いだ。すなわち、このままでは日本のエネルギー・気候変動政策の「ガラパゴス化」はますます強まる可能性が高い。

なお、「レポート2030」では、政府施策に対する代替案をグリーンリカバリー（GR）戦略と名付けた。しかし、本アップデートでは、コロナ禍がほぼ終焉したことを踏まえて、GR戦略をグリーントランジション（GT）戦略と改名した。本稿の読者の方々が、このGT戦略がもたらす大きな経済効果を理解し、それが今後の日本でのエネルギー温暖化問題や産業政策に関する建設的な議論につながれば幸いである。

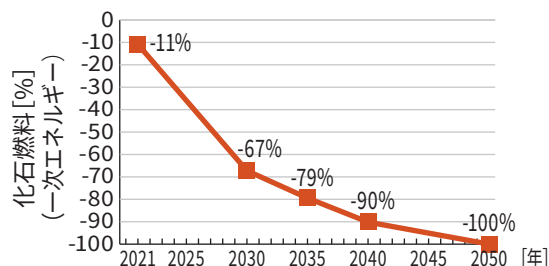
## 2. グリーン・トランジション (GT) 戦略の要約

### ①最終エネルギー消費 (2013 年比)



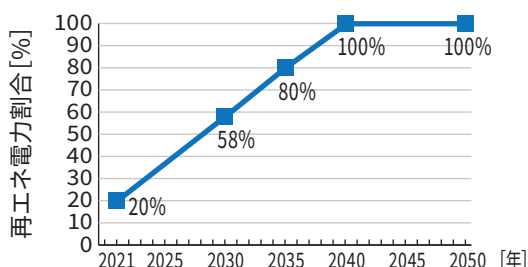
省エネ等により、2030 年に 50% 減、2035 年に 58% 減、2050 年に 70% 以上減

### ②化石燃料消費量 (2013 年比)

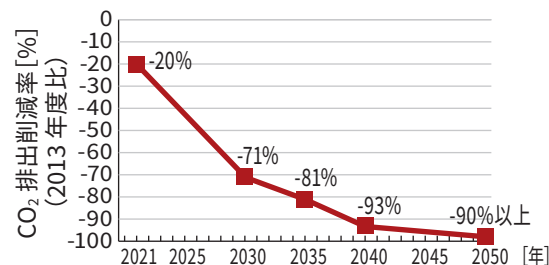


2030 年に 67% 減、2035 年に 79% 減、2040 年に 90% 減、2050 年にゼロ (エネルギー供給は再エネ 100% で、うち従来技術は 90% 以上、新技術は 10% 未満)

### ③再エネ電力割合



### ④ CO<sub>2</sub> 排出削減率 (2013 年比)



### ⑤電力消費量

2030 年：省エネで電力消費量 31% 減 (石炭火力ゼロ、原発ゼロ、再エネ電力割合 58%)

2035 年：電力消費量は 31% 減 (再エネ割合 80%)

2040 年：電力消費量は 31% 減

2050 年：省エネで電力消費量 28% 減 (再エネ電力割合 100%。ただし、需給調整・蓄電ロスなどのため発電量は消費量に対して十分に余裕をもたせることは必要)。なお、これは新技術対策適用前の数値であり、CO<sub>2</sub> 排出量は 98% 削減となる。残りの 2% を再エネ電力からの水素・合成燃料作成による産業高温熱と船舶航空燃料の置き換えなどの新技術で削減した場合、2050 年の電力消費量は 2013 年レベルまで上がる可能性がある

### ⑥原子力発電・石炭火力発電は 2030 年度にゼロ (石炭火力は 2030 年に停止、2035 年に完全廃止)

下記は、2024 年度から GT 戦略を実施した場合の経済面および環境面での効果である。

注：本レポートで「年」と記されている年号はすべて、経済・エネルギーのデータに関しては「年度」のことである。

- ▶ 投資額：2030 年までに累積 153 兆円 (民間 113 兆円、公的資金 40 兆円)、2035 年までに累積 258 兆円 (民間約 190 兆円、公的資金約 68 兆円)、2050 年までに累積約 624 兆円 (民間約 472 兆円、公的資金約 153 兆円)
- ▶ GDP 押し上げ効果：2030 年までに累積 165 兆円 (政府予測 GDP に対する増加額)、2035 年までに累積 288 兆円
- ▶ 雇用創出数：2035 年までに 3775 万人年 (年間約 315 万人の雇用が 12 年間継続維持)

- ▶ エネルギー支出削減額：2030年までに累積 105 兆円、2035年までに累積 234 兆円、2050年までに累積約 691 兆円
- ▶ 化石燃料輸入削減額：2030年までに累積 39 兆円、2035年までに累積 97 兆円、2050年までに累積約 345 兆円
- ▶ エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量：2030年に 2013年比 71% 減（1990年比 66% 減、2019年比 65% 削減）、2035年までに 2013年比 81% 減（1990年比 79% 減、2019年比 78% 削減）、2040年までに 2013年比 90% 以上減（1990年比、2019年比も 90%以上削減、従来技術のみ）、2050年に 2013年比 90% 以上削減（1990年比、2019年比も 90%以上削減、従来技術のみ。新技術の実用化を想定すると 100%削減）
- ▶ 大気汚染による死亡の回避：2030年までに PM<sub>2.5</sub> 曝露による約 1070 人の死亡を回避<sup>4</sup>

また、GT 戦略の想定下で各地域（日本全体、東日本、西日本）および沖縄電力を除く大手電力 9 社の各管区で 1 時間ごとの電力需給バランス（供給の安定性）を検証した結果、多くの地域で供給は域内だけで余裕があることが明らかになった。

さらに、GT 戦略の場合、化石燃料費低減により、2030年およびそれ以降の発電コスト総額、kWh あたりの発電コスト単価は、いずれも政府 GX すなわち現行の政府施策案の場合よりも低減する（本稿 4.4 で後述）。

現状で再エネ・省エネを中心とするエネルギー転換によって何らかの経済的影響をうける可能性があるエネルギー多消費産業（電気業、石油精製業、鉄鋼業、化学工業、窯業土石製品製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業）の雇用者数は 2021 年において約 17.4 万人（日本全体の雇用者数に対する割合は約 0.3%、GDP 割合は約 1.4%）であり、原子力発電産業（約 4.9 万人）を加えると合計で約 22.3 万人となる。これは、エネルギー転換によって新規に創出される上記の雇用者数（2035年まで 315 万人 / 年）に比較すると十分に小さく、かつこれらの産業における実際の雇用喪失者数はさらに小さい。また、企業が自らの事業の使用電力を 100%再エネで賄うことを目指す国際的なイニシアティブである RE100 にしない、石炭火力の電気を使い続ける、などにより、製品サービスが売れない、サプライチェーンから外される、外国の国境炭素税を課税される、などの影響を受ける産業もある。このような対策をしないことによる悪影響を受ける産業は例えば製造業であり、日本全体では 756 万人の雇用を抱えている（他に不動産、物流なども悪影響を受ける可能性がある）。もちろん、このような分野の雇用者全員が悪影響を受けることではないものの、影響の大きさは無視できるものではない。さらに、日本の貿易黒字を支えている自動車産業は、早期の対策を実施すれば生き残れる可能性がある。しかし、対策をしないか、あるいは遅れると部品工業を含めて大きなダメージを受ける可能性は高い（すでに一部の部品製造を請け負う下請け企業は影響を受けている）。もちろん、従来型エネルギー産業やエネルギー多消費産業で雇用上の影響を受ける人々には、同等以上の新規雇用へと移行するための支援が不可欠となる（公正な移行）。

なお、エネルギー転換の財源としては、一部は年間約 5 兆円の国債発行などが考えられる。しかし、投資の大部分は、収益性があることから民間によって商業的な条件下で実施されることを想定しており、国の財政支援は送電網・配電網・運輸インフラの建設や、公営住宅の断熱、専門家支援・人材育成、雇用転換に限られる。したがって、財政の健全性が大きく損なわれることはない。

4 医学雑誌ランセットの特集である The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health にある論文で示された日本での石炭火力発電からの PM<sub>2.5</sub> 排出による早期死亡者数である人口 100 万人あたり年間 9.74 人 (Watts et al. 2017) を用いて計算した。具体的には、この数値と、1) 政府対策下での 2030 年の石炭火力からの PM<sub>2.5</sub> 排出量は発電電力量に比例して線形に減少、2) GT 戦略では線形にゼロ、3) 2024 年の石炭火力発電電力量を 60TWh、4) 2030 年の石炭火力発電電力量を政府エネ基に基づいて 1.77TWh（石炭火力割合 19%）、5) 日本の人口は 1.25 億人、などの想定から、GT 戦略を実施した場合の回避死亡者数を求めた。ただし、本稿の「はじめに」でも述べたように、石炭火力発電電力量は政府想定を大幅に超える可能性が高く、石油発電や天然ガス発電による PM<sub>2.5</sub> 排出量は考慮していない。ガソリン自動車やアンモニア発電などによる PM<sub>2.5</sub> 排出量も考慮していない。したがって、過小計算だと言いうる。



一方、政府 GX では、水素・アンモニア混焼や、炭素回収・貯留 (CCS)、次世代型原発などの、現時点において技術的に未確立で経済合理性が乏しいために普及上の優先順位が低く、結果的に現状の原発・化石燃料に依存した電力システム維持につながってしまう分野にも多額の官民投資が実施される。これらは限られた国民資産の効率的な活用とは言い難い。逆に、下記のように、資金およびリソースの非効率的な分散という意味で、脱炭素を遅らせるだけでなく、エネルギーコスト上昇や国富流出を招く。

表 1 は、GT 戦略と現行の政府案である政府 GX (第 6 次エネ基および GX 実行計画) との比較を示す。

表 1 GT 戦略と政府 GX (第 6 次エネ基および GX 実行計画) との比較

	GT 戦略				政府 GX	
	2030 年	2035 年	2040 年	2050 年	2030 年 (現在の政府目標値)	2050 年
再生可能エネルギー 発電比率	58%	80%	100%	100%	36～38%	主力電源?
原子力発電比率	ゼロ	ゼロ	ゼロ	ゼロ	20～22%	依存?
火力発電 <sup>(注 1)</sup>	42% LNG 火力 (石炭火力ゼロ)	20%	ゼロ	ゼロ	LNG 火力、 石炭火力	LNG 火力、 石炭火力、 CCS/CCU
電力消費量 (2013 年比)	-31%	-31%	-31%	-28% <sup>(注 2)</sup>	-13%	?
最終エネルギー消費量 (2013 年比)	-50%	-58%	-66%	-約 70%	-23%	?
化石燃料輸入額	10.4 兆円	7 兆円	2.5 兆円	ゼロ	14.5 兆円 <sup>(注 3)</sup>	?
エネルギー支出額 <sup>(注 4)</sup>	30 兆円	26 兆円	21 兆円	約 17 兆円	45 兆円 <sup>(注 3)</sup>	?
エネルギー起源 CO <sub>2</sub> (2013 年比)	-71%	-81%	-90% 以上	-90% 以上 (既存技術のみ)、 -100% (新技術を想定)	-45%	?

注 1: 火力発電の割合は同じだが、GT 戦略は政府 GX より省エネが進んでいるので火力発電量は政府より 20% 以上小さい。後述の政府対策未達ケースと比較すると、LNG のみ残す GT ケースと、石炭も LNG も残す政府対策未達ケースでは LNG 火力発電量はほとんど変わらない。

注 2: 新技術対策適用前の数値で、この場合では CO<sub>2</sub> 排出は 98% 削減となる。残りの 2% を再エネ電力からの水素・合成燃料作成による産業高温熱と船舶航空燃料の置き換えなどの新技術で削減した場合、2050 年の電力消費量は 2013 年レベルまで上がる可能性がある。

注 3: 政府は公表していないため、筆者らによる推計値。

注 4: 最終エネルギー消費に対する支出額。

すなわち、2020 年 12 月に発表された「2050 年カーボン・ニュートラルに伴うグリーン成長戦略」および 2023 年 2 月に発表された政府の GX 基本方針を見る限り、政府 GX は、実用化されておらず、実用化の可能性もはっきりしない新技術の必要性を謳っている。しかし政府は、それらの研究開発に対する補助金付与額を示すだけで、具体的かつ効果的な対策はほぼ先送りすることが予想される。その結果として、この表 1 が示すように、電力消費量や、最終エネルギー消費量、化石燃料輸入額、企業および家庭のエネルギー支出 (エネ支出) 額、エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出は増大し、年間で数兆円レベルの膨大な国富が無駄に海外に流出する。

一方、私たちの GT 戦略では、IEA や G7 が求めている石炭火力の 2030 年停止 (2035 年廃止) を実現する。原発に関しては、2030 年度までにゼロと想定している。そして、「2050 年カーボン・ニュートラル」に関して、エネルギー起源 CO<sub>2</sub> の 100% 排出削減のうち、90% 以上は既存の技術で、残りの 10% 未満 (主に鉄鋼業や、セメント製造業、化学工業、紙パルプ製造業、非鉄金属製造業、航空、および船舶などの分野の一部からの排出) は現時点 (2024 年 7 月) では実用化されていない技術の開発も含めて対応する。これらによって化石燃料輸入費やエネルギー支出額の大幅な削減が可能となり、国富の流出を防ぐことができる。

# 3. GT 戦略の主な前提

## 3.1 部門別の生産量および活動量

- 全体に 2021 年度起点で人口減少に比例して減少<sup>5</sup>。その場合、2035 年は 2021 年度比 8% 減。この分エネルギー消費量も自然減。
- 素材製造業は第 6 次エネ基の 2030 年度生産量をもとに 2030 年度以降は人口減少に比例して減少。
- 運輸旅客は 2021 年の減少分（コロナによる変化）を折り込み。
- 輸出分も内需と同じように減少<sup>6</sup>。

## 3.2 2035 年までの主な対策

表 2 GT 戦略における主な対策

	省エネ	再エネ・燃料転換
電力	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 旧型火力、石炭火力から廃止</li> <li>• 電力消費量を 2035 年に 2013 年比約 30% 削減（熱利用・運輸燃料からの電力シフトを含む）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2030 年再エネ 58%、原発ゼロ、石炭火力ゼロ（停止）</li> <li>• 2035 年再エネ 80%、石炭火力全面廃止</li> </ul>
産業	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 優良工場レベル（注）の省エネを全体で実施（設備更新と改修）</li> <li>• リサイクル化（電炉鉄が 2030 年 50%、2035 年 60%）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 農業などの一部に再エネ熱利用</li> </ul>
業務	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 更新時に省エネ機器（2035 年に多くが更新）</li> <li>• 新築時に断熱建築（2035 年までの更新は約 50%）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 暖房・給湯の一部に再エネ熱利用</li> </ul>
家庭	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 更新時に省エネ機器（2035 年に多くが更新）</li> <li>• 新築時に断熱建築（2035 年までの更新は約 40%）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 暖房・給湯の一部に再エネ熱利用</li> </ul>
運輸	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 更新時に省エネ車、電気自動車普及。2035 年の電気自動車の保有車割合は乗用車 40%、バス 20%、トラック 15%</li> <li>• 2035 年に乗用車は化石燃料車販売禁止（ハイブリッドも禁止）</li> </ul>	

注：優良工場レベルとは、省エネ法の下で同業種の工場におけるエネルギー効率の大きさが偏差値 60 程度（上位 16% 程度）である工場のレベルを示す。

## 3.3 エネルギー価格、再エネ価格、化石燃料輸入量、エネルギー支出額

政府 GX のもとでの 2030 年の化石燃料輸入量およびエネルギー支出額は、政府の長期エネルギー需給見通し（経済産業省 2021）にある政府対策シナリオなどから推算した。エネルギー支出額は、IEA のエネルギー価格見通し（IEA 2022a）を参考に各時点の各種エネルギー価格を想定し、シナリオごとの各種エネルギー消費量を乗じて総計した。

なお、本レポートにおける様々な数値の計算方法の詳細については「レポート 2030」を参照のこと。

5 人口数の推移は社会保障人口問題研究所試算による。

6 これについては議論があり、定性的には新興国での現地生産の拡大により、輸出量がさらに減少する可能性がある。WWF による 2050 年シナリオ試算（システム技術研究所 2013）などではこうした前提が採用されている。

# 4. GT 戦略の結果

## 4.1 エネルギー消費量

### 各分野のエネルギー消費量

図1は、各分野のエネルギー消費量（部門別）、図2は各分野のエネルギー消費量（用途別）をそれぞれ示す。

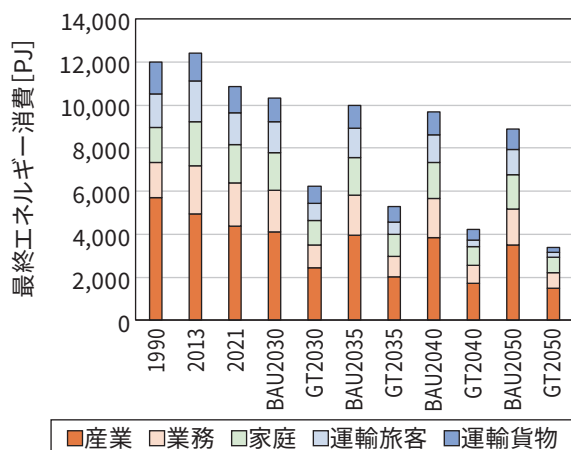


図1 エネルギー消費量 (部門別)

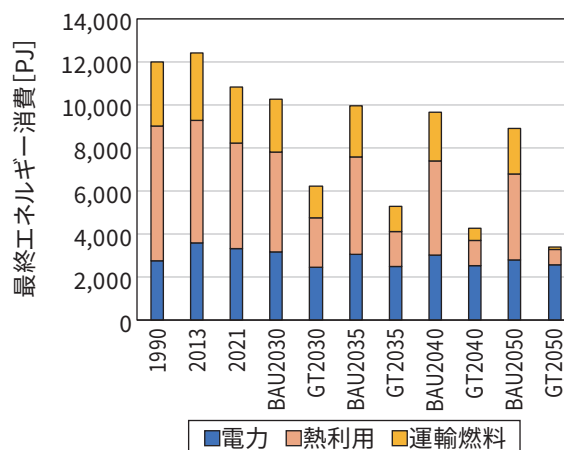


図2 エネルギー消費量 (用途別)

BAU (対策なしケース) は、2021年のエネルギー消費原単位およびCO<sub>2</sub>排出原単位は一定のまま、2030年までは政府の長期エネルギー需給見通し(経済産業省2021)と同じように生産量やエネルギー消費量に変化し、それに比例してエネルギー消費量およびCO<sub>2</sub>排出量が変化すると想定している。また、2030年以降は、原単位は変わらず、人口減少などを考慮して生産量やエネルギー消費量に変化すると想定している。

この図1および図2が示すように、GT戦略においては、最終エネルギー消費は2035年に2013年比58%削減、2050年に73%削減になる。用途別では電力消費量が2035年も2050年も30%程度の削減にとどまるのに対し、熱利用と運輸燃料の消費量は2030年約60%削減、2035年約70%削減、2050年約90%削減になる。

## 4.2 投資額、エネルギー支出削減額、CO<sub>2</sub> 排出削減量

### 設備投資額

表3は、GT戦略の場合の省エネと再エネをあわせた単年度の設備投資額を示す。この表3が示すように、設備投資額は今後も大きくは変わらない。理由は、省エネはこの10年で投資を集中し、再エネへの設備投資は設備量が増加する一方で単価は低減するためである。

表3 設備投資額(全体)

	単年度総額(兆円/年)	累積総額(兆円)
2030年度	21	153
2035年度	20	258
2040年度	25	379
2050年度	24	624

注：累積総額は2024年以降で計算。

## エネルギー供給分野投資額 (2024 ~ 2035 年度)

表 4 は、再エネ供給分野における各発電エネルギー技術の設備投資額などを示す。ただし、BAU でおのずと建設されるはずのものも含まれている。

表 4 エネルギー供給分野設備投資・運転維持費・燃料費額 (2024 年度～2035 年度、累計億円)

種類		設備投資額	運転維持費、燃料費	経費合計
太陽光	屋根置き太陽光	62,900	19,000	81,800
	事業系太陽光とソーラーシェアリング	121,600	60,000	181,500
風力	陸上風力	128,800	40,100	168,900
	洋上風力	271,100	31,400	302,500
水力	大規模水力	20,400	30,700	51,100
	中小規模水力	11,900	13,000	24,900
地熱	大規模地熱発電	7,600	4,200	11,900
	中小規模地熱発電、温泉熱発電	2,900	2,000	4,800
バイオマス		8,300	69,600	77,900
廃棄物		400	3,900	4,300
合計		635,900	273,900	909,800

注：設備投資費は 2024 年以降設置の発電所分のみ。運転維持費はそれ以前に設置の発電所分を含む。四捨五入のため合計の合わないところがある。

再エネ投資額 (再エネ発電所設備投資額) は発電種類ごとに積み上げ計算している。また、導入設備容量は 2030 年までは 7 年まとめて、その後も基本的に 5 年ごとにまとめて、各年の導入量は均等にしている。設備単価は日本においては現状では国際再生可能エネルギー機関 (IRENA) が示している国際価格 (IRENA 2023) よりも格段に高いものの<sup>7</sup>、今後、しだいにこの国際価格に収斂するものとする (事業用太陽光と陸上風力は 2030 年までに、洋上風力は 2035 年までに、2022 年の国際価格まで低下)。

なお、バイオマスの燃焼による発電の GHG 排出はゼロ (カーボンニュートラル) ではない。バイオマス発電の GHG 排出量を他の発電エネルギー技術による GHG 排出量と比較すると、バイオマス発電施設では、熱利用を中心としていない場合、利用エネルギーあたりで化石燃料火力発電、場合によっては石炭火力発電を上回る排出になる (石炭へのバイオマス混焼は、石炭火力より排出が大きくなる)。また、海外からバイオマスを輸入する場合、現地での森林劣化、カウントされていない森林土壌からの排出があることに加え、地域住民の人権侵害や法令違反などの問題もある。したがって、バイオマスは基本的にはカスケード利用の後の残渣のみを熱利用するべきである。GT 戦略では、全体量に対する割合が小さいことなどから、とりあえず政府の想定に合わせる形でバイオマス発電の数値を 3 ~ 5% と設定し、設備容量や投資額を計算している。しかし本来は、バイオマス発電はゼロが好ましく、その場合でも、バイオマス発電を補って余りある量の太陽光や風力などによる発電は可能である。すなわち、実際に太陽光や風力などのポテンシャルも大きいので、現状で仮にバイオマス発電がゼロだとしても再エネ発電量には大きな影響は無く、バイオマスの燃焼による発電時の CO<sub>2</sub> 排出を考慮すると、CO<sub>2</sub> 排出削減量はさらに 4000 万 ~ 5000 万トンの追加的削減になる。

GT 戦略での再エネ発電設備容量推移は以下の通りである<sup>8</sup>。

7 IRENA (2022) によると、日本は世界主要国の中でも太陽光パネルの発電コストが最も高く、kW あたりシステム費用はドイツの約 2 倍、スペインやイタリアの約 3 倍である。

8 2030 年の設備容量想定は太陽光発電の接続申込検討より小さく、風力では接続申込検討の 3 分の 1 程度である。

表 5 再エネ設備容量

種類		設備容量 [GW]				
		2022	2030	2035	2040	2050
太陽光	屋根置き太陽光	14	40	50	60	80
	事業系太陽光とソーラーシェアリング	56	100	130	160	220
風力	陸上風力	5	50	63	75	100
	洋上風力	0.1	10	35	90	200
一般水力	大規模水力	22	25	25	25	25
	中小規模水力	1.4	2	3	4	6
地熱	大規模地熱発電	0.5	1	1.5	2.5	4
	中小規模地熱発電、温泉熱発電	0.05	0.2	0.3	0.7	1.6
バイオマス		5	6	6.5	7	8
(廃棄物)		1	1	1	1	1
合計		104	235	314	425	645

### 各分野の投資額、エネルギー支出削減額、CO<sub>2</sub>削減量など

表 6 は、各分野の投資額や、エネルギー支出削減額、CO<sub>2</sub>削減量などを示す。これは GT 戦略ケースと BAU ケースとの差額であり、GT 戦略をとることにより追加的に必要となる金額である。

この表 6 の分野のうち、電力・熱が供給側の再エネ等で、産業・業務・家庭・運輸は需要側の主に省エネを意味する（省エネ以外は再エネ熱利用）。

エネルギー支出削減額は以下のように計算した。各年度・各分野での省エネ対策実施による各種エネルギーの消費量減少分に、それぞれのエネルギー単価を乗じて、各分野のエネルギー支出削減額を求めた。これに、各年度・各分野の削減効果が継続する期間（耐用年数）を乗じて、累積エネルギー支出削減額とした。

