

GREENPEACE

Institute for
Sustainable
Energy
policies

isep

東京都の 再生可能エネルギー 100% シナリオ

～グリーン・リカバリーによる
脱炭素化ロードマップ～

国際環境 NGO グリーンピース・ジャパン
認定 NPO 法人 環境エネルギー政策研究所 (ISEP)

2021年6月

東京都の再生可能エネルギー 100% シナリオ ～グリーン・リカバリーによる脱炭素化ロードマップ～

目次

03	概要
07	1 はじめに
08	2 気候危機とゼロエミッション 東京戦略
11	3 東京都内のエネルギー消費の 現状
15	4 省エネルギーシナリオ
26	5 再生可能エネルギーの現状
31	6 再生可能エネルギー 100% シナリオ
43	7 提言
47	参考文献

再生可能エネルギーという表記について

国際環境NGOグリーンピース・ジャパン、認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所では、通常、太陽光や熱、風力、地熱など自然由来のエネルギーを「自然エネルギー」と表現しています。東京都ではそうした自然由来のエネルギーについて「再生可能エネルギー」と表現しており、東京都の資料からの引用を多用する本報告書では混乱を避けるために「再生可能エネルギー」と表記しています。

本報告書は、国際環境NGOグリーンピース・ジャパンが、認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所に執筆を委託したものです。

執筆：松原弘直（認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所）

検討/編集：鈴木かずえ、柏木愛、高橋マーヤ（国際環境NGOグリーンピース・ジャパン）

レイアウト/デザイン：三石芳明

謝辞

本報告書の省エネルギーシナリオおよび経済波及効果などについては、歌川学氏（産業技術総合研究所）より多くの助言を頂きました。深く感謝します。

免責事項

本報告書は、情報共有、環境保護、公共の利益を目的としたものであり、投資やその他の意思決定プロセスの参考にするものではありません。したがって、投資やその他の意思決定プロセスの参考として使用すべきではありません。このように使用された場合、グリーンピース・ジャパンおよび認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所（ISEP）はそのような使用から生じるいかなる責任も免除されます。グリーンピース・ジャパンおよびISEPは、本報告書に含まれる情報の迅速性、正確性、完全性を保証するものではありません。

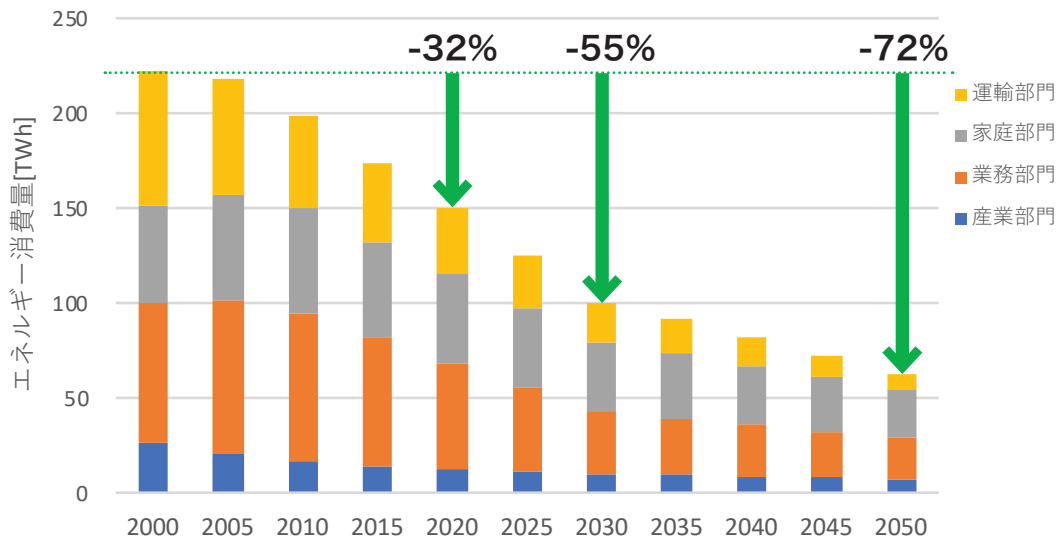
ご質問やコメントがある場合は、kouhou@greenpeace.org までご連絡ください。

概要

東京都のゼロエミッション戦略の実現をより具体化するために、東京都の2050年までの再生可能エネルギー100%シナリオを検討し、脱炭素化と持続可能な経済復興（グリーン・リカバリー）との両立を提言する。電力・熱・運輸の各分野での脱炭素化に必要な施策を明確にするために、省エネルギーのポテンシャルと施策例を示した上で、東京都が目指す2030年「カーボンハーフ」（CO₂排出量・エネルギー消費量2000年比50%削減、再生可能エネルギー電力使用50%）を上回るシナリオを提示した。2030年の再生可能エネルギー電力の割合を50%から100%まで比較を行い、2050年までの脱炭素化（ゼロエミッション）と共に再生可能エネルギー100%を実現するシナリオを検討した。このグリーン・リカバリーを前提としたシナリオでは、2030年のエネルギー消費量は