具体的な省エネ投資額は、各年度・各分野のエネルギー支出削減額に、それぞれの投資回収年数を乗じて、追加的に必要となる投資額を求めた（合計約 180 兆円）。再エネ投資額（再エネ発電所設備投資額）は、前述のように発電種類ごとに積み上げ計算した。導入設備容量は 2030 年までは 7 年まとめて、それ以降は 5 年まとめて毎年均等とし、設備単価は漸減し、事業用太陽光と陸上風力は 2030 年に、洋上風力は 2035 年に、国際自然エネルギー機関（IRENA）が発表している 2022 年の国際価格（IRENA 2023）に収斂すると想定した。

このような投資が今後 12 年にわたり随時実施されてゆくと考え、累積約 258 兆円、毎年の投資額は約 22 兆円（インフラや財政支出を含む）とした。雇用創出数は、投資額から産業連関分析を用いて計算した（直接効果+第 1 次間接波及効果<sup>9</sup>を考慮）。各分野とも、耐用年数が過ぎた後は、設備更新の際に、省エネ型設備と非省エネ型の設備との価格差がゼロになり、それ以降はおのずと省エネ型設備が購入されるものと想定している。

9 第 1 次間接波及効果は、直接効果によって生産が増加した産業で必要となる原材料等を満たすために、新たに発生する生産誘発のことである。新たな生産が起り、その原材料等から発生する経済波及効果と言える。

表 6 各分野の投資額、エネルギー支出削減額、CO<sub>2</sub>削減量など(2024年度～2035年度)

分野	種類	2035年までの投資額 [兆円]	民間投資・ 財政支出 割合	2050年までの 累積エネ支出 削減額 [兆円]	2035年までの 雇用創出数 [万人・年]	投資額あたり 雇用創出数 [人年/億円]	2035年の CO <sub>2</sub> 削減量 [Mt-CO <sub>2</sub> ]
電力・熱	1. 再エネ発電所	63.6	主に民間	139.3	915	14.4	364
	2. 送電網、配電網	25.0	主に財政		418	16.7	
	3. 熱供給網	11.2	主に財政	17.6	187	16.6	41
産業	4. 素材製造業の電力、熱利用関係	20.1	主に民間	69.0	241	12.0	88
	5. 非素材製造業の電力、熱利用関係	13.0	主に民間	63.5	174	13.4	25
業務	6. 電力、主に機械設備	17.2	主に民間	80.1	186	10.8	9
	7. 熱、主に断熱建築、ゼロエミッションビル	12.4	主に民間	42.0	168	13.6	36
家庭	8. 電力、主に家電、機器	6.2	主に民間	31.7	77	12.4	5
	9a. 熱、主に断熱建築、ゼロエミッションハウス	22.7	主に民間	58.1	341	15.0	32
	9b. 熱、主に断熱建築、ゼロエミッションハウス(公営住宅)	2.5	主に財政	6.5	38	15.0	4
運輸	10. 乗用車、タクシー、バスの電氣化・燃費改善	21.6	主に民間	154.4	282	13.0	54
	11. トラック電氣化、燃費改善	6.9	主に民間	24.7	102	14.8	25
	12. 鉄道、船舶、航空の高効率化	1.1	主に民間	4.0	14	12.3	6
	13. 運輸インフラ	11.2	主に財政		193	17.2	
小計		234.8		690.7	3,335	14.2	688
	うち財政支出	44.7		24.0	749	16.7	45
	14. 専門家支援・人材育成	16.9	主に財政		320	18.9	
	15. 労働力の円滑な移行	6.5	主に財政		121	18.5	
小計		23.4	主に財政		440	18.8	
合計		258.2		690.7	3,775	14.6	688
	うち財政支出	68.1		24.0	1,189	17.5	45

## エネルギー支出額の推移

図3は、GT戦略を実施した場合の2050年までの総額としてのエネルギー支出額の推移を示す。

注：2022年度は化石燃料価格高騰の影響が出ている。なお、2022年度の化石燃料代は2022年度の消費量速報値に2022年の価格を反映して計算している。

図3 エネルギー支出額合計

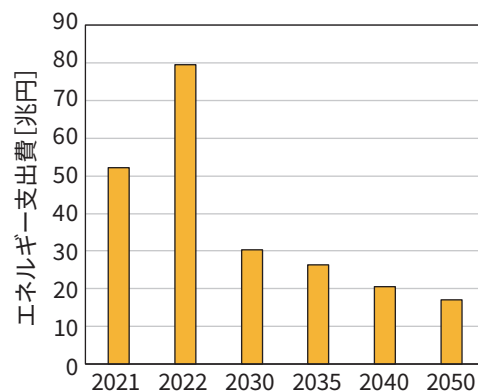


図4は、GT戦略を実施した場合の2035年のエネルギー支出額の内訳(化石燃料などの支出および再エネの支出)の推移を示す。

図3および図4より、GT戦略では、国内エネルギー支出額は2021年の約50兆円から、2035年には26兆円に減少、2050年に20兆円以下に減少する。またその支払先は、2021年には約9割が化石燃料と化石燃料起源の電力と熱利用、原子力であるが、GT戦略により2035年にほぼ半分が再エネに変わり、支払先も国内に変わる。これによって国富の流出が回避できる。

図4 エネルギー支出額(光熱費)の内訳の推移

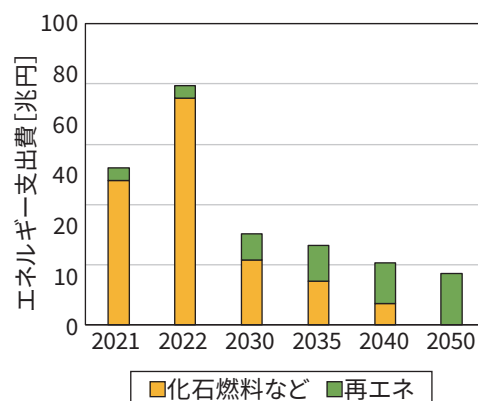
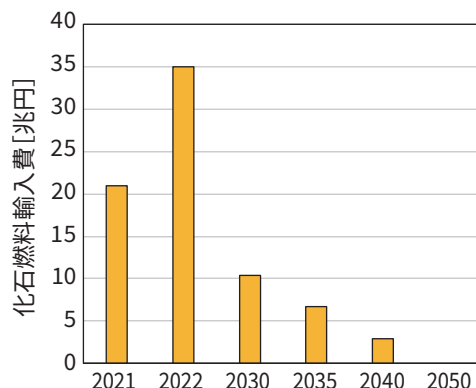


図5は、GT戦略を実施した場合の2035年の化石燃料輸入金額の推移を示し、GT戦略のもとでは国富の流出が大幅に回避され、国内で資金が回ることがわかる。

注：2021年度、2022年度は貿易統計の数値を用いている。2022年度は化石燃料価格高騰の影響が出ている。

図5 GT戦略における2050年までの化石燃料輸入金額

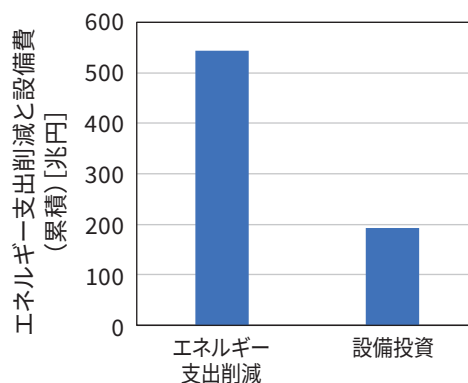


## エネルギー支出額と投資額との比較

図6は、2035年までに行われた再エネ・省エネ投資の累積額と、それらの投資による省エネの効果が続く2045年のエネルギー支出削減額（累積額）の比較を示す（その後の更新分は、追加費用なしに省エネ型の設備等が利用可能と想定する）。この図6が示すように、エネルギー支出削減額は再エネ・省エネの設備投資額よりもはるかに大きい。これはGT戦略が大きな経済合理性を持つことを意味する。

注：この図6の設備投資は、本稿表6の2035年のCO<sub>2</sub>削減量の設定がないもの（送電網の整備や専門家支援・人材育成）を除いた数値。

図6 エネルギー支出削減額と設備投資額



## CO<sub>2</sub>排出削減量の推移および内訳

図7は、GT戦略を実施した場合と対策なしの場合の分野別のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量の推移、図8は、GT戦略を実施した場合の技術別のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量の推移をそれぞれ示している。

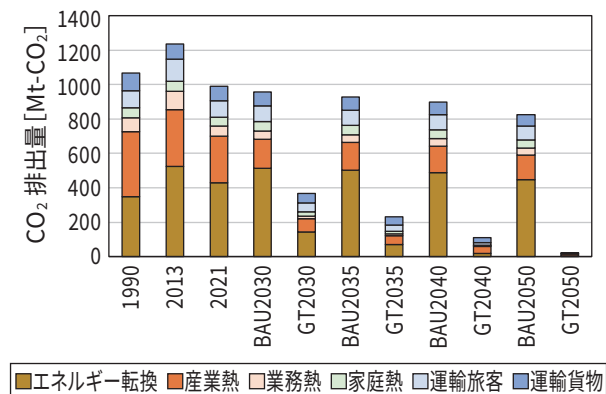


図7 エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量の比較

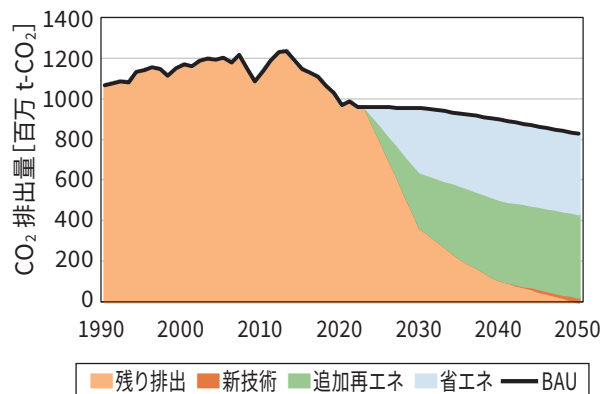


図8 GT戦略におけるエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量削減の内訳

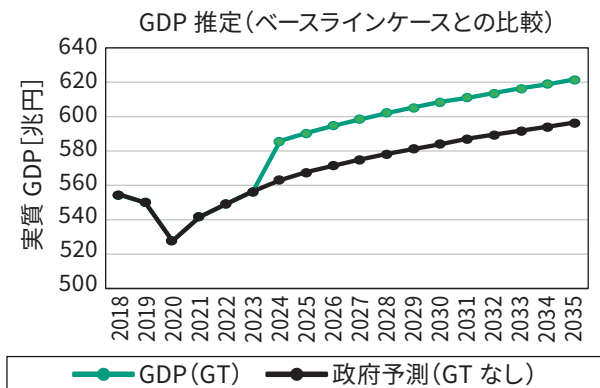
この図7および図8が示すように、2030年にエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量を2013年比71%削減（1990年比66%削減、2019年比65%削減）し、2035年に2013年比81%削減（1990年比79%削減、2019年比78%削減）することが可能となる。また、2050年においては、既存技術普及で2013年比90%以上削減可能であり、新技術対策による削減は残りの10%未満である。この既存技術のみでは削減が難しい分野（船舶・航空燃料と、鉄鋼などの素材産業高温熱利用）に、現時点ではまだ実用化されていない新技術（素材製造の高温熱への再エネ水素利用や再エネ由来の船舶航空燃料など）の実用化を想定すると100%減（ゼロエミッション）が可能となる。なお、ここでのBAU

は原単位固定で 2030 年までは政府長期エネルギー需給見通し（経済産業省 2022）に沿って、その後は人口減少に比例して活動量が推移した場合である。

### 4.3 GDP 押し上げ効果

図 8 は、2035 年までに GT 戦略を実施した場合と実施しない場合の付加価値 (GDP) 変化を示す<sup>10</sup>。

図 8 GT 戦略を実施した場合の 2035 年までの付加価値 (GDP) 増加額



この図 8 が示しているように、2035 年までに GT 戦略を実施した場合は、実施しない場合よりも、経済効果として国全体の付加価値 (GDP) が 2035 年までに累積で 288 兆円増加する。

なお、付加価値の計算方法は以下の通りである。まず、GT 戦略を実施した場合の付加価値は、「政府試算 GDP」+「GT 戦略投資効果」-「エネルギー支出減少額」+「エネルギー消費シフト効果」+「投資シフト効果」+「化石燃料輸入減少額」-「再エネ機器の輸入」とした。GT 投資効果は、設備投資額を 2024 年から毎年計上した。化石燃料輸入減少額は、BAU ケースと対策ケースの化石燃料輸入額の差である。エネルギー支出減少額は BAU ケースと対策ケースの国内エネルギー支出額の差である。エネルギー消費シフト効果はエネルギー支出額減少分が消費に回る効果で限界消費性向を 0.7 として試算した。投資シフトは計上していない。再エネ機器の輸入は、再エネ投資の設備費 (工事費を含む) のうち太陽光パネルおよび風力発電機の割合を調達価格算定委員会報告 (経済産業省 2024b) より求め、太陽光パネルの輸入品割合を 90%<sup>11</sup>、風力発電機の輸入品割合を 100%としてその総額を求め、輸入価格はその 70% と想定して求めた。

### 4.4 電源構成および電力価格

#### 電源構成

表 7 は、GT 戦略を実施した場合と政府 GX での政策シナリオの電源構成を示す。

表 7 電源構成

電源構成	GT 戦略			政府 GX		
	2030	2035	2050	2030	2035	2050
原発	0%	0%	0%	21%	18%	10%
石炭	0%	0%	0%	19%	19%	16%
石油	0%	0%	0%	2%	1%	0%
LNG	42%	20%	0%	20%	22%	21%
水素アンモニア	0%	0%	0%	1%	5%	11%
再エネ	58%	80%	100%	37%	38%	40%
電力消費量 (2013 年比)	-31%	-31%	-28%	-9%	0%	+30%
火力発電量 (2013 年比)	-66%	-84%	-100%	-56%	-48%	-18%

注：GX 戦略の 2030 年以降の割合は未発表のため筆者らの推定。

10 2018-19 年 GDP 実績は下記参照。

[https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data\\_list/sokuhou/files/2020/qe203\\_2/gdemenuja.html](https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/sokuhou/files/2020/qe203_2/gdemenuja.html)

また、GDP の政府予測「中長期の経済財政に関する試算 (ベースラインケース)」は下記参照。

<https://www5.cao.go.jp/keizai3/econome/r2chuuchouki7.pdf>

11 太陽光発電協会出荷統計 <https://www.jpea.gr.jp/document/figure/>



## 電力価格

図9および図10は、GT戦略と現行政府案を比較した場合の発電コスト(単価)および発電コスト(総額)の推移をそれぞれ示す。

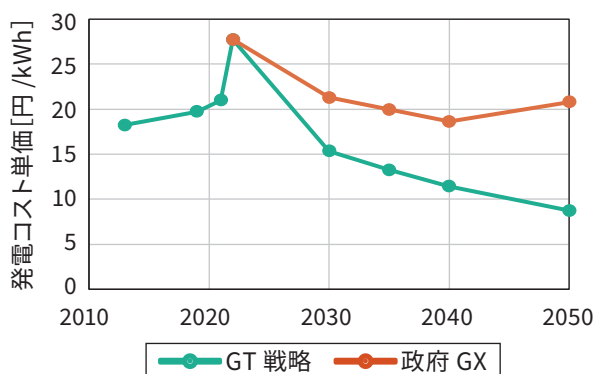


図9 GT戦略と政府GXとの発電コスト比較(発電コスト単価)

注1: 2040年以降に政府GXの価格が上昇している理由のひとつとして、2040年から火力発電の化石燃料燃焼分にはすべてCCSが入ると想定していることがある(水素・アンモニア混焼は2030年から徐々に導入されると想定している)。ここでは、CCSのコストは9.8円/kWh(12000円/t-CO<sub>2</sub>)としている。根拠は、経済産業省の報告書(経済産業省2018)である「CCSを取り巻く状況」(CCSの実証および調査事業のあり方に向けた有識者検討会、平成30年6月11日)のp.10で、「2007年に試算された船舶による輸送コスト約4,000円/トンを上記に加算すると、CCSコスト(船舶輸送を含む)は9.8円/kWhとなる(計算は、11.3円/kg(7.3+4.0)×0.864kg/kWh(石炭火力の排出係数)=9.8円/kWh(CCSコスト(船舶輸送を含む)))」から。

注2: 政府の2050年発電想定として、政府の総合エネルギー資源調査会基本政策分科会で発表された地球環境産業技術研究機構(RITE)の「2050年カーボンニュートラルのシナリオ分析」などに基づいて設備容量は原発30GW(全て新設またはリプレース、GWは100万kWを意味する。)、石炭50GW、LNG80GW、水素アンモニア火力40GW(前述の石炭、LNGの外数)と推定し、発電量割合は、再エネ40%、原発11%、火力48%(石炭火力16%、LNG火力22%、水素アンモニア発電11%(四捨五入のため合計があわない))と推定してそれぞれ試算した。

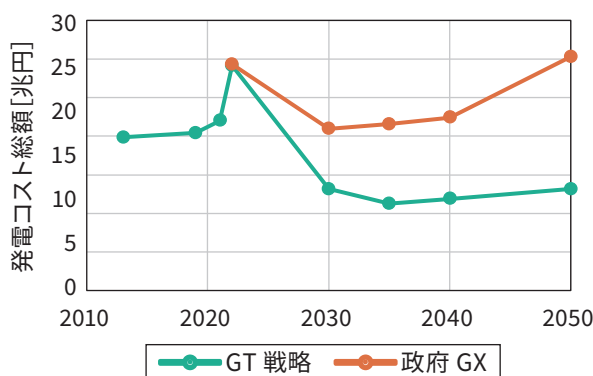


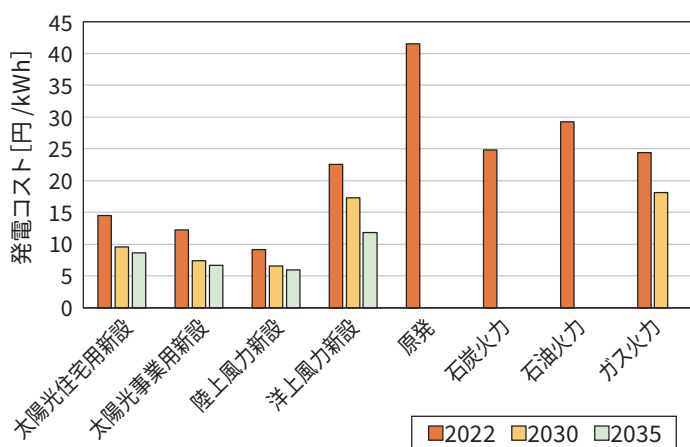
図10 GT戦略と政府GXとの発電コスト比較(発電コスト総額)

図9および図10が示すように、GT戦略を実施した場合、化石燃料費低減によって2030年の発電コスト総額も発電コスト単価も政府GXより低くなる。政府GXでは発電量も増加、化石燃料依存と原発依存を継続し、単価が高く環境負荷の大きいエネルギーに依存するため、発電コスト総額も発電単価も増加する。

なお、図11で詳しく示しているように、再エネの場合は各発電エネルギー技術の均等化発電原価(LCOE:建設費や運転維持費・燃料費など発電に必要なコストと利潤などを合計して、運転期間中の想定発電量をもとに算出する標準的な発電コスト比較のための指標)、原発と化石燃料の場合は既設・減価償却前のコストなどをそれぞれ用いて計算している。また、再エネ単価のうち、太陽光と陸上風力は、普及によるコストダウンの結果、2030年に2022年の国際価格(IRENA2023)に、洋上風力は2035年に2022年の国際価格(IRENA2023)に収束すると想定した。さらに、火力発電用の化石燃料の価格は、IEA(国際エネルギー機関)の世界エネルギー見通し2022年版(WEO2022)の日本の輸入価格の将来見通しを用いた。

図 11 本研究で用いた発電コスト

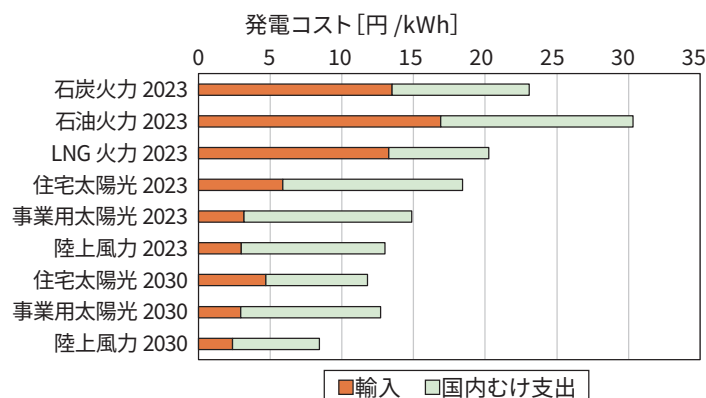
注：この図 11 の再エネは均等化発電コスト (LCOE) を示している。一方、政府 GX で再稼働・運転延長と新設の両方が想定されている原発は、1) 資本費、設備容量、実際の稼働開始時期、実際の設備利用率、追加的安全対策費を考慮したコスト (社会的費用の事故リスク対応費用および核燃料税は含むものの、政策経費を含まない)、2) 東電の公表資料 (2023 年の規制料金値上げ申請書類) で明らかになった実際の運転コスト、などを個別の発電所毎に考慮して原発全体の発電コストを各年毎に設定し、それを図 9 および図 10 の発電コスト全体の計算に用いている (再エネの場合も、再エネ設備



の設備容量、稼働開始時期、設備利用率を考慮して各年毎に発電コストを求めて、それを図 9 および図 10 の発電コスト全体の計算に用いている)。図 11 には、原発の代表的な発電コストとして 41.51 円 /kWh を示したが、これは東電の公表資料 (2023 年の規制料金値上げ申請書類) に基づいている。すなわち、東電資料によると、再稼働する原発 2 基で年間 119 億 kWh の電力を発電し、費用の総額は 4940 億円になっているので、発電コスト (運転コスト) は  $4940 \div 119 = 41.51$  円 /kWh と計算できる。ただしこれは一部稼働した場合であり、全機停止している現状は、資本費、運転維持費がかかる一方で発電量はゼロで発電コストは無量大ということになる。なお、現状の日本における原発の実際の設備容量、稼働時間、設備利用率、追加安全対策費などを考慮すると、資本費を考慮しなくても原発の発電コストは 41.51 円 /kWh 以上となる場合がある (資本費を考慮すると毎年の発電コストはもっと高くなっている)。例えば、GT シナリオにおいては、原発の設備容量は 2024 年まで現状維持 (動かない原発も維持) で 2024 年から 2030 年まで線形で減少、設備利用率は 2023 年以降線形で減少と想定しており、発電量もそれに依りてほぼ線形で減少する。その場合、年ごとの発電コストは 2023 年が 84 円 /kWh で 2012 年以降では最も安く、2024 年は 97 円 /kWh となり、2029 年は 556 円 /kWh まで上がり、2030 年に全部廃炉会計に回るためゼロとなる。一方、政府 GX シナリオでは原発の設備容量も設備利用率も上がる想定なので、発電コストは GT シナリオよりも小さくなる。具体的には、政府 GX シナリオでは、2023 年の原発の発電コストは 68 円 /kWh であり、その後線形に近い形で設備利用率が高くなっているため、新設を想定しても 2030 年以降は原発の発電コストは 37 円 /kWh となる。しかし、単価は安くなっても原発の発電コスト総額は合計 6 ~ 7 兆円 (年間) になる。火力発電の場合は、基本的に運転コスト (運転維持費と燃料費) であるものの、2013 年以降の新設および水素・アンモニア混焼の場合は資本費を入れている。資本費、運転維持費は基本的に経済産業省総合資源エネルギー調査会発電コスト検証 WG レビューシートによる。燃料費は 2022 年度については財務省貿易統計の輸入価格を用いて計算、2030 年以降は IEA の世界エネルギー見通しの日本の輸入単価の増減を見込んだ。発電効率は経済産業省総合エネルギー統計時系列表の発電量と投入量より求めた。設備利用率は 2022 年に石炭火力 64%、石油火力 37%、LNG 火力 48%、2030 年には LNG 火力 48% としている。なお、この計算では、社会的費用である炭素税 (総合資源エネルギー調査会発電コスト検証 WG のレビューシートでは石炭火力が約 5.3 円 /kWh、石油火力が約 4.7 円 /kWh、ガス火力が 2022 年約 2.4 円 /kWh、2030 年約 3 円 /kWh) は含めていない。以上のような想定のもとでは、図 9 および図 10 で示したように、2030 年の発電コスト全体は GT シナリオの方が政府 GX シナリオよりも小さくなる。なお、IEA (2022b) も米エネルギー情報局の発電コスト比較である USEIA (2023) および USEIA (2022) も、原発新設の発電コストは再エネ新設の発電コストの数倍としており、IEA (2022b) では、原発の運転コストが再エネ新設 + 蓄電池新設の発電コストと同等になりつつあることを示している。また、現在、フランスやスペインでは、再エネ普及によって電力の卸売市場価格が下がっているために、原発事業者が原発の出力を低下させたり、稼働を停止したりしている。

図 12 発電コストの輸出入内訳

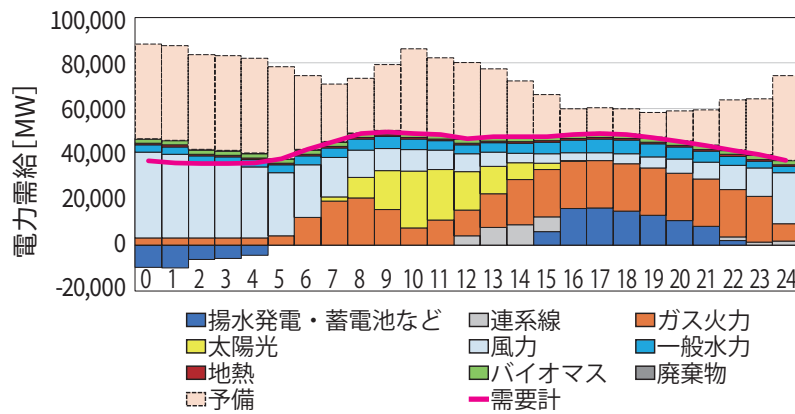
注：太陽光パネル、風力発電の風車・タワーの設備費 (工事費を含むシステム費用 + 土地造成費 + 接続費) の割合は調達価格等算定委員会報告の 2023 年設置分より計算。2023 年輸入割合 (これまでの累積) は現状 (太陽光は単年度で 93%、風力は国内工場がすべて消失したので 100%) より 10% 程度小さく見積もった。火力は燃料費 (財務省貿易統計) をすべて輸入とみなした (発電コスト全体は経産省の総合資源エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループのレビューシートを用いて計算した)。なお、IRENA (2022) においても、日本における太陽光発電の設置費用全体の中でパネル購入費用の占める割合が 2.5 割程度であることが示されている。



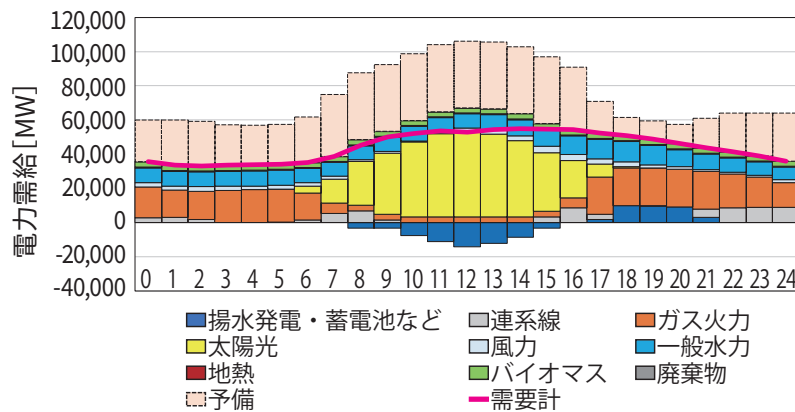
## 4.5 電力需給バランス(安定供給)の検証

どのようなシナリオにおいても電力需給バランスの安定性は重要である。気象条件などによって出力が変動する風力・太陽光発電(以下では、風力・太陽光)と、同じく変動する需要とを、様々な柔軟性対策でバランスさせることが課題である。したがって、私たちは、竹濱・歌川(2019)を参考にしながら、GT戦略における再エネと省エネの想定導入量のもと、1) 日本全体、2) 東日本と西日本の電力管区、3) 大手9電力各管区の3つの場合において、風力・太陽光を大量に電力網に連系し、かつ、原子力と石炭火力を削減する場合について、2035年の電力需給バランスを推計した。特に、過去7年間において、残余需要<sup>12</sup>が最大の日および太陽光・風力の供給が最小の日に注目し、そのような状況での需給バランスを明らかにした。同時に、供給不足になった場合の対応策としての柔軟性手段について具体的なオプションを各電力管区に対して検討した。

図13は、GT戦略の場合の2035年電力需給(需給が最も厳しい日)を示す。



(a) 東日本(冬季)



(b) 中西日本(夏季)

図13 GT戦略の2035年電力需給(需給が最も厳しい日、残余需要最大日)

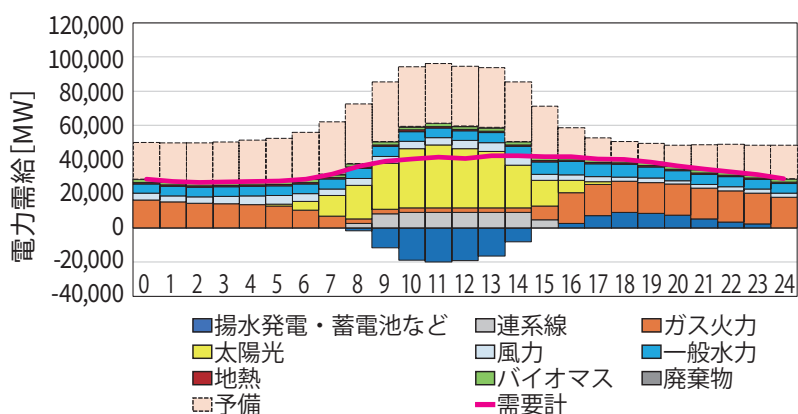
この図13は、送電統計が公表されている過去7年間(2016~2022年)実績で、東日本と中西日本<sup>13</sup>でそれぞれ需給が最も厳しい日(残余需要が最大の日)をモデル日としてシミュレーションしたもので、折れ線グラフが需要

12 ここでは「残余需要」を、太陽光や風力、水力、バイオマス、地熱などの再エネで満たせない電力需要、すなわち火力発電や原子力、揚水発電、地域間連系線などに対する電力需要として定義している。

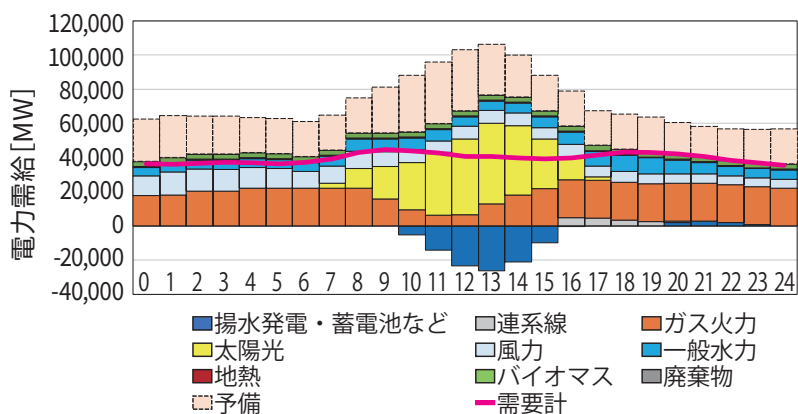
13 「東日本」は北海道、東北、東京電力エリア(周波数50Hzエリア)、「中西日本」は北陸、中部、関西、中国、四国、九州電力エリア(周波数60Hzエリア)である。

の総計（需要計）、積み上げ棒グラフが供給である。連系線（薄い灰色）は管区外（域外）への融通、余剰設備（火力と揚水。図ではうすだいい色で「予備」という項目）は、この時刻は稼働していない分の火力発電と揚水発電の設備容量である。東日本は冬季、中西日本は夏季に残余需要が最大となるが、最も厳しい時間帯でも需要の18%以上の余剰設備があり、加えてデマンドレスポンス<sup>14</sup>対策も可能であり、いずれも十分な供給能力の余裕があることを示している。

図14は、東日本と西日本で太陽光と風力の出力合計が最小の日をモデル日としてシミュレーションしたものである。上記と逆に、東日本は夏季、中西日本は冬季で出力最小の日をとりあげた。最も厳しい夕方時間帯でも需要の18%以上の余剰設備があり、加えてデマンドレスポンス対策も可能であり、十分な供給能力の余裕があることを示している。



(a)東日本（夏季）



(b)西日本（冬季）

図14 GT戦略の2035年電力需給（太陽光、風力の出力が最小の日）

シミュレーションの結論として、エネルギー転換途中の2035年の需給では、本稿で示したように、東日本3電力（50Hz領域）と中西日本6電力（60Hz領域）で、共に供給能力の余裕を十分に確保できる。

大手9電力会社（沖縄電力を除く）の電力管区別にみると、多くの電力管区で2035年に単独で供給能力の余裕を十分に確保できる。

14 電気の需要（消費）と供給（発電）のバランスをとるために、需要家側の電力を制御すること。

## 4.6 雇用創出および雇用喪失

日本でのエネルギー転換に伴う雇用の転換を議論する際には、まず現状の各産業の雇用状況の正確な把握が不可欠である。次に、エネルギー転換で新規に創出される雇用などと比較する必要がある。同時に、世界の趨勢やビジネス環境の変化に対する考慮も必要である。

表 8 は、エネルギー転換で何らかの経済的な影響を受ける可能性がある 6 大 CO<sub>2</sub> 排出産業（電気業、鉄鋼業、セメント製造業、化学工業、石油精製業、紙製造業）<sup>15</sup> の 2021 年度における雇用と付加価値を示している。

表 8 エネルギー転換で影響を受ける 6 大 CO<sub>2</sub> 排出産業の雇用と付加価値 (2021 年度)

産業分野名	従業者数	就業者割合	付加価値額	GDP 割合	備考
	人		百万円		
<b>電気業</b>					この他に本社などの雇用がある。送電部門、配電・小売部門については、需要はなくなるため、大きな雇用減にはつながらないと考えられる。
石炭火力発電所	4,059	0.006%	699,000	0.13%	
石油火力発電所	2,818	0.004%	78,000	0.014%	
天然ガス火力発電所	7,601	0.011%	827,000	0.15%	
その他					
<b>石油精製業</b>	12,596	0.02%	1,418,847	0.26%	
<b>鉄鋼業</b>					
高炉製鉄業	35,509	0.05%	1,185,823	0.22%	
<b>化学工業</b>					
無機化学工業製品製造業					
ソーダ工業	2,686	0.004%	28,156	0.005%	
有機化学工業製品製造業					
石油化学系基礎製品製造業	4,842	0.007%	206,175	0.04%	
脂肪族系中間物製造業	14,498	0.02%	658,104	0.12%	
環式中間物・合成染料・有機顔料製造業	14,968	0.02%	428,445	0.08%	
プラスチック製造業	37,179	0.05%	1,157,605	0.21%	
<b>窯業土石製品製造業</b>					
セメント製造業	5,307	0.008%	88,503	0.02%	
<b>パルプ・紙・紙加工品製造業</b>					
パルプ製造業	2,142	0.003%	20,741	0.004%	
紙製造業					
洋紙・機械すき和紙製造業	20,934	0.03%	412,753	0.08%	
板紙製造業	8,993	0.013%	252,668	0.05%	
<b>合計</b>	<b>17.4 万人</b>	<b>0.26%</b>	<b>7.46 兆円</b>	<b>1.38%</b>	

注：この表では、直接的に影響を受ける可能性のある業種のみを示している。例えば、鉄鋼業の電炉分野などの従業者数は示していない。なお、製造業の数値は経済センサスより作成した。火力発電所の数値は、国民経済計算（付加価値）、電力広域的運営推進機関「電力供給計画 2022 年版」（設備容量）、総合資源エネルギー調査会発電コスト等検証 WG 報告書（設備容量あたり人件費）、厚生労働省「賃金構造基本統計調査」（単価）などを用いて計算した。

この表 8 が示すように、現時点での、これらの産業分野・業種の雇用数は日本全体のわずか 0.26%、付加価値も日本全体のわずか 1.38%となっており、日本でも産業の構造転換がすでに進んでいることを示している。

15 工業国である日本には 6 大 CO<sub>2</sub> 排出産業と言っている産業群が存在する。具体的には、2018 年度の日本の温室効果ガス排出量の 50% をわずか 135 の発電所と工場で排出しており、それらは電気業（発電所）、鉄鋼業、セメント製造業、化学工業、石油精製業、紙製造業の 6 業種に限られていた。また、76 発電所の排出量が日本の排出量の約 3 分の 1 を占め、その 55%（日本全体の 17%）が石炭火力発電所の排出であり、わずか 37 の石炭火力発電所がその多くを占める（気候ネットワーク 2022）。

表 9 は、現時点における原子力発電産業の雇用状況を示す。

表 9 エネルギー転換で影響を受ける可能性がある原子力発電関連の雇用状況 (2021 年)

業種		雇用者数	備考
電気業		13,146	運転保守は 5800 人。他は事務系他、広報・地域対応、放射線管理、品質保証安全管理、核燃料サイクル (5% 以下)、設計建設工事部門、調査計画管理部門、研究者となっている。運転保守と核燃料サイクル以外の仕事は継続するとみられる。
鉱工業他	合計	36,455	既設プラント対象が 21500 人。プラント新設は 1400 人。廃炉や放射性廃棄物などは 10000 人。
	建設業	10,000	
	製造業	14,400	
	うち、精密機器、電気機器	9,700	
	うち、非鉄金属、鉱業、金属製品、鉄鋼、ガラス・土石製品	4,700	
	うち、その他製造業	(わずか)	
	サービス業	6,400	
その他	340		
合計		49,601	

出典：原子力産業協会 (2023)

図 15 は、このような状況下での、日本でのエネルギー転換による雇用転換全体のイメージ図である。

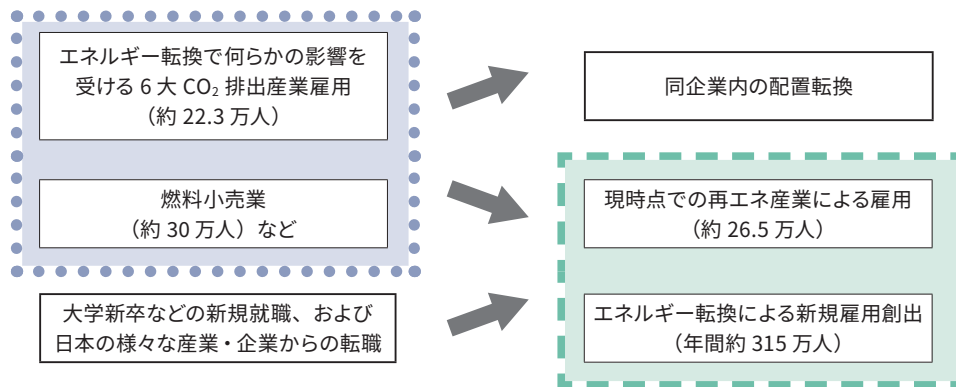


図 15 日本でのエネルギー転換による雇用転換のイメージ図

図 15 が示しているように、エネルギー転換で何らかの経済的な影響を受ける可能性がある人々は、表 8 の 6 大 CO<sub>2</sub> 排出産業約 17.4 万人と表 9 の原子力産業約 4.9 万人などである。また、エネルギー多消費産業以外で、燃料小売業 30 万人、燃料・材料卸売業 7 万人などが影響を受け、自動車部品製造業の一部も影響を受ける可能性がある。一方、新規雇用は、産業連関表で計算すると 2035 年までに年間約 315 万人の雇用が 12 年間維持する。また、国際再生可能エネルギー機関 (IRENA) は、2022 時点での世界全体の再エネ産業の従業者数は約 1370 万人 (2012 年と比べ 1.9 倍に増加) (IRENA 2023)、2019 年の日本での再エネ産業従業者数を約 26.5 万人としている (IRENA 2020)。したがって、図 15 では、これらの数字を整理した。

#### 4.7 政府施策の問題点

わたしたちの理解でも、IEA 等の国際機関の見通しでも、米国の「インフレ抑制法」や欧州の「グリーンディール」などの先進諸国のエネルギー転換政策を見ても、2050 年までの温暖化対策の大宗は、既存技術普及または改良技術普及による省エネ対策と再エネ拡大および燃料転換 (エネルギー消費量あたりの CO<sub>2</sub> 排出が小さいあるいはゼロのエネルギーへの転換、特に脱石炭) であり、2035 年までの対策は全て既存技術普及または改良技術普及といっ

てよい。また対策の多くは投資回収可能である。

再エネおよび省エネの代表的な普及政策としては、大口排出事業者・事業所へのキャップ・アンド・トレード型排出量取引制度、効率規制、炭素税などがある。政府 GX でも、政府が成長志向型と呼ぶカーボンプライシング（排出量取引および炭素税）の導入は謳われている。しかし想定されるカーボンプライスが低すぎ、求められる量の CO<sub>2</sub> 排出削減には貢献せず、エネルギーの安定供給や経済成長にもつながらない。

以下では、1) 投資分野および金額、2) GX 経済移行債、3) カーボンプライシング、4) GX 推進機構、の 4 つに焦点をあてて、政府 GX の制度的な問題点について具体的に述べる。

## 堅実な既存技術の普及を支援するインフラ投資が不足している

政府 GX では、次世代原子力や CCS などの、現時点では将来性が乏しい新技術の開発が重視されており、確立した再生可能エネルギーの普及を促進する送電網や、電気自動車の普及を促進する充電器などの、インフラへの投資が不足している。

表 10 は 2022 年 5 月に発表されたもので、現在の政府 GX の前身にあたるグリーン成長戦略（中間整理）における 2030 年時点での投資分野および金額である（経済産業省 2022）。

表 10 政府の 2022 年グリーン成長戦略における 2030 年官民投資分野および金額（年間）

分野	官民投資額	内容（投資例）	内訳（年間）
電源脱炭素化／燃料転換	約 5 兆円	再エネ	約 2.0 兆円
		水素・アンモニア	約 0.3 兆円*
		蓄電池の製造	約 0.6 兆円
製造工程の脱炭素化等	約 2 兆円	製造工程の省エネ・脱炭素化	約 1.4 兆円
		産業用ヒートポンプ、コージェネ設備等の導入	約 0.5 兆円
エンドユース	約 4 兆円	省エネ性能の高い住宅・建築物の導入	約 1.8 兆円
		次世代自動車の導入	約 1.8 兆円
インフラ整備	約 4 兆円	系統増強費用	約 0.5 兆円
		電動車用インフラ整備	約 0.2 兆円*
		デジタル社会への対応	約 3.5 兆円
研究開発等	約 2 兆円	カーボンリサイクル	約 0.5 兆円*
		カーボンニュートラルに資する製造工程の開発	約 0.1 兆円
		原子力	約 0.1 兆円*
		先進的な CCS 事業の実施	約 0.6 兆円*
合計	約 17 兆円		

注：投資例をリストアップしたものであるため、各項目を合計しても、政府が予想している 2030 年で 17 兆円（経済産業省 2022）にはならない。なお、\* 印は現時点では将来性が乏しい新技術や脱炭素に直接関係のない分野への投資が含まれると考えられる。

出典：経済産業省（2022）より作成。

この表 10 によれば、グリーン成長戦略の官民合わせた投資額は 2030 年において年間合計約 17 兆円とされている。しかし、太陽光や風力、電気自動車などの堅実な既存技術普及や改良技術普及ではなく、現時点では将来性が乏しい新技術や、今後 5 年あるいは 10 年において早急な実現が必要とされる脱炭素・エネルギー転換とは直接関係ない予算や投資と考えられるものが少なくない。それらに当てはまるものとしては、例えば水素・アンモニア関連投資が約 0.3 兆円、デジタル社会への対応が約 3.5 兆円、カーボンリサイクル（CO<sub>2</sub> 分離回収、合成メタン、合成燃料、SAF 等<sup>16</sup>）が約 0.5 兆円、原子力（革新炉等の研究開発）が約 0.1 兆円、先進的な炭素回収貯留（CCS）事業の実施が約 0.6 兆円となっており、その総額は 5 兆円程度である。

16 SAF とは Sustainable Aviation Fuel、すなわち持続可能な航空燃料を意味する。

表 11 は、翌年の 2023 年 2 月に発表された政府の GX 基本方針であり、表 10 の内容の一部が改訂されている。

表 11 政府の 2023 年 GX 基本方針による官民投資分野および金額 (年間)

	分野	官民投資額	内容	内訳
1	水素・アンモニア*	約 0.7 兆円	大規模強靱サプライチェーン構築 (27 年～稼働)	約 0.5 兆円*
			インフラ整備・既存設備投資	約 0.1 兆円*
			技術優位性確保研究開発、国内先進研究拠点整備	約 0.1 兆円*
2	蓄電池	約 0.7 兆円	蓄電池・材料の製造工場投資	約 0.4 兆円
			研究開発	約 0.3 兆円
3	鉄鋼業	約 0.3 兆円		約 0.3 兆円
4	化学産業	約 0.3 兆円		約 0.3 兆円
5	セメント産業	約 0.1 兆円	カーボンニュートラルに資する製造工程の開発	約 0.1 兆円
6	紙パルプ産業	約 0.1 兆円		約 0.1 兆円
7	自動車産業	約 3.4 兆円	電動乗用車普及	約 1.2 兆円
			電動商用車普及	約 0.3 兆円
			研究開発	約 0.9 兆円
			蓄電池製造・開発関連	約 0.7 兆円
			電動車関連インフラ	約 0.1 兆円
			カーボンリサイクル燃料	約 0.04 兆円*
			製造工程の脱炭素化	約 0.2 兆円
8	資源循環産業*	約 0.2 兆円	資源循環加速のための投資	約 0.2 兆円*
9	住宅・建築物	約 1.4 兆円		約 1.4 兆円
10	デジタル	約 1.2 兆円	脱炭素のためのデジタル投資	約 1.2 兆円
11	航空機産業	約 0.5 兆円		約 0.5 兆円
12	海事業業	約 0.3 兆円	ゼロエミッション船舶	約 0.3 兆円
13	バイオものづくり	約 0.3 兆円		約 0.3 兆円
14	再生可能エネルギー	約 2 兆円		約 2 兆円
15	次世代ネットワーク	約 1.1 兆円	系統・調整力	約 1.1 兆円
16	次世代革新炉*	約 0.1 兆円		約 0.1 兆円*
17	運輸部門	0		0
18	インフラ分野	0		0
19	カーボンリサイクル燃料*	約 0.3 兆円		約 0.3 兆円*
20	CCS*	約 0.4 兆円		約 0.4 兆円*
21	食料・農林水産業	0		0
22	地域・暮らし	0		0
	合計	約 15 兆円(注)		

注：各項目の金額を合計しても 13.4 兆円にしかならないが、政府は官民合わせて年間 15 兆円規模を想定している。  
 なお、\*印は現時点では将来性が乏しい新技術や、脱炭素に直接関係のない分野への予算や投資が含まれると考えられる。

出典：内閣官房 (2023) より作成。

表 10 と表 11 を比較すると、各項目は正確には対応していない可能性があるものの、数字が積み増された分野と減額された分野がある。先に将来性が乏しい、あるいは脱炭素との関係性が薄いとして挙げた分野のうち、水素・アンモニア関連投資は約 0.3 兆円から約 0.7 兆円に増額されている。カーボンリサイクルはカーボンリサイクル「燃料」と明記され、金額は約 0.5 兆円から 0.3 兆円と減少した。CCS も約 0.6 兆円から約 0.4 兆円と減少している。原子力(革新炉等の研究開発)は「次世代革新炉」の名前になったが金額は約 0.1 兆円のままである。表 10 で「デジタル社会への対応」(約 3.5 兆円)とされていたものは、表 11 では「脱炭素のためのデジタル投資」(約 1.2 兆円)となり、内訳は電動車関連インフラが約 0.1 兆円、次世代ネットワーク(系統・調整力)は約 1.1 兆円となっている。しかし、本稿の表 6 で示したように、GT 戦略では、送電網の拡張に対してはより大きな投資が必要としている。一方、表 10 および表 11 の中では具体的な数値は示されていないものの、政府がしばしば必



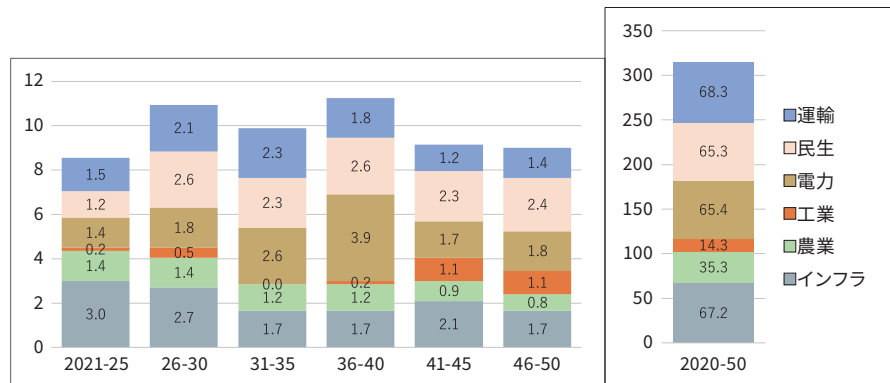
要性を主張する調整力としての火力発電への投資などは不要である。また、表 11 では運輸部門がゼロになっており、公共交通へのインフラ投資は明記されていない。

一方、「レポート 2030」およびそのアップデート版である本稿では、1) 再エネと省エネは投資回収が可能なので民間投資のみで年間約 15.8 兆円、2) 国庫支出による財政投資は送電網や熱供給、地方での公共運輸インフラ、人的インフラ構築の 4 つに対して年間約 5.7 兆円が必要、と提案している。すなわち、政府案（グリーン成長戦略約 17 兆円および GX 基本方針約 13.4 兆円）と、規模感はそれほど大きくは変わらないものの、投資の分野や内容はかなり異なり、官と民の役割分担もはっきりさせている。

さらに具体的な投資分野や数値の規模感という意味で参照できる関連研究として、コンサルティング会社のマッキンゼー日本支社が経済産業省のグリーンTRANSフォーメーション（GX）推進小委員会において、「日本の脱炭素化への道筋」というタイトルで脱炭素シナリオを発表している（マッキンゼー 2022）。内容は、2030 年から 2050 年にかけての脱炭素化目標を実現するための最もコスト効率的で費用最小となるようなエネルギー・ミックスのシナリオを、独自のエネルギー需給モデルや脱炭素技術のコストモデルを用いて計算したものである（図 16）。

図 16 マッキンゼー社のシナリオによる投資分野および金額

出典：マッキンゼー社（2022）の図などを改変。



同分析によると、1) 日本は、2030 年までは脱炭素化目標をコスト効率的に達成できる一方で、2050 年にかけてコストが増大する、2) 2030 年までは、従来技術よりもコスト優位な脱炭素化技術が多く、社会全体ではコストを下げながら脱炭素化目標を実現できる一方で、2050 年にかけては水素や CCS 等コスト高な脱炭素化技術の導入が必要であることから、社会全体ではコストが増大する、3) 欧州との比較においては、2030 年までは社会全体で同程度のコストで脱炭素化目標が達成できるが、2050 年までには欧州よりもコスト高となる。脱炭素化の実現に向けて直接排出に関わるプロセス上での追加設備投資は 2050 年までに 2.1 兆ドルとなる、などとなっている。

表 12 は、以上の 3 つのシナリオの類似点および相違点を整理したものである。

表 12 シナリオの比較

	政府 GX	GT 戦略	マッキンゼー（注 2）
今後 10 年の総投資額	約 150 兆円超 (2023 年～)	約 218 兆円 (2024 年～2033 年)	1300 億米ドル (195 兆円) (2021 年～)
年平均投資額	約 15 兆円	約 22 兆円	130 億米ドル (19.5 兆円)
財政支出（年額）	2 兆円	約 5.7 兆円	不明
再エネ投資（年額）	約 2 兆円	約 5 兆円	21 億米ドル (3.15 兆円)
省エネ投資（年額）	約 4 兆円 (注 1)	約 11 兆円	53 億米ドル (7.95 兆円)
次世代原発（年額）	0.1 兆円	ゼロ	不明
水素・アンモニア投資（年額）	約 0.7 兆円 (蓄電池製造を含む)	ゼロ	不明
CO <sub>2</sub> 削減量	不明	6 億トン CO <sub>2</sub> (2030 年)	不明

注 1：省エネに関しては経済産業省（2022）にある“エンドユース”の項目の数値を示している。

注 2：マッキンゼーの数値に関しては、マッキンゼー（2022）にある電力分野の追加設備投資を再エネ投資、工業・民生・運輸分野の追加設備投資を省エネ投資とみなした（1 ドルを 150 円と換算）。

出典：経済産業省（2022）、経済産業省（2023）、マッキンゼー（2022）、明日香ほか（2022）より筆者作成。

この表 12 からは、1) 政府 GX、GT 戦略、マッキンゼー (2022) の投資額はほぼ同じ大きさである、2) GT 戦略は、他の二つに比べて省エネへの投資額が大きく、政府に比べて再エネへの投資が大きい、3) GT 戦略は政府 GX に比較して財政支出額が大きい、4) レポート 2030 と他の二つは投資先が大きく異なる、5) GT 戦略のみが具体的な投資先ごとの CO<sub>2</sub> 排出削減量を明らかにしている、などがわかる。

すなわち、政府 GX の年間投資額 15 兆円に対して、GT 戦略の年間投資額は約 22 兆円であり、7 兆円しか変わらないものの、その分野・内容は大きく異なる。

GT 戦略では原発や石炭火力などの既存の電力システム維持に公的資金を使わない。一方、政府 GX は省エネの投資が少なく、かつ発電燃料としての水素・アンモニア利用、原発、CCS など、投資対象に経済合理性が不明なものや、持続可能でないもの、国際的には排出削減として認められないものが含まれている。例えば、「RE100」という国際組織のルールは、企業が再エネ 100% を目指す際に参照されているものであるが、それによれば、グリーン・アンモニア<sup>17</sup> であっても、石炭火力発電混焼分は RE100 に削減分として計上できない (RE100 2024)。

特に、政府 GX では、先の表 10、表 11、表 12 の数字から読み取れる以上に原発回帰が鮮明になっている。具体的には、総合資源エネルギー調査会の電力・ガス事業分科会原子力小委員会革新炉ワーキンググループによって、2022 年 7 月 29 日に「カーボンニュートラル やエネルギー安全保障の実現に向けた革新炉開発の技術ロードマップ (骨子案)」が出されている<sup>18</sup>。そこでは「革新軽水炉は世界的にも建設・運転が進む既存軽水炉の技術の延長線上」とはっきりと述べられている。しかし、政府が言う「革新軽水炉」は、「革新的」なものではなく、すでに EU などで建設されている大型炉とほぼ同じものである。「新たな安全メカニズムを組み込んだ」ともあるが、特に新たな安全メカニズムも組み込まれていない。さらに、他に挙げられている小型炉はコスト高で開発は計画通りには進んでいない。実際に、2023 年 11 月 8 日、米国の小型原子力発電設備を開発中のニュースケール社は、米西部アイダホ州での小型原発の建設計画を中止すると発表した。実現すれば米国初の案件となるはずだったが、要は他の電源との競争を考慮した場合の経済性が見込めなくなったための頓挫である<sup>19</sup>。高速炉や高温ガス炉は開発途上であり同じように経済性が問題となっている。核融合炉に至っては実験炉しかできておらず発電可能性すら十分には確認・検証されていない (2024 年 7 月 3 日、日本も参加する国際熱核融合実験 ITER 計画の実験開始の時期が当初の 2025 年から 9 年延び、34 年にずれこむ見通しとの発表が ITER 機構からあった。費用も 8700 億円上ぶれする見込み)。すなわち、具体的な経済合理性を示さないままに、原発への投資を進める内容となっているのが政府 GX である。

## GX 経済移行債は GHG 排出削減を保証しない

政府は、政府 GX を実現するためのファイナンス方法として、今後 10 年間で約 150 兆円超の官民の合計の投資のうち、国の投資分にあたる 20 兆円規模 (年間約 2 兆円) の GX 経済移行債を発行するとしている。2023 年度は、発行額は 0.5 兆円、2022 年度第二次補正予算で先行的に措置した 1.1 兆円分に係る借換債と合計すれば 1.6 兆円となる。しかし、その財源は将来的なカーボンプライシングからの不確定な収入であり、償還は 2050 年という「つなぎ国債」である。10 年債あるいは 20 年債での発行が予想される。カーボンプライシング収入は償還に用いられ、例えば企業の社会保障負担の削減や全ての個人への「炭素配当」など経済全体に還元することは考慮されていない。また、投資の対象も、前述のように脱炭素に資するかどうかは疑問であり、普通の国債に比べても、後述のさまざまな理由で金利が高くなる可能性もある。下記では、債券発行による脱炭素ファイナンスの現状を紹介しつつ、政府の GX 経済移行債の問題点を明らかにする。

まず一般論として、脱炭素のためのファイナンスとして債券発行は必要であり、多くの国の政府などが実施して

17 再生可能エネルギーを用い、CO<sub>2</sub> を排出しない方法で生成された水素 (グリーン水素) を原料としたアンモニアのこと。化石燃料からアンモニアを製造し、製造時の CO<sub>2</sub> 排出を CCS によって回収貯留したものは、ブルー・アンモニアという。

18 「カーボンニュートラルやエネルギー安全保障の実現に向けた革新炉開発の技術ロードマップ (骨子案)」2022 年 7 月 29 日 [https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/genshiryoku/kakushinro\\_wg/pdf/006\\_04\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/pdf/006_04_00.pdf)

19 日本の日揮が 4000 万ドル、IHI が 2000 万ドル、国際協力銀行 (JBIC) が 1 億 1000 万ドルをそれぞれ出資しており、中部電力も出資契約を結んでいる (2023 年 9 月に国際協力銀行が出資分の一部を中部電力に譲渡)。

いる。発行する債券は、大きく分けて、再エネや省エネに投資するグリーン債と投資先にある程度の柔軟性を持たせた移行（トランジション）債の二つがある。後者の移行債を用いるファイナンス（トランジション・ファイナンス）は、債券やローンでの資金調達を活用して、対象事業・企業を、現状の気候・環境に負荷を与える「ブラウン」状態から、トランジション・プロセスでの事業・ビジネスの改善を経て、「グリーン化」することを目指している。理想的には、企業は低金利で資金を調達でき、投資家や金融機関はそうしたトランジション支援によって、自らの脱炭素への取り組みを確認できることにもなる。

日本では、このようなトランジション・ファイナンスに関して、筆者も関わっている研究者グループが「トランジション・ファイナンスのガイダンス（最終報告）」という報告書を出している（トランジション・ファイナンス研究会 2020）。この報告書では、グリーン債、移行債、温暖化対策に資する技術を規定するタクソミー、などについて議論しており、トランジション・ファイナンスの基準化作業を展開している国際資本市場協会（ICMA）のワーキンググループや EU のサステナブル・ファイナンス行動計画の技術専門家グループ等に知見を提供している。また、最近では、日本でもサステナビリティ・リンク・ボンド（SLB）<sup>20</sup> が利用可能にはなっている。

しかし、日本での移行債や SLB は目標と資金使途・結果が明確にはつながっていないという問題点があり、政府の GX 経済移行債も今のままではそのようになる可能性が高い。特に、移行債の場合、これまで日本で発行され始めたものはいずれも資金の使途に関する達成目標と達成期間を明確に設定していない。例えば、2022 年 1 月 20 日、JFE ホールディングスは、2022 年度中に、同社初となる移行債を発行すると発表した（ロイター 2022 年 1 月 20 日）。この記事によると、発行額は 300 億ドルで、資金使途候補として製鉄分野での省エネルギー技術の開発等を挙げている。同ボンドは経済産業省が定める「クライメート・トランジション・ファイナンスモデル事業」に採択され、同省から補助金を供与されている。しかし同社の発表では、ボンド発行期間と、同社あるいは対象事業の CO<sub>2</sub> 削減目標年限が整合しておらず、投資家にとっては、対象事業の「移行」の確かさを判断できる仕組みにはなっていない。

すなわち、GX 経済移行債では、同債券による資金調達が及ぼす CO<sub>2</sub> 排出削減効果および経済効果に関する情報や、明確なロードマップを投資家に開示する仕組みの構築が必要である。しかし、水素・アンモニアの化石燃料との混焼、天然ガス、CCUS など化石燃料の継続使用を前提とした案件、そして原発関連の投資案件で発行される GX 経済移行債の場合、1) CO<sub>2</sub> 排出削減効果が他のオプションに比較して小さい、2) CO<sub>2</sub> 排出削減効果を明確に提示することが困難である、などが予想され、国際的に認められないことが考えられる<sup>21</sup>。したがって、GX 経済移行債が水素関連など具体的な案件と紐づけられた場合、いわゆる「緑のプレミアム（グリーン・プレミアム）」とは逆の意味でのプレミアムがついて金利が高くなる可能性がある<sup>22</sup>。

2024 年 2 月に実際に、脱炭素投資の資金を調達する GX 経済移行債が発行された。最高落札利回り（複利）は 0.740% と、流通市場における通常国債の利回りを 0.005% 下回った<sup>23</sup>。グリーン・プレミアムは入札結果が出る直前の市場予想（0.06% 程度）には届かなかったものの、存在したと考えられる。しかし、3 月上旬の債券市場では、利回りが同条件の国債と同程度になり、グリーン・プレミアムは発行からわずか 1 カ月で消えた<sup>24</sup>。また、GX 債の購入に動いたのは日本生命保険やかんぽ生命保険など、国内の主要投資家を中心であった（日本経済新聞 2024 年 2 月 14 日）。財務省と経済産業省は脱炭素を遅らせると批判されている「燃料アンモニア事業」を、23 年度に発行する 1.6 兆円の GX 経済移行債の使途から外すなどの措置をとったものの、それでも海外投資家は興味を示さなかったと言える。

20 発行体が事前に設定したサステナビリティ / ESG 目標の達成状況に応じて、財務的・構造的に変化する可能性のある債券。

21 実際に、例えば欧州投資銀行（EIB）は、EU タクソミーで原発が温暖化対策に資する技術としてリストアップされた後でも、原発に対しては融資しないことを決めている（ENDS Europe 2022 年 1 月 27 日）。

22 環境債（グリーン債）はもともとグリーン・プレミアムの存在が大きな特徴であった。なお、逆の方向でのプレミアムがつく別の理由として、木内（2023）は、「市場規模が極めて大きく、流動性が高い、発行残高が 1,000 兆円を超える通常の国債とは別に 20 兆円規模の移行債を発行した場合、市場規模の小ささに根差す流動性の低さに対して、投資家がプレミアムを要求し、むしろ金利が通常の国債よりも高くなってしまいうリスクがある」と指摘している。健全財政論者とされる土居丈朗慶応教授も同様な意見を述べている（日高 2022）。

23 資金の借り手にとっては、債券の利回り（金利）は低い方が望ましい。同じ条件の普通の金利よりも、低い金利でグリーン債やトランジション債が発行できた場合、グリーン・プレミアムが生じたことになる。

24 この背景としては、日銀が 2 月から GX 債を国債買い入れオペ（公開市場操作）の対象としていたものの、2 月 28 日のオペでは買い入れ額に上限が設けられた結果、GX 債への投資意欲が落ち込み、利回りが通常の国債とほぼ変わらなくなったと考えられる（日本経済新聞 2024 年 3 月 1 日）。

政府・財務省は、2024年5月28日、3回目のGX経済移行債(10年債)の入札を実施した。国内金利上昇による債券価格の下落懸念に加え、流動性の低さが投資家に敬遠され、グリーンアムは発生せず、低調な入札結果となった。この結果に関して日本経済新聞(2024年5月28日)は、「海外投資家から資金使途に対する疑念も生じている。欧米では日本のGX債が石炭火力の延命につながりかねないとの懸念がある。GX債で集めたお金が温暖化ガスの実質ゼロ実現にきちんとつながるかどうかを見極めようとしており、現段階では投資を控える動きにつながっている」と報じている。また、2024年7月18日に対して実施されたGX経済移行債の5年債入札に対して、同じく日本経済新聞(2024年7月19日)は、「発行済みGX債は日銀や年金積立金管理運用独立行政法人(GPIF)が半分程度保有」「需要が必ずしも根強いとは言えない」「政府系機関の保有が膨らんでいる状況からすると、必ずしも当初の理念通りにGX債市場が育ってきているとは言えない側面がある」「グリーンアムは確認できない」「投資家層の裾野を広げていく必要がある」などと書いており、「海外投資家と話をしても『GX債』という言葉すら全く出てこない」という国内生命保険会社の運用担当者の声も紹介している。

政府はGX経済移行債の償還には、将来の化石燃料賦課金および排出枠の有償オークションからの収入を当てるとしている。しかし、言うまでもなく、この時期や額に関して大きな不確定要素がある。

さらに、「政府の活動は、国民全体にその利益が行き渡る通常の政策の一環である。国民の一部である投資家に低い金利を受け入れさせ、そのコストの負担を別途求めるのは、そもそもおかしいのではないか。その財源は、利益を享受する幅広い国民の負担となるよう、通常の税金あるいは通常の国債で賄うべきではないか」(木内2023)という考え方もある。

すなわち、政府GXにおけるトランジション・ファイナンスは、原発や、水素・アンモニア発電、CCSなどの将来性が乏しい技術に投資するものであり、利回りも不確定であり、合理性という意味でも問題が少なくない。これらの要因によって、民間ファイナンスがつかず、結果的に「呼び水」としての役割を果たさない可能性がある。

## 不十分な政府GXのカーボンプライシングは必要とされるスピードでの脱炭素を実現しない

カーボンプライシングは、本来の意味では、炭素税や排出量取引制度によってCO<sub>2</sub>排出に価格(炭素価格)をつけるものであり、これによって、CO<sub>2</sub>排出削減が費用対効果の大きなものから優先的に、効率的に実施される。日本に関してまず認識すべきは、現在の日本における炭素価格は他の国に比べて極めて低いことである(図17)。

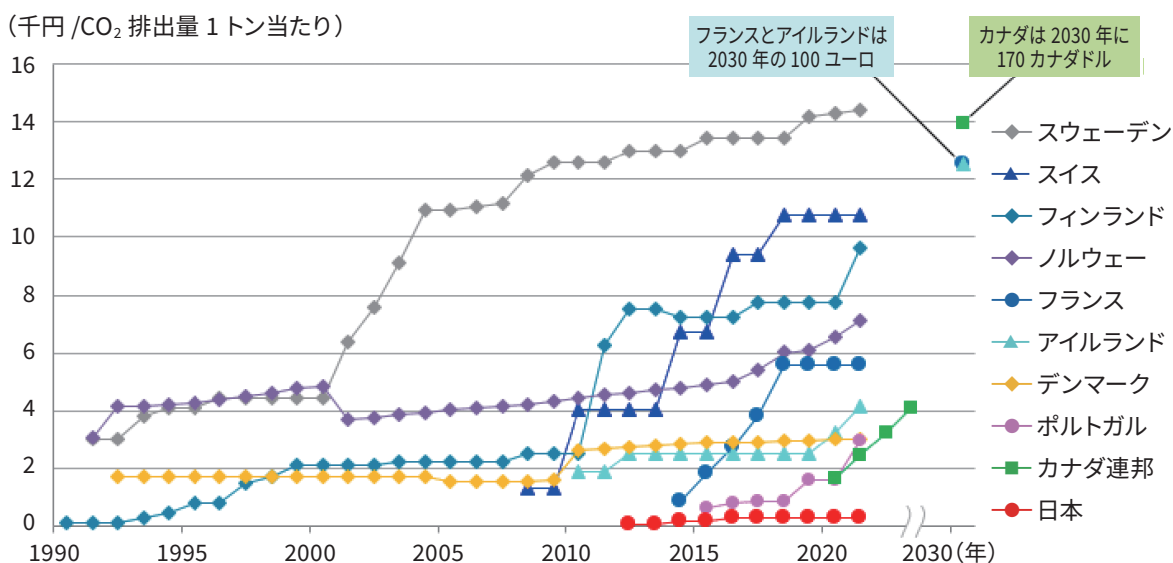


図17 主な炭素税導入国の炭素税率推移および将来見通し

出典：元木(2021)

このような中、政府が「成長志向型<sup>25</sup>」と名づけたカーボンプライシングには以下のような問題点がある。

第一に、2023年から政府は、自主的に炭素削減目標を掲げる「GXリーグ」に参加する企業が排出量削減に向けた投資を行いつつ、目標の達成に向けた自主的な排出量の取引を行うような枠組みの稼働を予定している。しかし、自主的な排出量取引制度が機能するとは考えられない。この制度はいわゆるベースライン・アンド・クレジット方式であり、排出主体である事業者自らが想定したベースラインからの削減量をクレジットとして取引するものであるが、これはうまく行かないことが明らかとなっているものである。EUや、韓国、中国など多くの国・地域がすでに導入しているような、事業者の排出枠の上限を政府が決めて、その排出枠の一部を取引するキャップ・アンド・トレード方式とは大きく異なるものである。ベースライン設定の恣意性などから、実際のCO<sub>2</sub>排出削減効果は小さいと予測される（わざとベースラインを高く設定して、少し排出量を削減すれば、大幅に削減したことになって排出枠を水増しできるので、排出枠の供給量が過剰になり、排出枠価格も低迷し、削減量も少なくなる）。また、この仕組みは自主参加であり、参加する企業は限られる。政府は2033年から発電分野に義務的なキャップ・アンド・トレード方式を導入するとしているが、これはEUがキャップ・アンド・トレード方式を導入した2005年から28年遅れてようやく導入する可能性があることを意味する。2026年からEUは炭素国境調整措置(CBAM)を導入し、低いレベルの炭素価格がついている製品に対しては関税をかけることを決めている。現状のままでは、政府GXのもとでも、このような関税が日本からの輸出品に対して課される可能性は極めて高い。中韓からも10年程度遅れての導入であり、2030年目標達成のための効果はない。結局は今の電力・エネルギーシステムをなるべく長く維持することにしかならない。

第二に、2028年から日本も、化石燃料の輸入に対して炭素賦課金をかけることになっているが、これも遅い上に、その額が十分なものとなるかは未確定である。実際に、政府GXのもとでのカーボンプライスは1000円/ton-CO<sub>2</sub>程度と予想され<sup>26</sup>、欧米に比較して極めて低い。また、国庫に入る炭素税ではなく、後述の経済産業大臣の認可法人となる脱炭素成長型経済構造移行推進機構(GX推進機構)に入る賦課金であるため、経済産業省の予算が大きく増大し、その権限が強大化することになる。

#### GX推進機構は経済産業省への権益集中につながる

政府によれば、カーボンプライシングを管轄する組織であるGX推進機構の機能として、1)化石燃料賦課金・特定事業者負担金の徴収、2)特定事業者排出枠の割当て及び入札の実施、3)脱炭素成長型経済構造への円滑な移行に資する事業活動を行う者に対する債務保証、出資、社債引き受け、助言、その他の支援、などが想定されている。

しかし、このGX推進機構は前述のように経済産業大臣の認可法人であり、これに以上のような機能を与えることは、実質的に日本のエネルギー・温暖化政策を経済産業省の手に完全に委ねることを意味する。実際に、業務計画、財務・会計などは「経済産業省令」によって定められるため、GX推進機構に流れ込む資金の流れについては国会による監視や検証は十分にはされない可能性がある。これまでの経済産業省の認可法人(例えば使用済燃料再処理機構や原子力損害賠償・廃炉等支援機構など)は情報開示などに積極的とは言いにくく、新たに設置されるGX推進機構もそのようになることが危惧される。

## 4.8 政府目標が未達の場合のCO<sub>2</sub>排出削減量などの試算

本レポートの「はじめに」で述べたように、政府の公的機関である電力広域的運営推進機関(OCCTO)の「2024

25 「成長志向型CP」というネーミングは、カーボンプライシング導入に対する推進派と反対派の両方の宥和が目的だと推察される。しかし、ミスリーディングであり、アカデミックな世界では決して使われることのない、日本的でおかしな造語だと見える。

26 仮にGX債を30年から50年にかけて20兆円を完済する場合、年平均で1兆円ずつ返済する計算になる。これを炭素税換算(毎年10億トン規模)で試算すれば排出1トンあたり1000円ほどになる。

年度供給計画のとりまとめ」(OCCTO 2024)によると、2033年度の電源ミックスは、石炭火力 29.2%、LNG 火力 28.6%、石油火力 2.6%、原子力 6.0%、再エネ 33.5% (一般水力+揚水力= 9.8%、風力+太陽光+地熱+バイオマス+廃棄物+蓄電池= 23.6%)と推定されている (Japan Beyond Coal 2024)。また、再エネ・省エネの導入量も政府の想定通りとは言えない。さらに、気候ネットワークの分析 (気候ネットワーク 2024) による OCCTO の取りまとめに関する経年分析によると、これまでである程度計画に近い値で実績が推移してきている。したがって、現状のままでは第6次エネルギー基本計画の数値が達成できない可能性が高く、政策などが現状のまま推移した場合のCO<sub>2</sub>排出削減量などの試算は極めて重要な政策的な意味を持つ。

ここでは、政府目標未達の典型として、政府が省エネや再エネの目標が小さいにもかかわらず、過大な原発目標 (2030年に20~22%) が未達で現状程度に留まり、再エネも現状 (経済産業省の2024年4月発表の確報によると2022年度に21.7%) より発電量割合で約8%しか増えず、不足分は省エネも再エネ追加もなく火力でまかなわれた場合を試算した (表13)。

その結果、エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量はGT戦略で2030年に71%削減のところ、政府・目標未達ケースでは34%削減に留まる。政府・目標未達ケースでの化石燃料輸入額および年間エネルギー支出額はそれぞれ16.5兆円および45兆円であり、GT戦略よりそれぞれ年間6.1兆円および年間15兆円多い。2030年までの7年間の累積削減額は、GT戦略では105兆円の削減が見込まれるが、政府未達ケースでは3分の1以下の32兆円弱にとどまる。すなわち、GT戦略を実施することで、2030年までに政府・目標未達ケースと比較して累積で約73兆円のエネルギー支出額が削減できる。逆に言えば、このままでは2030年までに約73兆円のエネルギー分野での国民負担が無駄に増える。

設備投資累積額もGT戦略で2030年に113兆円が見込まれ関連産業の成長も期待されるが、政府未達ケースでは半分以下の28兆円にとどまる。つまり、産業政策としても大きな問題がある。

表13 政府目標が未達の場合

	GT 戦略		政府 GX	政府 GX (目標未達の場合)
	2030	2035	2030	2030
CO <sub>2</sub> 削減率 (2013年比)	-71%	-81%	-45%	-34%
電力CO <sub>2</sub> 排出係数 [kg-CO <sub>2</sub> /kWh]	0.18	0.08	0.25	0.41
再エネ電力比率	58%	80%	36~38%	30%
原発比率	0%	0%	20~22%	5%
化石燃料輸入額	10.4兆円	7兆円	14.5兆円	16.5兆円
年間エネルギー支出額	30兆円	26兆円	45兆円	45兆円
エネルギー支出累積削減額 (2024~2030年度)	105兆円	234兆円	40兆円	32兆円
累積民間設備投資額 (2024~2030年度)	113兆円	190兆円	31兆円	28兆円

## 4.9 データセンターやAIによる電力消費量増加問題

### 日本全体での電力消費量急増はない

最近、データセンター<sup>27</sup>や人工知能 (AI) の利用などによる情報通信技術 (ICT) 部門の拡大によって、世界および日本の電力需要および二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 排出量が大幅に増えるとの見方がある (たとえば、経産省 2024)。しかし、多くの場合、このような見方は、国・地域の特性および ICT 部門におけるエネルギー効率改善に対する認識が乏しく、日本において、1) 原発稼働・新設や化石燃料発電が必要、2) 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 排出削減は困難などの安直な結論に結びつきやすい。したがって、下記ではこのような見方の問題点について具体的な数値をもとに述べる。

27 データセンターは、インターネットを支える施設であり、情報を格納し、要求に応じた処理を行い、利用者に対して送り出し、情報を更新したりという運用が大半を占める。内部の構成要素はプロセッサ、メモリー、回線であり、機器としてはサーバー (クライアントからの依頼を受けて対応するデータを供給するコンピューター)、ストレージ (記憶媒体)、スイッチからなる。

## 情報通信技術 (ICT) 部門の電力消費量増加の実態

まず、2020 年時点で ICT 部門は世界の電力消費量の約 4%、世界の温室効果ガス (GHG。この場合は主に CO<sub>2</sub>) 排出量の 1.4% を占めている (Malmodin et al. 2023)。データセンターの電力使用量は 2018 年に世界全体で 205 TWh (世界全体の電力使用量の 1%) である (Masanet et al. 2020)。

ICT 部門の拡大状況だが、2010 年以降、世界のインターネット利用者数は 2 倍以上、世界のインターネットトラフィック (一定時間にネットワークに流れる情報量) は 25 倍に拡大した (IEA 2023b)。

しかし、その一方で ICT 部門の電力消費量および GHG 排出量の増加スピードは大きくない (IEA 2023b; Masanet et al. 2020)。たとえば、世界の ICT 部門における 2007 年から 2020 年までの 13 年間の電力消費量増加割合と GHG 排出量 (ライフサイクル全体を含む) 増加割合はそれぞれ 23% と 29% に過ぎない (Malmodin et al. 2023)。また、2010 年から 2018 年の間にクラウドを介したコンピューターの仕事量は 550% 増加したものの、世界全体のデータセンターのエネルギー消費量は 6% しか増加していない (Masanet et al. 2020)。これは、2010 年以降、世界のデータセンターのエネルギー原単位が毎年 20% ずつ減少したことを意味する。

すなわち、機器の高度化・効率化などによるエネルギー使用効率の改善、ICT 企業による再エネの購入、多くの地域における電力網の脱炭素化などにより、デジタルサービスに対する需要が数倍あるいは数十倍というスピードで急増しているにもかかわらず、ICT 部門の電力消費量および CO<sub>2</sub> 排出量は緩やかにしか増加していない。

## データセンターにおける省エネ・再エネ導入ポテンシャル

データセンターの運転費の半分以上を電気代が占める。したがって、省エネは電気代や炭素コストの大幅削減につながるため、事業者は大きな導入インセンティブを持つ。また、RE100 参加企業の拡大など、今は多くの企業が再エネ由来の電力を積極的に調達している。さらに、空調設備の効率化や排熱対策など省エネおよび脱炭素に効果的な技術はすでに多く存在し、コンピューターの消費電力当たりの演算性能は飛躍的に増大している。

今後、省エネ技術として特に期待されるものとしては、1) 低電力半導体技術や光電融合 (電気による計算や通信を光によるものに置き換えることで電力使用を効率化する技術)、2) サーバーを絶縁性の液体に浸して冷却する液浸システム (空調冷却と比べ必要な電力を 90% 以上削減可能なものの、床の耐荷重レベルを上げるような安全対策ガイドラインの改訂が必要)、などがある。データセンター内ではハードディスクなどのストレージがエネルギー消費の 20 ~ 25% を占めるが、フラッシュメモリのみを搭載した最新ストレージは従来型と比べて CO<sub>2</sub> 排出量を最大 8 割減らせる。野村総合研究所は同社のデータセンターの設備運転計画を量子コンピューティング技術で最適化する実証実験を行い、電力消費量の削減効果が見込める運転計画を立案可能なことを確認している。そもそも量子コンピュータは従来のコンピュータに比べ消費エネルギーが少ない。

AI に関しても、エネルギー消費が懸念されているのは深層学習 (Deep Learning: DL) であり、利用する DL モデルによって電力消費量に大きな差が出る。また、現在、AI 関連処理を、より高速、高効率、低コストで実行するための半導体チップ (AI チップ) 開発が進められている。具体的には、これまで多く利用されている GPU (画像処理半導体) ではなく、IMC (In Memory Computing) チップと呼ばれる新しいチップであり、演算能力の向上と消費電力の削減の両方に大きな効果が期待できる。

したがって、長期的には不透明性があり、国や地域によって大きな差があるものの、少なくとも短中期的には、ICT 部門において省エネ・再エネの導入拡大傾向が続く可能性は極めて高く、後述もするように、デジタルサービスに対する需要の拡大と同じペースで世界全体および日本において電力消費量や CO<sub>2</sub> 排出量が急激に増加する可能性は極めて低い。

## 再エネ・省エネ導入を促進するための制度設計

ただし、そのような省エネ・脱炭素対策を促進するための国の政策は必要であり、IEA (2023) によると、下記のように多くの国がすでに導入している。

まず、データセンターのエネルギー効率に関して、欧州連合 (EU) は行動規範 (CLC/TS 50600-5-1)、英国は BREEAM SD 5068、インドは IGBC グリーンデータセンター評価システムなどのエネルギー効率ガイドライン、基準、格付け、認証、ラベリングなどのスキームをそれぞれ持っている。

また、欧州委員会は、2024 年以降の発効を目指し、2022 年に企業持続可能性報告指令 (CSRD) を採択した。これにより、テクノロジー企業を含む大企業は、エネルギーや CO<sub>2</sub> 排出量だけでなく、持続可能性に関する指標も欧州委員会に報告することが義務付けられる。米国でも、オレゴン州レベルで同様の報告義務化が進められており、連邦レベルでは、暗号資産に対する将来の報告義務化の可能性を探るため、「デジタル資産の責任ある発展を確保するための行政命令」が署名された。

さらに、欧州委員会は、エネルギー効率指令 (Energy Efficiency Directive: EED) によって、2024 年 5 月より EU に拠点を置くデータセンターに対し、エネルギーと持続可能性に関する報告を義務付ける。これにより、設置容量が 500kW を超えるデータセンターは、総エネルギー消費量 (再生可能エネルギー由来の割合を含む)、水使用量、廃熱利用量を報告することが必要となる。欧州委員会は、このデータを評価し、データセンターの最低性能基準などのさらなる措置が必要かどうかを判断する。

中国では、東部データ・西部コンピューティングプロジェクトの一環として、政府は平均電力使用効率 (PUE: Power Usage Effectiveness: データセンターの電力使用効率を示す指標で、データセンター全体の消費電力を、サーバーなどの ICT 機器の消費電力で割った数値で 1.0 に近いほど効率的) を東部で 1.25、西部で 1.2 とするよう求めている。また、北京 (1.4)、上海 (1.3)、深圳 (1.4 以上は補助金なし) など、主要都市では新規データセンターに対する最低 PUE 要件が設けられている。

日本でも 2023 年施行の改正省エネ法で、データセンターが省エネベンチマーク制度の対象業種として追加されており、2030 年までに達成すべきベンチマーク (国内事業者の上位 1~2 割がすでに達成できているレベル) として PUE1.4 以下が設定されている (資源エネルギー庁 2022)。なお、2021 年時点の日本のデータセンターの平均 PUE は 1.7 である (日本データセンター協会 2021)。すなわち、すでに世界では PUE が 1.1 以下のデータセンターが存在していることを考慮すると、現状の日本でのデータセンターの PUE は大きく (エネルギー効率が悪く)、2030 年の達成目標も、上記の国々の新規データセンターの最低 PUE 要件と比べて同等あるいは目標として低い。加えて、日本の場合、省エネベンチマーク未達成のペナルティは、実質的にはないに等しい。

## 今後の日本の ICT 部門の電力消費量増大に関する感度分析

このような中、IEA の Electricity 2024 という電力需給予測に関する最新の報告書 (IEA 2024) は、2022 年から 2026 年にかけて、世界全体でデータセンター、AI、仮想通貨の分野における電力消費量は 25% から 200% 増加するという幅広いシナリオを想定している。

ICT 部門拡大の影響に関する議論で特に留意すべきなのは、1) ICT 部門の電力消費量が一国の電力消費量全体に占める割合の大きさ、2) データセンターなどの立地地域、3) データセンターなどの再エネ導入促進およびグリッドに対する柔軟性<sup>28</sup> 供給源としてのポテンシャル、の 3 点である。下記ではこれらについて順に述べる。

第一に、ICT 部門の電力消費量が一国の電力消費量全体に占める割合の大きさは国全体の電力消費量に大きく影響する。すなわち、たとえ、ある部門の活動量 (この場合は電力消費量) が大きく伸びたとしても、その部門の全体に占める割合が小さい場合は、全体に対する影響度は大きくならない。

それを日本において具体的に検証するために、筆者らは感度分析として、グリーンランジション (GT) シナリオにおいて、政府の総合エネルギー統計の分類で、ICT 部門拡大による電力消費増に大きく関わる 2 分野であ

28 柔軟性とは、国際エネルギー機関 (IEA) の定義では「すべてのタイムスケールに亘って需要および供給の変動性や不確実性を信頼度とコスト効率性を維持しながら管理する電力システムの能力」とされる (安田陽氏の訳)。具体的には、1) 出力制御可能な電源 (水力、コージェネ、ガスタービンなど)、2) エネルギー貯蔵 (温水貯蔵、揚水発電、蓄電池、水素貯蔵など)、3) 連系線 (他の電力エリアとの電力融通)、4) 需要側対応 (ヒートポンプ、電気自動車など)、がある。データセンターは 4 番目の需要側対応に分類され、変動性再エネ電源の拡大にとって重要な柔軟性供給源となりうる。このようなデータセンターの役割は、温水貯蔵、ヒートポンプ、電気自動車の利用などと共にセクターカップリングと呼ばれる電気、熱、交通の 3 つのセクター間でエネルギーを融通する仕組みであり、日本での普及が今後の課題の一つである。



る産業部門の中の半導体製造他分野（#630410 半導体集積回路・素子・電子管製造（大規模））および業務部門の中でデータセンターを含む情報通信分野の活動量が大きく伸びたと仮定したシナリオ（GT ICT 消費増大シナリオ）を追加的に検討し、国全体に与える影響を明らかにした。すなわち、日本での半導体製造業生産量が年率 5% で増加（2030 年度に 2021 年度比 1.5 倍、2040 年度に 2.4 倍）、データセンター（情報通信分野の中の #255390 情報サービス業）が年率 15% で拡大（2030 年度に 2021 年度比 3 倍、2040 年度に 12 倍）、エネルギー効率改善は従前通り、とする極端な想定において、GT 戦略シナリオおよび上記の GT ICT 消費増大シナリオの二つのシナリオの下での国全体の電力消費量や CO<sub>2</sub> 排出量に対する影響を計算した。

図 18a および図 18b で示すように、まず 2021 年における半導体製造他およびデータセンターを含む情報通信の 2 分野の電力消費量は約 19000 [百万 kWh] であり、日本全体の電力消費量に対する割合は約 2% であった。そして、前述のような上記 2 分野の活動量（生産量）が極端に増えるという想定においても、日本全体の電力消費量に対する割合は 2030 年に 3%、2035 年に 4.2%、2040 年に 6.1% であり、GT シナリオとの差も数 % に過ぎない。日本全体の将来における電力消費量の大きさに関しても、GT シナリオと GT ICT 消費増大シナリオの差は大きくない。さらに、2030 年、2035 年、2040 年の GT ICT 消費増大シナリオにおける上記 2 分野の CO<sub>2</sub> 排出量の日本全体の CO<sub>2</sub> 排出量に対する割合（2013 年比）は、再エネの普及にも助けられて GT シナリオより、それぞれ 0.12%、0.14%、0.01% 増加するだけであった。

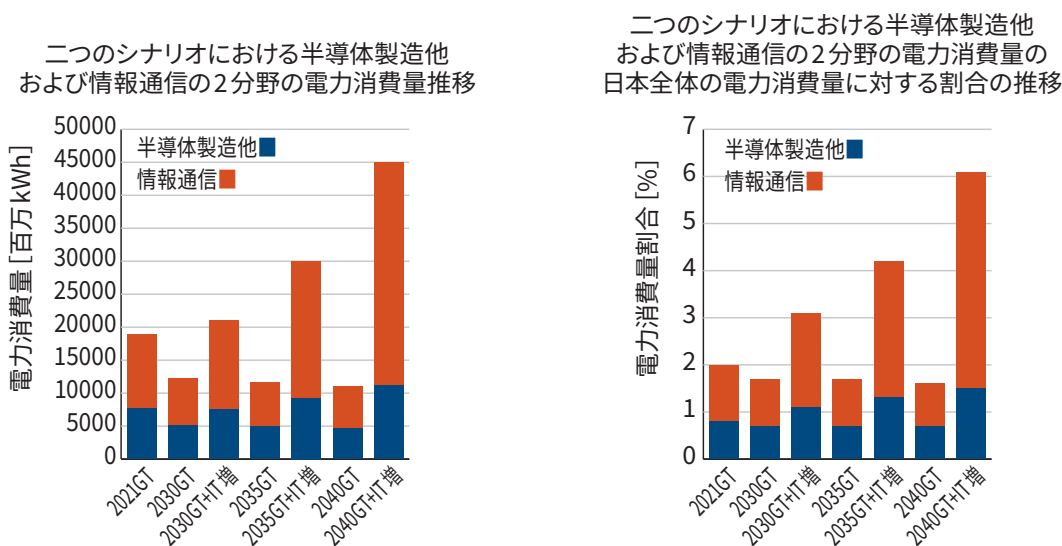


図 18a 半導体工場、データセンターの増加による電力消費増加が与える影響に関する感度分析

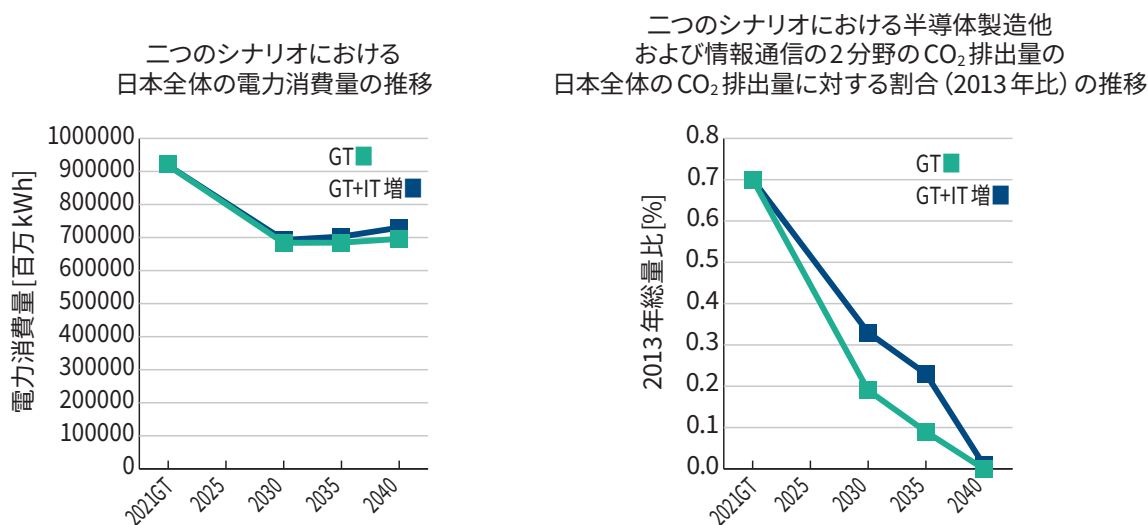


図 18b 半導体工場、データセンターの増加による電力消費増加が与える影響に関する感度分析

## データセンターの立地および再エネ拡大・柔軟性提供ポテンシャル

第二に、データセンターは必ずしも国内に立地・建設されるとは限らない。実際に、これまでは利用エリアから遠く離れた海外で立地・建設されることが多かった。ただし、最近では、データプライバシーを遵守するべく各国が規制強化に乗り出したことやデータ流出のリスクやサイバー攻撃に対する対応が後手に回る可能性への危惧から、国内回帰の機運は高まっている。そうは言っても、電力料金が高く、再エネ電力割合が低い日本を避けて、海外でのデータセンターの立地・建設を選択する事業者が多くなる可能性はある（日本データセンター協会 2021）。実際に、アフリカなどの再エネが豊富で安価な地域で今後はデータセンターなどの建設・立地が増加すると予想される。一方、脱炭素や省エネの観点から、オランダ、シンガポール、アイルランドのように新規のデータセンターの建設や立地を制限・抑制している場合もある。特にアイルランドは、2021年11月に電力の規制当局が新規データセンターの立地・建設に関して、電力需給が厳しい地域ではオンサイト発電・蓄電機能などを求めるなどの厳しい評価基準が設けており、実際に、2028年までの首都ダブリン地域での新規データセンターの電力系統連系拒否（実質的な新設の一時停止）などをすでに実施して規制を強化している（アイルランドでは、すでに2021年9月の段階で、複数の政党がデータセンターの新設禁止を求める法案・決議を提出している。データセンターがアイルランドに集中した理由は、安い法人税、寒冷な気候、大きな再エネ電力割合、などが挙げられる。ただし、アイルランド全体と日本全体との電力消費量の違いについては留意する必要がある。すなわち、アイルランドの国全体の電力消費量は日本の国全体の電力消費量の3%程度に過ぎない。つまり、前述のように、アイルランドの電力消費増大問題は、いわば本稿 5.3 で後述する日本の地方自治体レベルでの電力消費増大問題と同じであり、日本全体の電力消費増大問題とは区別する必要がある）。

第三に、データセンターを必要とする企業の多くは RE100 に参加しており、基本的に再エネ発電を調達する。したがって、データセンター拡大は再エネ導入拡大の契機となりうる。また、データセンターは比較的的需要調整が可能なので、需要側対応（Demand Response）によって、連系する電力網に対する貴重な柔軟性の供給源となる（Fowle 2023）。前述のアイルランドの新規データセンターに関する評価基準の中にも柔軟性の供給源となりうるか否かが含まれている。

したがって、全体状況や様々な対策オプションを検討しないまま、ICT 部門の拡大によって日本全体が電力供給不足になり、それを回避するために原発や化石燃料発電所が不可欠というような議論は、実態を無視した単純すぎるナラティブだと言える。また、政府は、データセンターに関しては、省エネベンチマークの引き上げ、ベンチマーク未達成の場合のペナルティの強化、安全対策ガイドラインの改訂、オンサイト発電・蓄電機能や柔軟性供給源の役割の要求などの省エネや再エネ導入をより促進するような制度を早急に導入すべきである。すなわち、データセンターや AI に関しては、電力多消費の環境汚染技術・施設および再エネ導入促進技術・施設という二つの観点から規制を強化・拡充する必要がある。

なお、IEA (2023b) も指摘しているように、データセンターなどの立地・建設は、地域、とりわけ市町村の脱炭素目標の実現に対しては大きな障害となる可能性がある。これについては本稿 5.3 で後述する。

## 5. 地方版グリーンニューディール

日本の脱炭素を進めるためには、地方自治体レベルでの再エネ・省エネ導入シナリオや経済効果の計算が必要である。実際に、私たちが地方で講演する際には、必ず「日本全体だけでなく、この場所での再エネ・省エネ導入シナリオの経済効果の計算をしてほしい」とリクエストされる。しかし、日本においては、いわゆる地方版グリーンニューディールは一部の限られた地方自治体に関して策定しているもの以外にはない<sup>29 30 31 32</sup>。したがって、本章では、代表的な9つの都道府県および市町村における試算結果を紹介する。

### 5.1 対象自治体

都道府県は、1)「工業地域」型の県すなわち、大分県、岡山県、広島県、山口県、和歌山県のように産業部門、エネルギー転換部門（発電所は間接排出で自家消費のみ計算）、工業プロセスのCO<sub>2</sub>排出割合が60%以上の県、2)「都市型」の都府県すなわち東京都のように産業部門の割合が10%以下の都府県、3)「中間型」の道府県、というようにおおよそ3つに類型化できる。本稿では、1)工業地域型の岡山県、2)都市型の東京都、3)中間型の新潟県という3つの都府県についての試算を紹介する。一方、市町村は、1)域内に素材製造業のコンビナートがあり、産業部門のエネルギー消費割合、CO<sub>2</sub>排出割合の高い岡山県倉敷市、2)素材製造業ではないが域内に工業地域があり産業部門の割合の高い栃木県小山市、3)産業・商業地域・住宅地を有する埼玉県越谷市、4)域内にオフィス街を有し業務部門の割合の高い東京都千代田区、5)域内に住宅地が多く家庭部門の割合の高い東京都杉並区、6)町村の中から産業部門割合の比較的高い埼玉県小鹿野町の6つを取り上げる。

### 5.2 方法

ボトムアップモデル（積上げ）により2050年までのエネルギー起源CO<sub>2</sub>の試算を行う。2030年までは既存技術とその改良技術普及のみ、2030年以降はこの普及を基本に、オプションで再エネ由来の水素などを用いた工場での高温熱供給や船舶燃料などの新技術導入も検討する。

本稿では、BAUケース（対策のない場合）と対策ケースの二つのケースについて試算する。

省エネ対策は全国と同じと想定する。また、再エネ電力普及対策は、系統電力の再エネ割合と火力割合が全国と同じになるとしたのに加え、次の2点を想定した。第一に、地域の屋根設置太陽光拡大分を地域の追加再エネとし、新築の産業・業務・家庭分、および電気自動車普及相当分に太陽光パネルが設置されるとした。第二に、産業・業務・家庭・運輸（鉄道と電気自動車）の10%で再エネ100%電力購入を想定した。なお、再エネの導入ポテンシャルは、環境省の「再生可能エネルギー情報提供システム」<sup>33</sup>を参考にした。

29 松原弘直・歌川学「グリーン・リカバリーに対応した東京都の再生可能エネルギー100%シナリオの検討」、エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス報告、2021年1月。

30 歌川学・外岡豊「2050年にむけた藤沢市の脱炭素シナリオの研究」、エネルギー資源学会報告、2021年8月。

31 歌川学・外岡豊・松原弘直・安竹哲雄・寺尾信子「東京都世田谷区・中野区・杉並区・練馬区の地域CO<sub>2</sub>排出量推定と脱炭素対策」、エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス報告、2022年1月。

32 石田正也監修、除本理史・林美帆編「地域の価値をつくる」、東信堂、2022。

33 環境省では、令和2年6月より、下記URLの全国・地域別の再エネ導入ポテンシャル情報等をデータと地図で可視化したウェブサイト「再生可能エネルギー情報提供システム REPOS (Renewable Energy Potential System)」を公開している。ここでは、再エネの導入ポテンシャルや自然的・社会的状況などのほか、自治体別の再生可能エネルギー導入状況がウェブサイト上の地理情報システム (Web-GIS) に収録されている。

<https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/22.html>

## 5.3 結果

### ■ 都道府県

#### 1) 工業地域型：岡山県

水島コンビナートの工業地域を含む岡山県は、産業の排出割合が間接排出で約 75%、直接排出で約 60% を占める。脱炭素対策で、県の最終エネルギー消費は 2030 年に 2019 年比 36% 削減、2035 年に 46% 削減、2050 年に 70% 以上削減となる。図 19 の(a)から(d)には対策ケースの場合を示した。

図 19 (c)の域内電力消費は 2019 年値、域内再生電力は環境省によるポテンシャルである（木質バイオマスは木材利用後の賦存量）。これによると、岡山県は、県内年間電力消費量の約 2.5 倍の域内再生電力可能性がある。

エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量は、対策ケースで 2030 年に 2013 年比 60% 削減、2035 年に 2013 年比 69% 削減、2050 年に既存技術と改良技術普及で 90% 以上削減、産業の高温熱利用と船舶航空燃料への新技術導入で排出ゼロ、再生電力 100% となる。

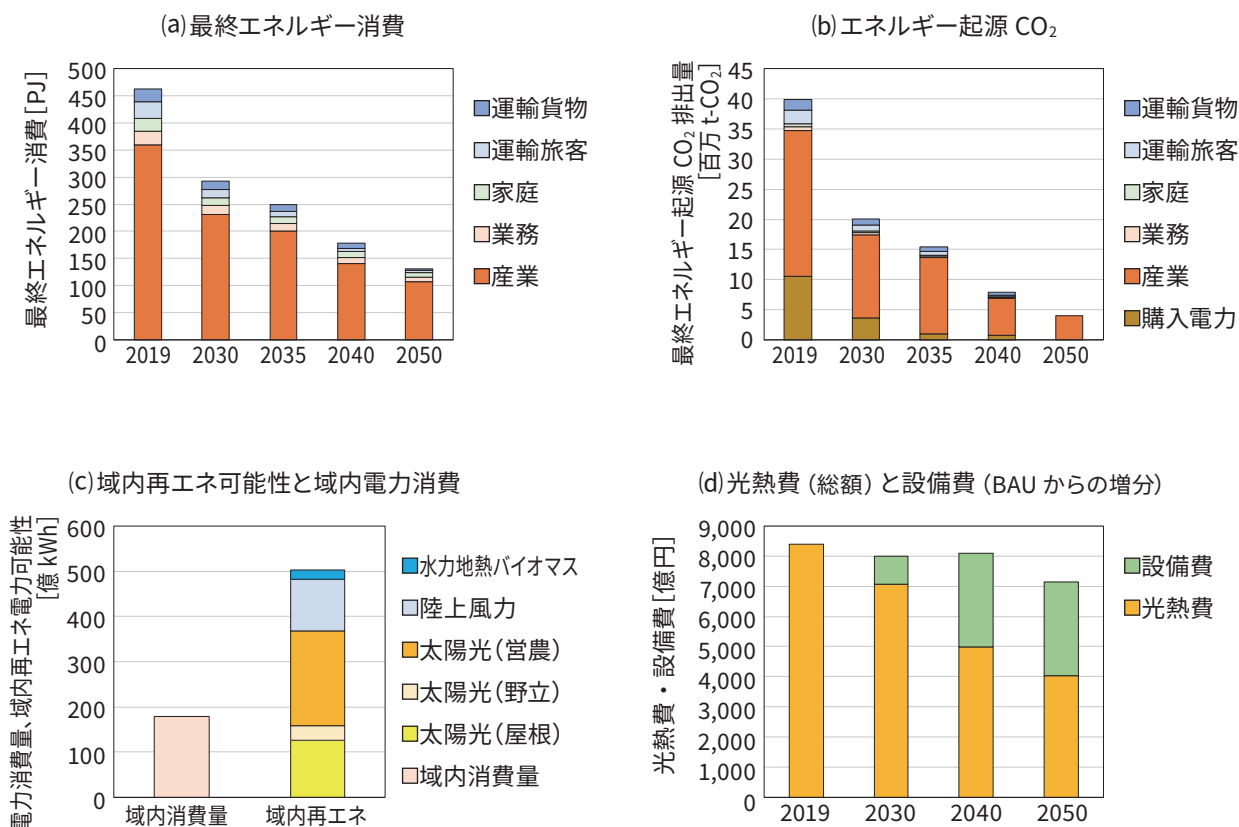


図 19 岡山県の脱炭素対策

域内光熱費 (エネルギー支出額) は 2019 年に約 8000 億円で、2050 年には既存技術と改良技術普及で半減する。支払先の多くは県内再生電力に転換できる。図 19 (d)で示したように、脱炭素化を進めることによって、光熱費と設備費 (BAU からの増分) の合計を減少させることができる。

## 2) 都市型：東京都

東京都は都市型の排出構造で産業部門の CO<sub>2</sub> 排出割合は 10% 未満である。脱炭素対策を実施した場合、東京都の最終エネルギー消費は 2030 年に 2019 年比 37% 削減、2035 年に 46% 削減、2050 年に約 65% 削減となる。試算結果を図 20 (a)から(d)に示す。

図 20 (c)の域内電力消費は 2018 年値、域内再エネ電力は環境省ポテンシャルである(木質バイオマスは木材利用後の賦存量)。東京都は都内年間電力消費量の約 8 割にあたる域内再エネ電力の可能性がある。

エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量は、対策ケースで 2030 年に 2013 年比 65% 削減、2035 年に 2013 年比 80% 以上削減、2050 年に既存技術と改良技術普及で 95% 以上削減できる。さらに、産業の高温熱利用と船舶航空燃料への新技術導入で排出ゼロ、再エネ 100% となる。

域内光熱費は 2019 年に約 2.6 兆円で、2050 年には省エネと再エネの既存技術と改良技術普及で半分以下の約 1 兆円に削減できる。支払先の一部は域内再エネに転換できる。図 20 (d)で示したように、脱炭素化を進めることによって、光熱費と設備費 (BAU からの増分) の合計を減少させることが十分に可能である。

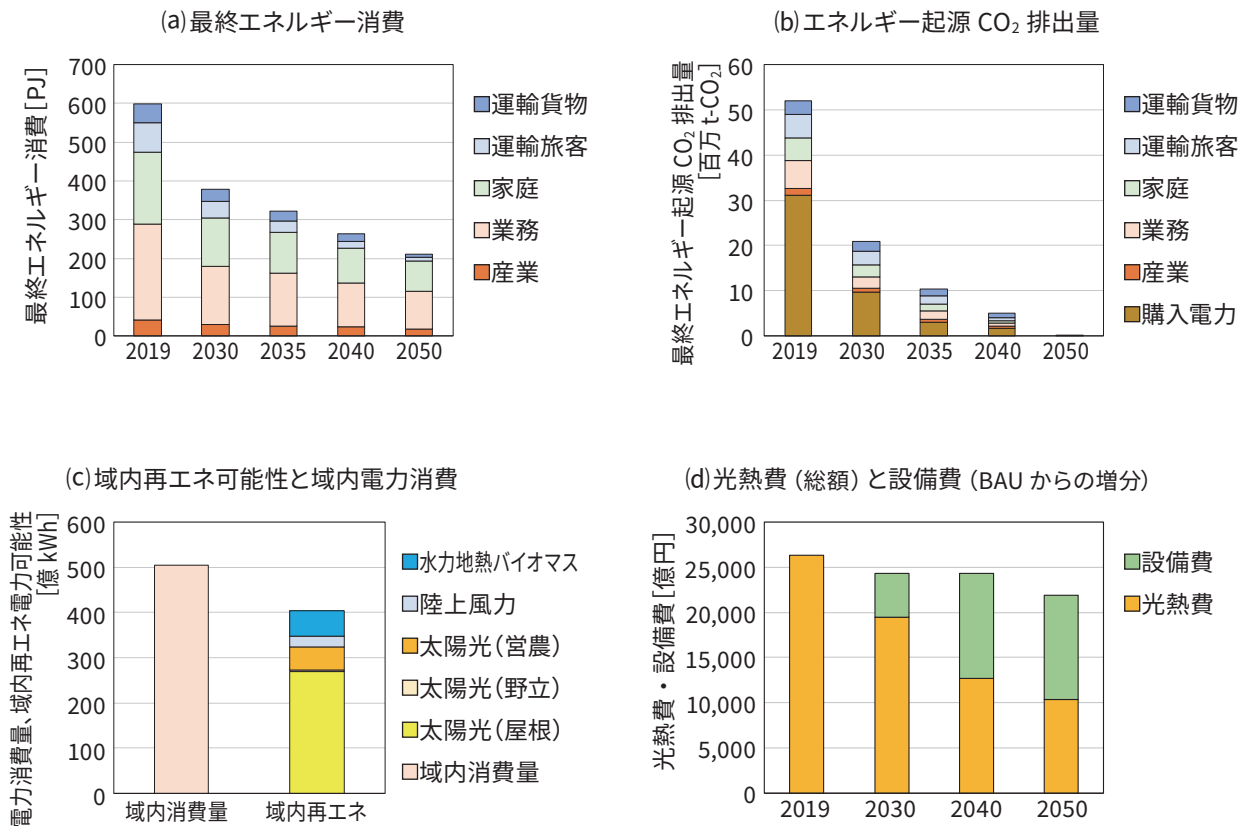


図 20 東京都の脱炭素対策

### 3) 中間型：新潟県

新潟県は中間的な排出構造で、無機化学やセメント、製紙などの大規模工場はあるものの、産業部門の排出割合は間接排出で約 35%、直接排出で約 20% にすぎない。

脱炭素対策を実施した場合、県の最終エネルギー消費は 2030 年に 2019 年比 38% 削減、2035 年に 48% 削減、2050 年に約 70% 削減となる。試算結果を図 21 (a)から(d)に示す。

図 21 (c)の域内電力消費は 2018 年値、域内再エネ電力は環境省ポテンシャルである(木質バイオマスは木材利用後の賦存量)。新潟県は、県内年間電力消費量の 4 倍以上の域内再エネ電力可能性がある。

図 21 (b)に示すように、エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量は、対策ケースで 2030 年に 2013 年比 61% 削減、2035 年に 2013 年比 78% 削減、2050 年に既存技術と改良技術普及で 95% 以上削減となる(産業の高温熱利用と船舶航空燃料への新技術導入で排出ゼロ、再エネ 100%となる)。

域内光熱費は 2019 年に約 7000 億円で、2050 年には既存技術と改良技術普及で半分以下の 3000 億円に削減できる。支払先の多くは県内再エネに転換できる。図 21 (d)で示したように、脱炭素化を進めることによって、光熱費と設備費(BAU からの増分)の合計を減少させることが十分に可能である。

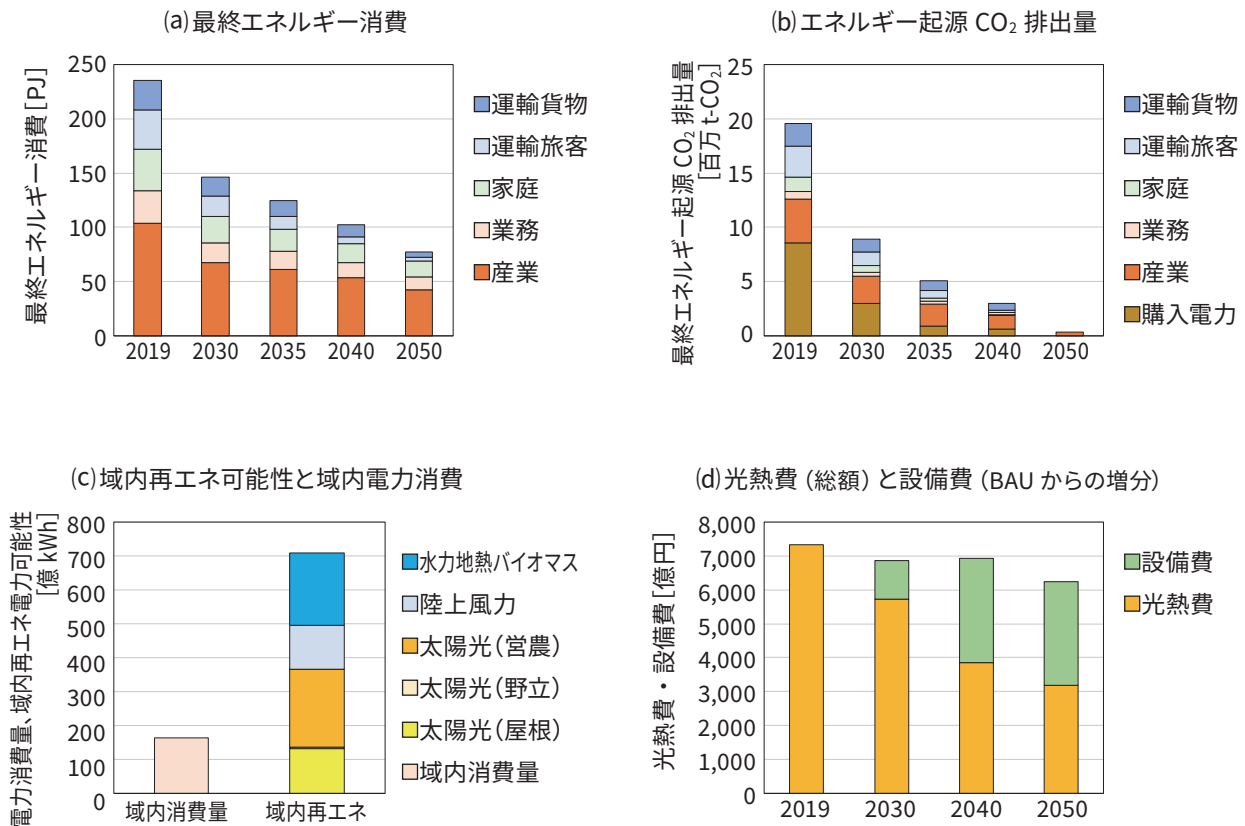


図 21 新潟県の脱炭素対策

## ■ 市町村の省エネ再エネ対策

本稿では、1) 域内に素材製造業のコンビナートがあり、産業部門のエネルギー消費割合、CO<sub>2</sub> 排出割合の高い岡山県倉敷市、2) 素材製造業ではないが域内に工業地域があり産業部門の割合の高い栃木県小山市、3) 産業・商業地域・住宅地を有する埼玉県越谷市、4) 域内にオフィス街を有し業務部門の割合の高い東京都千代田区、5) 域内に住宅地が多く家庭部門の割合の高い東京都杉並区、6) 町村の中から産業部門割合の比較的高い埼玉県小鹿野町の6つを取り上げる。以下では、それぞれの地域における省エネ対策および再生可能エネルギー電力導入、再エネ熱導入後の最終エネルギー消費、エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出、域内再エネ可能性と域内電力消費、光熱費削減と設備費増加を示す。

### 1) コンビナート地域をもつ岡山県倉敷市

水島コンビナートの工業地域を含む岡山県倉敷市は、産業部門の CO<sub>2</sub> 排出割合が間接排出で約 81% を占める（業務、家庭、運輸はあわせて 10%。残りはエネルギー転換自家消費、工業プロセス、廃棄物）。脱炭素対策で、最終エネルギー消費は 2030 年に 2019 年比 38% 削減、2035 年に 50% 削減、2050 年に 70% 以上削減となる。図 23 の(a)から(d)には対策ケースの場合を示した。図 22 (c)の域内電力消費は 2022 年値、域内再エネ電力は環境省によるポテンシャルである（木質バイオマスは木材利用後の賦存量）。岡山県倉敷市は、コンビナート工場を含む域内年間電力消費量の約 80% の域内再エネ電力可能性がある。

エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量は、対策ケースで 2030 年に 2013 年比 58% 削減、2035 年に 2013 年比 70% 削減、2050 年に既存技術と改良技術普及で約 90% 削減、産業の高温熱利用と船舶航空燃料への新技術導入で排出ゼロ、再エネ 100% となる。

エネルギー価格高騰前の 2019 年で倉敷市のエネルギー支出は約 4000 億円で大半が域外に流出している。価格高騰の 2022 年にエネルギー支出はこれより大きく増加した。脱炭素対策は全体としてエネルギー支出（総額）と設備費（BAU からの増分）を減らしながら可能である。

エネルギー支出削減・再エネ売電収入と設備費の合計は 2030 年に約 1400 億円になり、エネルギー支出削減から支出に回る分と設備費の域内受注により、地域経済活性化、雇用増が期待される。

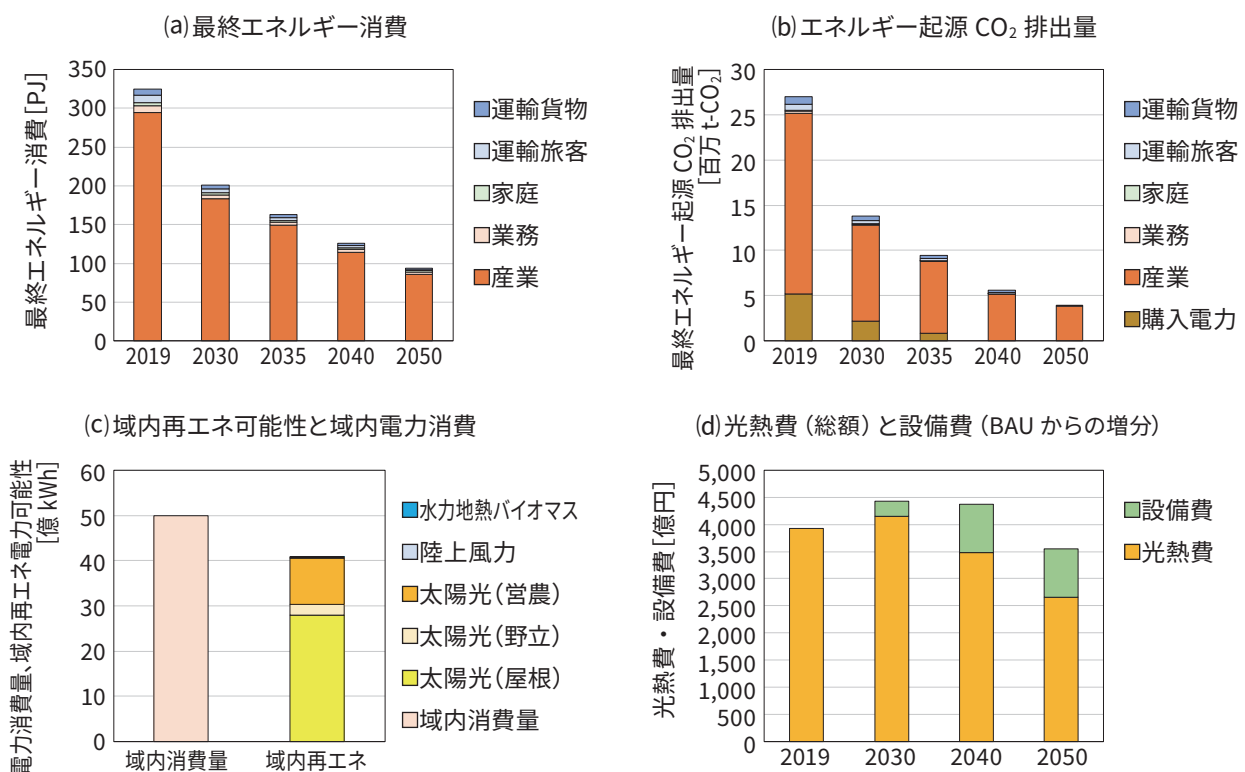


図 22 岡山県倉敷市の脱炭素対策（工業地域の例）

## 2) 工業地域を含む栃木県小山市

素材製造業中心ではないが工業地域を含む栃木県小山市は、産業部門の CO<sub>2</sub> 排出割合が間接排出で約 45% を占める。脱炭素対策で、最終エネルギー消費は 2030 年に 2019 年比 39% 削減、2035 年に 47% 削減、2050 年に約 70% 削減となる。図 23 の(a)から(d)には対策ケースの場合を示した。図 23 (c)の域内電力消費は 2022 年値、域内再エネ電力は環境省によるポテンシャルである(木質バイオマスは木材利用後の賦存量)。これによると、栃木県小山市は域内年間電力消費量の約 1.4 倍の域内再エネ電力可能性がある。

エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量は、対策ケースで 2030 年に 2013 年比 67% 削減、2035 年に 2013 年比 80% 削減、2050 年に既存技術と改良技術普及でほぼ 100% 削減、産業の高温熱利用への新技術導入で排出ゼロ、再エネ 100% となる。

エネルギー価格高騰前の 2019 年で栃木県小山市のエネルギー支出は約 650 億円で大半が域外に流出している。脱炭素対策でエネルギー支出を 2050 年までに半減でき、全体としてエネルギー支出(総額)と設備費(BAU からの増分)を減らしながら可能である。

また、支払先も域外中心から域内中心に転換する可能性がある。エネルギー支出削減・再エネ売電収入と設備費の合計は 2030 年に約 370 億円になる。エネルギー支出削減から支出に回る分と設備費の域内受注により、地域経済活性化、雇用増が期待される。

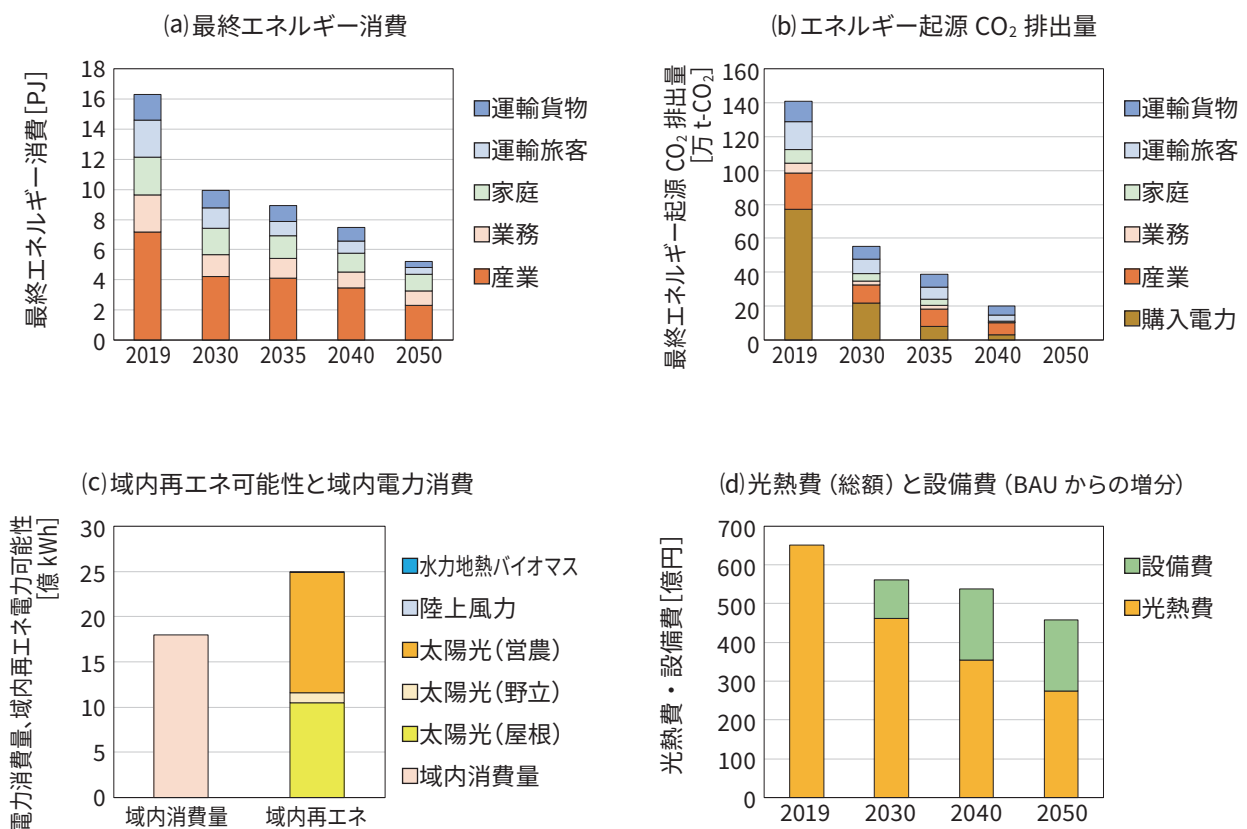


図 23 栃木県小山市の脱炭素対策



### 3) 工業地・商業地・住宅地を含む埼玉県越谷市

域内に工業地・商業地・住宅地を含む埼玉県越谷市は、産業部門のCO<sub>2</sub>排出割合が間接排出で約12%を占める。脱炭素対策で、最終エネルギー消費は2030年に2019年比38%削減、2035年に48%削減、2050年に約65%削減となる。図24の(a)から(d)には対策ケースの場合を示した。図24(c)の域内電力消費は2022年値、域内再エネ電力は環境省によるポテンシャルである(木質バイオマスは木材利用後の賦存量)。これによると、埼玉県越谷市は域内年間電力消費量の約80%の域内再エネ電力可能性がある。

エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量は、対策ケースで2030年に2013年比67%削減、2035年に2013年比82%削減、2050年に既存技術と改良技術普及でほぼ100%削減、産業の高温熱利用への新技術導入で排出ゼロ、再エネ100%となる。

エネルギー価格高騰前の2019年で埼玉県越谷市のエネルギー支出は約650億円で大半が域外に流出している。脱炭素対策でエネルギー支出を2050年までに半減でき、全体としてエネルギー支出(総額)と設備費(BAUからの増分)を減らしながら可能である。

また、支払先も域外中心から域内中心に転換する可能性がある。これについては後述する。

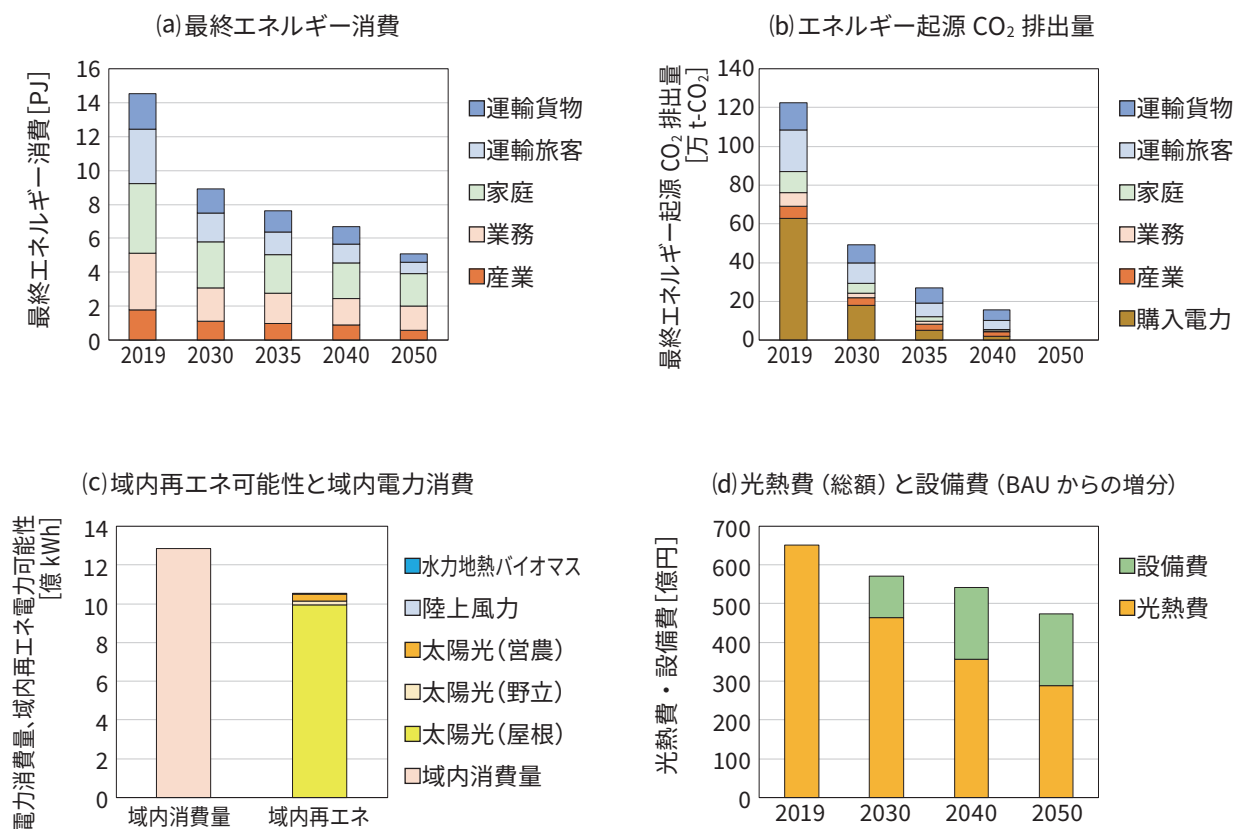


図24 埼玉県越谷市の脱炭素対策

#### 4) オフィス街を含む東京都千代田区

大企業本社や官庁街などオフィス街を含む東京都千代田区は、業務部門のCO<sub>2</sub>排出割合が間接排出で約45%を占める(2019年度)。脱炭素対策で、最終エネルギー消費は2030年に2019年比43%削減、2035年に48%削減、2050年に約60%削減となる。図25の(a)から(d)には対策ケースの場合を示した。図25(c)の域内電力消費は2022年値、域内再エネ電力は環境省によるポテンシャルである(木質バイオマスは木材利用後の賦存量)。東京都千代田区は域内年間電力消費量の約6%の域内再エネ電力可能性がある。

エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量は、対策ケースで2030年に2013年比73%削減、2035年に2013年比88%削減、2050年に既存技術と改良技術普及で排出ゼロ、再エネ100%となる。

エネルギー価格高騰前の2019年で東京都千代田区のエネルギー支出は約1100億円で大半が域外に流出している。脱炭素対策でエネルギー支出を2050年までに半減でき、全体としてエネルギー支出(総額)と設備費(BAUからの増分)を減らしながら可能である。

また、支払先も域外中心から域内中心に転換できる可能性がある。エネルギー支出削減・再エネ売電収入と設備費の合計は2030年に約700億円になる。エネルギー支出削減から支出に回る分と設備費の域内受注により、地域経済活性化、雇用増が期待される。

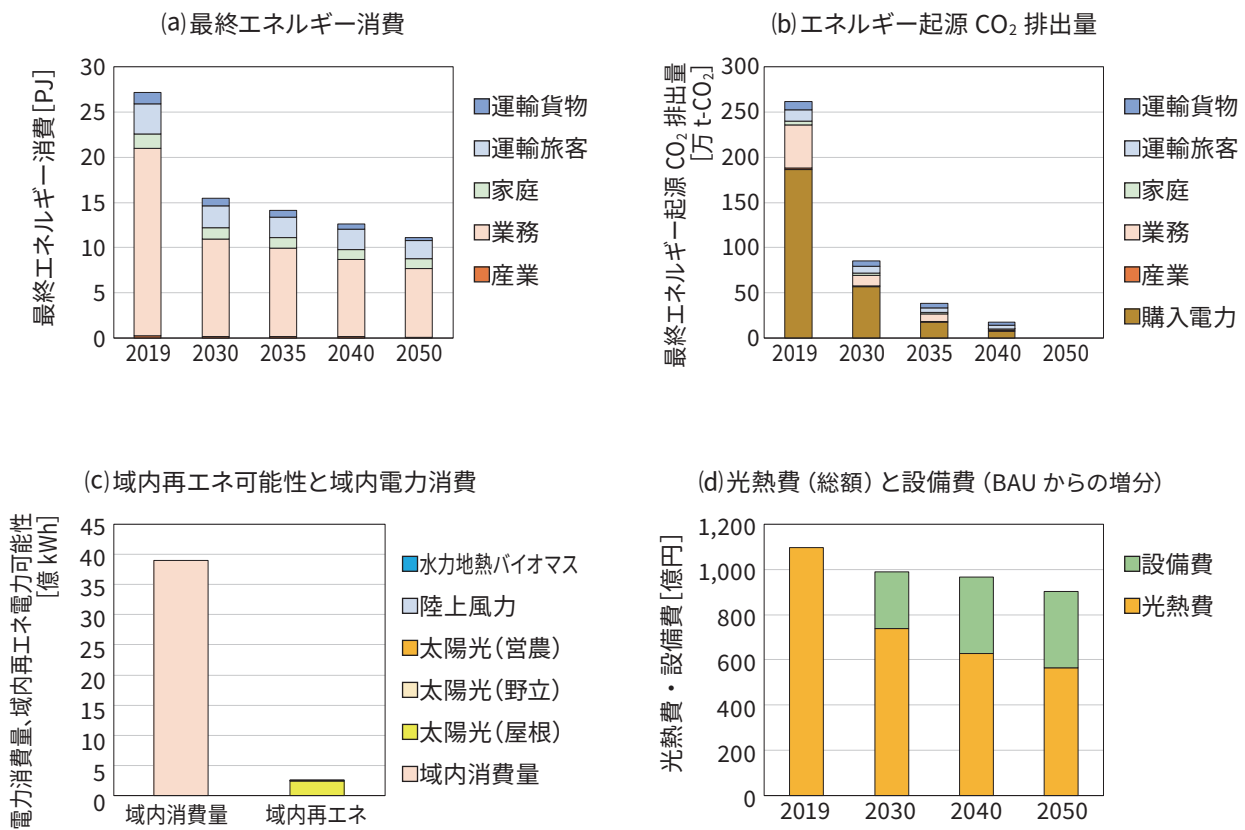


図 25 東京都千代田区の脱炭素対策(都市地域・業務集積地域)

## 5) 住宅地を含む東京都杉並区

域内に住宅地の多い東京都杉並区は、家庭部門のCO<sub>2</sub>排出割合が間接排出で約54%を占める(2019年度)。脱炭素対策で、最終エネルギー消費は2030年に2019年比34%削減、2035年に43%削減、2050年に約55%削減となる。図26の(a)から(d)には対策ケースの場合を示した。図26(c)の域内電力消費は2022年値、域内再エネ電力は環境省によるポテンシャルである(木質バイオマスは木材利用後の賦存量)。東京都杉並区は域内年間電力消費量の約60%の域内再エネ電力可能性がある。

エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量は、対策ケースで2030年に2013年比68%削減、2035年に2013年比85%削減、2050年に既存技術と改良技術普及で排出ゼロ、再エネ100%となる。

エネルギー価格高騰前の2019年で東京都杉並区のエネルギー支出は約750億円で大半が域外に流出している。脱炭素対策でエネルギー支出を2050年までに半減でき、全体としてエネルギー支出(総額)と設備費(BAUからの増分)を減らしながら可能である。

また、支払先も域外中心から域内中心に転換する可能性がある。エネルギー支出削減・再エネ売電収入と設備費の合計は2030年に約490億円になる。エネルギー支出削減から支出に回る分と設備費の域内受注により、地域経済活性化、雇用増が期待される。

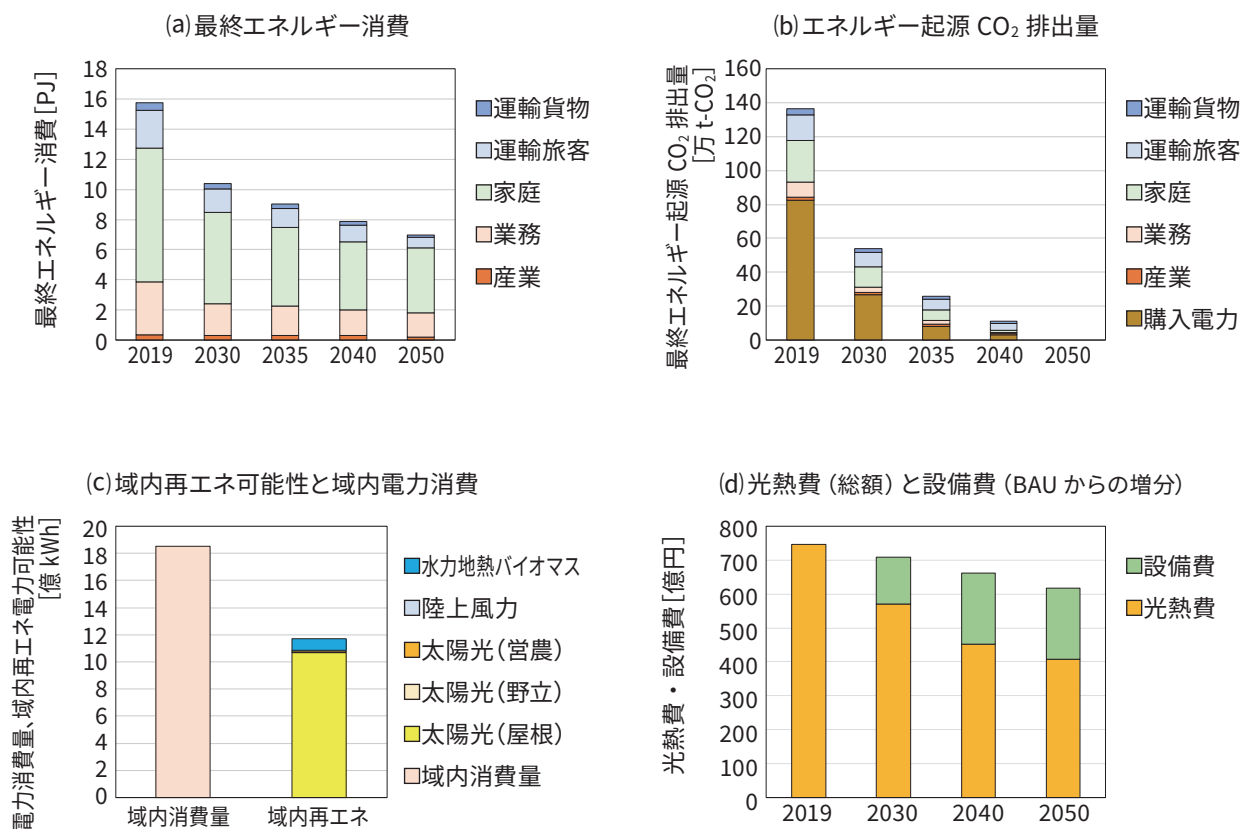


図26 東京都杉並区の脱炭素対策(都市地域・住宅地)

## 6) 非都市地域の埼玉県小鹿野町

埼玉県小鹿野町は工業がさかんで、また農業林業の町でもある。産業部門の CO<sub>2</sub> 排出割合が間接排出で約 31% を占める (2019 年度)。脱炭素対策で、最終エネルギー消費は 2030 年に 2019 年比 45% 削減、2035 年に 55%削減、2050 年に約 76% 削減となる。図 27 の(a)から(d)には対策ケースの場合を示した。図 27 (c)の域内電力消費は 2022 年値、域内再エネ電力は環境省によるポテンシャルである (木質バイオマスは木材利用後の賦存量)。埼玉県小鹿野町は域内年間電力消費量の約 3 倍の域内再エネ電力可能性がある。

エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量は、対策ケースで 2030 年に 2013 年比 71% 削減、2035 年に 2013 年比 83% 削減、2050 年に既存技術と改良技術普及で排出ゼロ、再エネ 100% となる。

エネルギー価格高騰前の 2019 年で埼玉県小鹿野町のエネルギー支出は約 30 億円で大半が域外に流出している。脱炭素対策でエネルギー支出を 2050 年までに 3 分の 1 に削減でき、全体としてエネルギー支出 (総額) と設備費 (BAU からの増分) を減らしながら可能である。

また、支払先も域外中心から域内中心に転換できる可能性がある。エネルギー支出削減・再エネ売電収入と設備費の合計は 2030 年に約 15 億円になる。エネルギー支出削減から支出に回る分と設備費の域内受注により、地域経済活性化、雇用増が期待される。

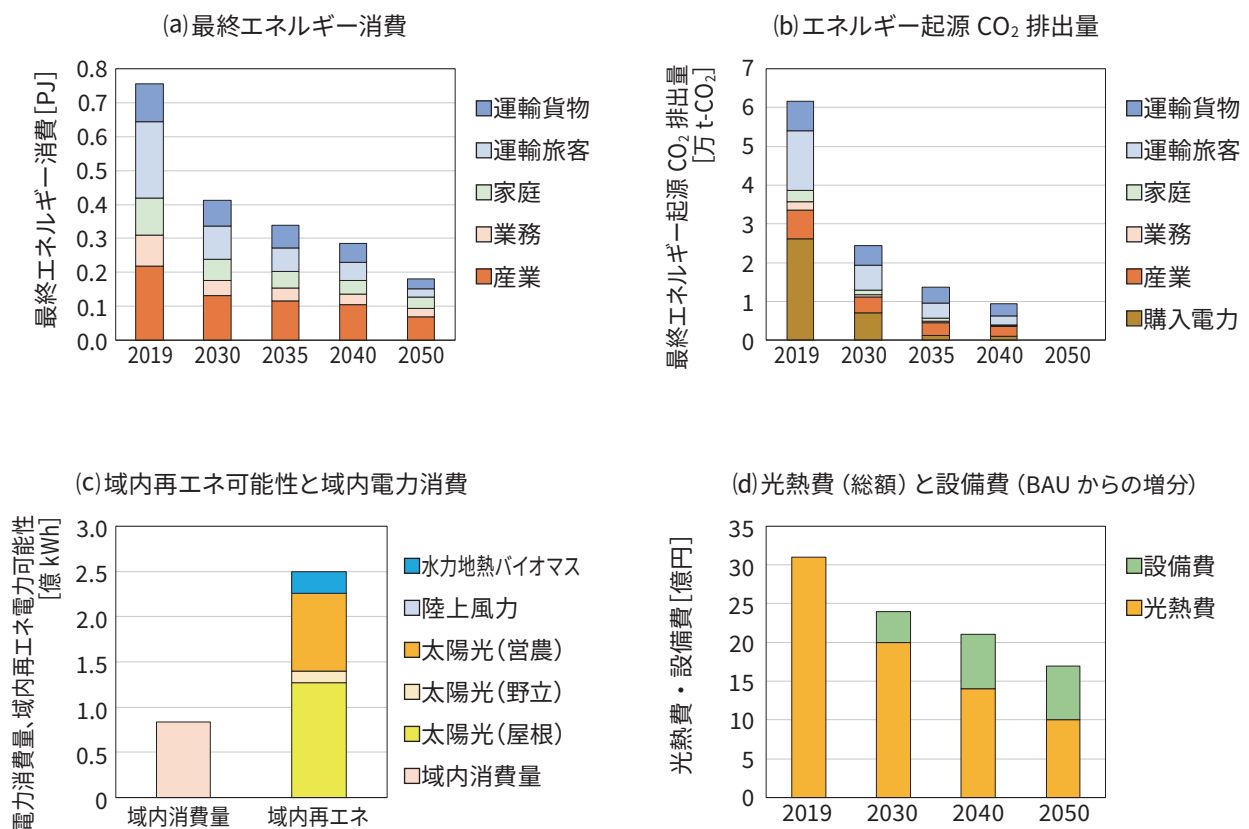


図 27 埼玉県小鹿野町の脱炭素対策 (非都市部)

## ■ 地域の生産誘発と雇用創出に関する分析 (埼玉県越谷市の事例)

脱炭素対策による2030年の地域の経済効果について、下記の埼玉県越谷市こしがやしでの試算(図28)を例にして説明する。2030年の省エネによるエネルギー支出削減と再エネ売電あるいは再エネ自家消費によるエネルギー支出削減の合計は約280億円と予想される(図28(a)<sup>34</sup>)。この一部を原資に、省エネと再エネの設備投資が2030年に約110億円になる(図28(b))。

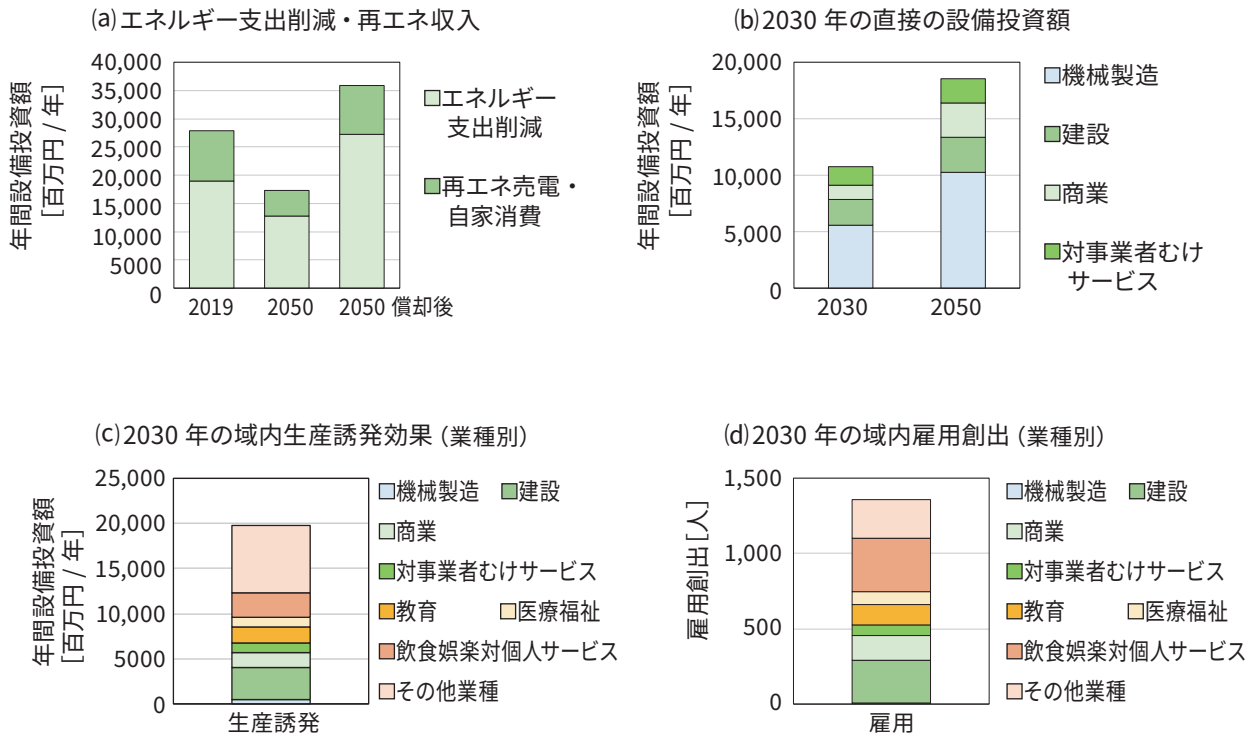


図28 埼玉県越谷市の脱炭素対策(省エネ、再エネ)による2030年の地域経済効果

対策による省エネ・再エネの設備投資の経済効果と、光熱費の節約額の一部が消費に回ることの経済効果の、両方を合わせた地域経済効果を試算すると、域内生産誘発効果が約200億円(図28(c))<sup>35</sup>、雇用創出が約1300人になる(図28(d))<sup>36</sup>。また図28(c)および図28(d)の業種別効果をみると、対策関連業種(機械、建設、商業(省エネ製品小売など)、対事業所むけサービス)の経済効果が約半分、対策関連業種以外が約半分となっている。現在は化石燃料や火力発電中心の電力支出など、地域から流出する巨額のエネルギー支出があり、地域経済を圧迫している。既存の省エネ・再エネ技術の普及を中心とする脱炭素対策により、対外エネルギー支出削減が実現し、これを原資に設備投資が行われ、それだけでなく地域むけの広範な業種への支出が大きく増加し、対策関連業種だけでなく広範な業種で地域経済が活性化し地域の雇用が増える。

しかし、脱炭素でエネルギー支出を減らさなければ、上記の地域経済効果は得られない。すなわち、脱炭素により地域経済が回る。言い換えれば脱炭素を行うことで、地域経済を回し雇用を増やすことが可能である。このことを本節では具体的に示した。すなわち、環境か経済の二者択一ではなく、日本全体でも地方でも、環境

34 2030年の値は対策なしの場合と対策を実施した場合の差額で、ここからさらに設備の減価償却分を差し引いている。

35 域内生産誘発効果がエネルギー支出削減と再エネ分の合計より小さいのは、貯蓄などに回る分があることと、域外の投資に回る分があるためである。節約額は、平均消費性向の分だけ支出に回るとして計算した。

36 越谷市だけの産業連関表が得られないため、埼玉県の2015年産業連関表で試算した。生産誘発と雇用創出の解釈においてはその点を留意されたい。

によって経済が発展するのである。

さらに、これに加えて脱炭素により脱炭素市場のサプライチェーンで地域企業が有利になると考えられる。逆に脱炭素をせず化石燃料依存を続けると、地域の企業が脱炭素市場のサプライチェーンから外され、顧客を失い、従来の売り上げも維持できない可能性がある。すなわち、脱炭素は地域経済発展や雇用創出に極めて重要である。

### ■市町村におけるデータセンターなどのエネルギー多消費施設立地問題

市区町村では、2050年排出ゼロ宣言をし、2030年の野心的目標を策定して地球温暖化対策実行計画を策定・対策を実施している時に、突然、市区町村全体のCO<sub>2</sub>排出量あるいはその何倍ものCO<sub>2</sub>排出量の事業所の立地計画がもちあがることもある。

例えば東京都昭島市においては、2021年度の市全体のCO<sub>2</sub>排出量約44万t-CO<sub>2</sub>に対し、約180万t-CO<sub>2</sub>と市の排出量の4倍を予想するデータセンター・物流倉庫立地計画がある。これは、市区町村の対策計画を台無しにするものであり、これまでの排熱の4倍量の局所的排熱、トラック交通、その他インフラなどの問題も懸念される。

現在、国の政策では、こうした巨大施設計画の規制はない。自治体で幾つかの都道府県で環境影響評価制度の対象に入れている所があるものの、ただちに規制的に機能するものではない。したがって、本稿4.9で紹介したアイルランドでの事例などを参照しながら、今後は日本でもこうした事業計画をもつ民間事業者も含め、市区町村の削減計画の2030年目標、2050年排出ゼロを前提に事業計画を策定するよう、大型施設へのゾーン制、新規立地者への公害防止協定のような追加排出量を抑える協定、地域環境に悪影響が顕在化した際の因果関係解明を前提としない操業に関する協定、カーボンプライシングの強化など、具体的な制度を整備していくことが重要な課題である。

## 6. 総括

IEA (国際エネルギー機関) の 2050 年排出実質ゼロへの道のシナリオ (IEA 2021; IEA 2023a) では、先進国は 2030 年に対策のない石炭火力ゼロ、2035 年に電力ゼロエミッション、2035 年に CO<sub>2</sub> 排出 80%削減 (2022 年比) が必要とされている。実際に、2030 年石炭火力ゼロは多くの先進国がそれ以前に達成する目標を掲げ、2035 年電力ゼロエミッションもアメリカやドイツなどが国家目標にしている。2023 年に UAE で開催された COP28 の決定文書では、再エネについて、「2030 年までに発電容量を世界全体で 3 倍にする」という目標が掲げられた。

しかし、日本政府の CO<sub>2</sub> 排出削減や再エネ電力割合の目標はこれらの目標に整合するものではなく、本レポートで明らかにしたように、その低い目標さえ現状では達成がほぼ不可能な状況である。逆に、政府は、原発および化石燃料発電を維持するための実質的な補助金制度として、容量市場、長期脱炭素電源オークション、エネルギー・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) による炭素回収貯留 (CCS) 助成などをすでに確立している。すなわち、大手電力会社が持つ原発および化石燃料発電という経営資産の維持に対しては巨額の公的な財政支援がなされており、さらに今後は、水素・アンモニア混焼による発電事業への補助金制度である水素社会推進法、化石燃料発電維持を促進する CCS 推進法、総括原価方式である RAB モデルの復活などによって、パリ協定目標の実現と電力自由化の両方に整合しない既存の電力システムの維持がさらに強化されることは必至である。すなわち、政府は、再エネ・省エネ導入を進めるような政策強化を考慮せず、その意味で日本政府は、自らの目標達成を放棄し、国際社会からの批判は無視する方針だと認識されうる。

その際の国民経済全体にとっての最大の問題点が化石燃料輸入による電気代などのエネルギーコストの上昇である。本レポートで示したように、GT 戦略と政府 GX では、2030 年時点での化石燃料輸入代として 4.1 兆円の差があり、可能性が高い政府目標未達シナリオの場合には 6.1 兆円の差がある。すなわち、GT 戦略で示した省エネ・再エネへの投資は、兆レベルの国富の流出を防ぐという意味で重要な財政政策でもある。

さらに政府 GX では、日本企業は国際競争という面で不利な立場となる。例えば、本レポートの政府目標未達シナリオで想定したように、2030 年の再エネ電力比率が GT 戦略を実施した場合の半分程度の 30% にとどまることで、今後再エネ 100% を前提にした国際市場で、1) 企業が商品・サービスを売れない、2) 部品供給、事務所や各種事業者向けサービス、運輸などのサプライチェーンへの参入機会やこれまでの契約を失う、などのリスクを持つことになる。

すなわち、国レベルの脱炭素対策の遅れや、化石燃料依存の継続は、国富の流出やエネルギーコストの上昇だけではなく、今後の日本企業のビジネスや雇用創出の機会を閉ざしてしまう。この影響を受ける業種の範囲は製造業全業種を始めとして幅広く、本稿 4.6 で述べた「雇用に影響を受ける業種」よりもその範囲はずっと広い。また、悪影響も大きくなる可能性もある。その意味で、温暖化対策のメインである省エネ・再エネ導入は財政政策やエネルギー安全保障政策であると同時に経済合理的な産業政策でもある。

日本政府はカーボンプライシングを他国に大幅に遅れて、ようやく導入しようとしている。しかし、政府 GX で導入されようとしているカーボンプライシングは、主に 1) 遅い、2) 不十分、3) 賦課金やオークション収入を経産省が主体的に使える制度であり、GHG 削減にも社会保障の向上にも貢献しない分野が用途となる可能性がある、という 3 つの問題がある。結局は、今のエネルギーシステムおよび利権構造の維持を前提とした制度設計となってしまう。

このような状況のもと、本レポートでは、唯一の日本版グリーン・ニューディールプランであるレポート 2030 の内容をアップデートし、その中で示した GT 戦略が政府による現行のエネルギー・温暖化政策基に対する代替案として経済合理性を持つことを、日本全体および地方の両方で具体的に明らかにした。また、懸念されているデータセンターや AI などによる電力多消費問題についても、日本においては他の部門の電力消費量および全体的な省エネポテンシャルが共に大きいことから、少なくとも短中期的には日本全体の電力消費量が急増するとは考えにくく、「デジタル社会の拡大によって日本で原発や化石燃料発電は必要不可欠」というナラティブは間違いであることを定量的に示した。

政府は、しばしば「2020 年代は温暖化対策にとっての勝負の 10 年」と言及する。しかし、政府 GX では、「勝負の 10 年」は「何もしない 10 年」になることは確実である。それは温暖化対策を遅らせるだけでなく、産業政策および財政政策の失敗という意味で日本の経済成長にとって大きなマイナスとなり、日本に「失われた 10 年」をもたらす。本レポートが今後の日本での建設的な議論、特に第 7 次エネルギー基本計画策定に関する健全な議論の礎になることを期待する。

## 参考文献

- 明日香壽川、歌川学、佐藤一光、朴勝俊、前真之、吉田明子 (2022)「グリーン投資政策の比較分析および貧困対策も考慮した具体的提案」、2022 年度環境経済・政策学会、2022 年 10 月 1 日
- 明日香壽川 (2015)『クライメート・ジャスティス：温暖化対策と国際交渉の政治・経済・哲学』、日本評論社。
- 石田雅也 (2024) 連載コラム: 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、自然エネルギー財団, 2024 年 7 月 12 日 (2024/7/18 アクセス)  
[https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20240712\\_2.php](https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20240712_2.php)
- 大野輝之 (2024a) 連載コラム: 続・日本の排出削減は「オントラック」なのか、自然エネルギー財団, 2024 年 7 月 26 日 (2024/7/26 アクセス)  
[https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20240726\\_2.php](https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20240726_2.php)
- 大野輝之 (2024b) 連載コラム: 日本の排出削減は「オントラック」なのか、自然エネルギー財団, 2024 年 7 月 19 日 (2024/7/26 アクセス)  
[https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20240719\\_1.php](https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20240719_1.php)
- 環境省 (2024)「第六次環境基本計画 (案)」、中央環境審議会総合政策部会 (2024/7/18 アクセス)  
<https://public-comment.e-gov.go.jp/servlet/PcmFileDownload?seqNo=0000270402>
- 環境省 (2023)「国内外の最近の動向について (報告)」、環境省 地球環境局、2023 年 6 月 26 日 (2024/7/18 アクセス)  
<https://www.env.go.jp/content/000142594.pdf>
- 環境省 (2021)「COP27 閣僚級セッション西村環境大臣ステート」環境省 大臣談話・大臣記者会見要旨 (2024/7/18 アクセス)  
[https://www.env.go.jp/annai/kaiken/kaiken\\_00055.html](https://www.env.go.jp/annai/kaiken/kaiken_00055.html)
- 木内登英 (2023)「多くの課題を残したまま GX 移行債の具体的設計の議論が進む」、木内登英の Global Economy & Policy Insight (NRI)、2023 年 2 月 2 日 (2024/7/18 アクセス)  
<https://www.nri.com/jp/knowledge/blog/lst/2023/fis/kiuchi/0202>
- 気候ネットワーク (2024)「【レポート】OCCTO「供給計画取りまとめ」の推移から見る 2030 年への道筋—このままでは 2030 年目標の電源構成および削減目標の達成は不可能」、気候ネットワーク、2024 年 7 月 1 日 (2024/7/18 アクセス)  
<https://kikonet.org/content/35645>
- 気候ネットワーク (2022)「【プレスリリース】日本の大口排出源の温室効果ガス排出の実態、温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度による 2018 年度データ分析～大口排出事業者の抜本対策がなければ 2030 年 46%削減は不可能～」、気候ネットワーク、2022 年 6 月 13 日 (2024/7/18 アクセス)  
<https://kikonet.org/content/22768>
- 栗山昭久、田中勇伍、岩田生、田村堅太郎 (2024)「IGES 1.5°Cロードマップ: 日本の排出削減目標の野心度引き上げと豊かな社会を両立するためのアクションプラン」、地球環境戦略研究機関テクニカルレポート、2024 年 4 月 3 日 (2024/7/18 アクセス)  
<https://www.iges.or.jp/jp/pub/onepointfive-roadmap-jp/ja>
- 経済産業省 (2024a) 総合資源エネルギー調査会基本政策分科会第 55 回会合、配布資料、2024 年 5 月 15 日 (2024/7/18 アクセス)  
[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/2024/055/](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2024/055/)
- 経済産業省 (2024b)「令和 6 年度以降の調達価格等に関する意見」、調達価格等算定委員会、2024 年 2 月 7 日 (2024/7/18 アクセス)  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/20240207\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/20240207_1.pdf)
- 内閣官房 (2023)「GX 実現に向けた基本方針 参考資料」、内閣官房 GX 実行会議、2023 年 2 月 10 日 (2024/7/18 アクセス)  
[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx\\_jikkou\\_kaigi/index.html](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/index.html)
- 経済産業省 (2022)「クリーンエネルギー戦略 中間整理」、産業技術環境局・資源エネルギー庁、2022 年 5 月 13 日 (2024/7/18 アクセス)  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sang\\_yo\\_gijut\\_su/green\\_transformation/pdf/008\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sang_yo_gijut_su/green_transformation/pdf/008_01_00.pdf)



- 経済産業省 (2021)「2030 年度におけるエネルギー需給の見通し (関連資料)」、資源エネルギー庁 (第 6 次エネルギー基本計画閣議決定時)、2021 年 10 月、(2021 年 11 月 26 日更新) (2024/7/18 アクセス)  
<https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-3.pdf>
- 経済産業省 (2018)「CCS を取り巻く状況」、CCS の実証および調査事業のあり方に向けた有識者検討会、経済産業省地球環境連携室、平成 30 年 6 月 11 日 (2024/7/18 アクセス)  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/ccs\\_jissho/001.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/ccs_jissho/001.html)
- 原子力産業協会 (2023)『原子力発電に係る産業動向調査 2023 報告書 (2022 年度対象調査)』、原子力産業協会 (2024/7/18 アクセス)  
[https://www.jaif.or.jp/cms\\_admin/wp-content/uploads/2023/11/sgdkchs2023r9.pdf](https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2023/11/sgdkchs2023r9.pdf)
- 資源エネルギー庁 (2022)「データセンター業のベンチマーク制度の概要」、2022 年 4 月 (2024/7/18 アクセス)  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saving/enterprise/factory/support-tools/data/2022\\_01benchmark.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/enterprise/factory/support-tools/data/2022_01benchmark.pdf)
- システム技術研究所 (2013)「WWF ジャパン委託研究 脱炭素社会に向けたエネルギー・シナリオ提案 <費用算定編>」、(株) システム技術研究所、2013 年 3 月 (2024/7/18 アクセス)  
<https://www.wwf.or.jp/activities/data/20130328EnergyScenario03.pdf>
- 自然エネルギー財団 (2023)「2035 年エネルギーミックスへの提言 (第 1 版): 自然エネルギーによる電力脱炭素化を目指して」、自然エネルギー財団 HP、2023 年 4 月 11 日 (2024/7/18 アクセス)  
[https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/REI\\_2035\\_Study\\_JP.pdf](https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/REI_2035_Study_JP.pdf)
- 竹濱朝美・歌川学 (2019)「風力・太陽光発電大量導入による電力需給バランス、2030 年シナリオ」、諸富徹編著『入門 再生可能エネルギーと電力システム: 再エネ大量導入時代の次世代ネットワーク』、日本評論社、pp. 221-245
- トランジション・ファイナンス研究会 (2020)「移行ファイナンスガイダンス (Transition Finance guidance) (最終報告)」、一般財団法人環境金融研究機構 HP、2020 年 10 月 2 日 (2024/7/18 アクセス)  
<https://rief-jp.org/book/107092>
- 日本データセンター協会 (2021)「第 32 回「省エネルギー小委員会」資料」、第 32 回総合資源エネルギー調査会、省エネルギー・新エネルギー分科会、省エネルギー小委員会、2021 年 4 月 8 日 (2024/7/18 アクセス)  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene\\_shinene/sho\\_energy/032.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/032.html)
- 日本のエネルギー・ミックスと温暖化対策数値目標を考える研究者グループ (2017)「日本のエネルギー・ミックスおよび温室効果ガス排出削減数値目標策定プロセスにおける課題と今後の建設的議論のための提言」、JUST Issue Paper No.5、2017 年 3 月 10 日 (2024/7/18 アクセス)  
<http://justclimate.jp/posts/108>
- 日本のエネルギー・ミックスと温暖化数値目標を考える研究者グループ (2016)「日本の温暖化対策数値目標引き上げに向けてー課題と対応策の検討ー」、JUST issue paper No.4、2016 年 5 月 25 日 (2024/7/18 アクセス)  
[http://justclimate.jp/download/just\\_g7ru524](http://justclimate.jp/download/just_g7ru524)
- 日本のエネルギー・ミックスと温暖化数値目標を考える研究者グループ (2015a)「2015 年パリ合意に向けての日本における温室効果ガス排出削減中長期目標試算の比較分析 (1): 2011 年以降に示された試算結果の比較」、2015 年 3 月 15 日 (2024/7/18 アクセス)  
[http://www-iam.nies.go.jp/aim/projects\\_activities/prov/2015\\_indc/document01.pdf](http://www-iam.nies.go.jp/aim/projects_activities/prov/2015_indc/document01.pdf)
- 日本のエネルギー・ミックスと温暖化数値目標を考える研究者グループ (2015b)「2015 年パリ合意に向けての日本における温室効果ガス排出削減中長期目標試算の比較分析 (2): 試算結果比較からのメッセージ」、2015 年 4 月 1 日 (2024/7/18 アクセス)  
[http://www-iam.nies.go.jp/aim/projects\\_activities/prov/2015\\_indc/document02.pdf](http://www-iam.nies.go.jp/aim/projects_activities/prov/2015_indc/document02.pdf)
- 日本のエネルギー・ミックスと温暖化数値目標を考える研究者グループ (2015c)「2030 年省エネ 30%、再エネ電力 35% (発電量割合)、温室効果ガス排出削減 40% (90 年比) こそが日本に経済発展をもたらす」、2015 年 5 月 1 日 (2024/7/18 アクセス)  
<http://justclimate.jp/download/just-issue-briefing-3>
- 日高正裕 (2022)「GX 移行債は発行金利上昇の可能性、流動性が課題ー土居慶大教授」、ブルームバーグニュース、2022 年 6 月 1 日 (2024/7/18 アクセス)  
<https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2022-05-31/RCIUB1DWX2Q401>

- マッキンゼー (2022)「日本の脱炭素化への道筋」、第 5 回産業構造審議会産業技術環境分科会グリーントランスフォーメーション推進小委員会、総合資源エネルギー調査会基本政策分科会 2050 年カーボンニュートラルを見据えた次世代エネルギー需給構造検討小委員会、合同会合資料 (経済産業省 HP)、2022 年 3 月 23 日 (2024/7/18 アクセス)  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo\\_gijutsu/green\\_transformation/005.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/green_transformation/005.html)
- 服部徹 (2022)「英国における新設原子力発電所の資金調達方法「規制資産ベース (RAB) モデル」の導入をめぐる議論」電力経済研究、No.68 (2022.1) (2024/7/18 アクセス)  
[https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/periodicals/pdf/periodicals68\\_03.pdf](https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/periodicals/pdf/periodicals68_03.pdf)
- 未来のためのエネルギー転換研究グループ (2021)「レポート 2030: グリーンリカバリーと 2050 年カーボンニュートラルを実現する 2030 年までのロードマップ」(2024/7/18 アクセス)  
<https://green-recovery-japan.org/>
- 未来のためのエネルギー転換研究グループ (2019)「原発ゼロ・エネルギー転換戦略」(2024/7/18 アクセス)  
<http://energytransition.jp/>
- 元木悠子 (2021)「カーボンプライシング: 各国で進む炭素排出の見える化、日本では炭素税の導入で攻防続く」『週間エコノミスト』、2021 年 11 月 23 日 (2024/7/18 アクセス)  
<https://www.mizuho-rt.co.jp/publication/contribution/2021/economist211123.html>
- Climate Action Tracker (2021)「日本の 1.5° C ベンチマーク ~ 2030 年温暖化対策目標改定への示唆~」2021 年 3 月 (2024/7/18 アクセス)  
[https://climateactiontracker.org/documents/849/2021\\_03\\_CAT\\_1.5C-consistent\\_benchmarks\\_Japan\\_NDC-Translation.pdf](https://climateactiontracker.org/documents/849/2021_03_CAT_1.5C-consistent_benchmarks_Japan_NDC-Translation.pdf)
- Fowle, Meredith (2023) “Will AI queries increase Data Centre energy use by an order of magnitude?”, energy post, November 9, 2023. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://energypost.eu/will-ai-queries-increase-data-centre-energy-use-by-an-order-of-magnitude/>
- IEA (2024) Electricity 2024: Analysis and forecast to 2026. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://www.iea.org/reports/electricity-2024>
- IEA (2023a) Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach, 2023 Update, International Energy Agency, Paris. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-inreach>
- IEA (2023b) “Data Centres and Data Transmission Networks”, International Energy Agency, Paris. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks>
- IEA (2022a) World Energy Outlook 2022, International Energy Agency, Oct. 2022 (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
- IEA (2022b) Nuclear Power and Secure Energy Transitions From today’ s challenges to tomorrow’ s clean energy systems. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/0498c8b8-e17f-4346-9bde-dad2ad4458c4/NuclearPowerandSecureEnergyTransitions.pdf>
- IEA (2022c) Job creation per million dollars of capital investment in power generation technologies and average CO<sub>2</sub> abatement costs. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/job-creation-per-million-dollars-of-capital-investment-in-power-generation-technologies-and-average-co2-abatement-costs>
- IEA (2021) Net Zero by 2050, International Energy Agency, Paris. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- IPCC (2023) Sections in: Climate Change 2023: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
- IRENA(2023) RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2022, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://www.irena.org/Publications/2023/Aug/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2022>

- IRENA (2022) Power generation costs in 2021, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021>
- IRENA (2020) Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
[https://www.irena.org/-/media/files/IRENA/Agency/Publication/2020/Sep/IRENA\\_RE\\_Jobs\\_2020.pdf](https://www.irena.org/-/media/files/IRENA/Agency/Publication/2020/Sep/IRENA_RE_Jobs_2020.pdf)
- Japan Beyond Coal (2024)「2033 年度に石炭火力が 29%を占める見通し—OCCTO が電力供給計画を公表」、Japan Beyond Coal、2024 年 4 月 9 日 (2024/7/18 アクセス)  
<https://beyond-coal.jp/news/occto-electricity-supply-plan2024/>
- Kleyman, Bill (2024) "2024 State of the Data Center Report" Data Center Knowledge. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
[https://dck-resources.datacenterknowledge.com/?p=w\\_dats74&w=d&email=f945637f16fdafcb75af2616bd7e2772&key=DEH4mNiQep5S3mhMLMoG&ts=70994&u=1502491340391720770808&e=YXN1a2FqdXNlbnkbnWFpbC5jb20=&secure=1&\\_afn=0](https://dck-resources.datacenterknowledge.com/?p=w_dats74&w=d&email=f945637f16fdafcb75af2616bd7e2772&key=DEH4mNiQep5S3mhMLMoG&ts=70994&u=1502491340391720770808&e=YXN1a2FqdXNlbnkbnWFpbC5jb20=&secure=1&_afn=0)
- Malmodin, Jens, Nina Lövehagen, Pernilla Bergmark and Dag Lundén (2023) “ICT Sector Electricity Consumption and Greenhouse Gas Emissions – 2020 Outcome” (April 20, 2023). Available at SSRN. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://ssrn.com/abstract=4424264> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4424264>
- OCCTO (2024)「2024 年度供給計画のとりまとめ」、電力広域的運営推進機関、2024 年 3 月 29 日 (2024/7/18 アクセス)  
<https://www.occto.or.jp/kyoukei/torimatome/>
- Masanet, Eric, Arman Shehabi, Nuo Lei, Sarah Smith and Jonathan Koomey (2020) “Recalibrating global data center energy-use estimates”, Science, 28 Feb., 2020, Vol. 367, Issue 6481, pp.984-986. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
[https://datacenters.lbl.gov/sites/default/files/Masanet\\_et\\_al\\_Science\\_2020.full\\_.pdf](https://datacenters.lbl.gov/sites/default/files/Masanet_et_al_Science_2020.full_.pdf)
- RE100 (2024) Open consultation around proposed changes to the RE100 technical criteria, April 2024. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://www.there100.org/sites/re100/files/2024-04/2024%20consultation%20on%20RE100%20technical%20criteria%20changes.pdf>
- SEI and Ecoequity (2018) Climate Equity Reference Calculator, SEI Homepage. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://www.sei.org/tools/climate-equity-reference-calculator/>
- Shiraishi, Kenji, Won Young Park, Nikit Abhyankar, Umed Paliwal, Nina Khanna, Toru Morotomi, Jiang Lin, Amol A. Phadke (2023) The 2035 Report: Plummeting Cost of Solar, Wind, and Batteris can Accelerate Japan’s Clean and Independent Electricity Future, Berkeley Lab, Feb.27, 2023. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://emp.lbl.gov/publications/2035-japan-report-plummeting-costs>
- Showyourbudgets (2024) Pathways to net-zero emissions for various CO<sub>2</sub> budgets Japan, #showyourbudgets HP. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
<https://www.showyourbudgets.org/?country=japan>
- USEIA (2023) Levelized Costs of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2023, April. 2023. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
[https://www.eia.gov/outlooks/aeo/electricity\\_generation/pdf/AEO2023\\_LCOE\\_report.pdf](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/electricity_generation/pdf/AEO2023_LCOE_report.pdf)
- USEIA (2022) Levelized Costs of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2022, March 2022. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
[https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity\\_generation.pdf](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity_generation.pdf)
- Watts, Nick et al. (2018) “The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health”, the Lancet, Oct. 30, 2017. (Accessed on 18. Jul., 2024)  
[http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736\(17\)32464-9.pdf](http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(17)32464-9.pdf)
- WWF ジャパン (2024)「2035 年 60%以上(2019 年比)の温室効果ガス削減を可能とする「2035 年エネルギーミックスと NDC」提案～ COP28 の要請【2030 年再エネ 3 倍】にこたえよう、日本～」、WWF ジャパン HP、2024 年 5 月 31 日 (2024/7/18 アクセス)  
<https://www.wwf.or.jp/activities/data/20240531climate03.pdf>

# Green Transition 2035

グリーントランジション 2035  
未来のためのエネルギー転換研究グループ

2024年9月9日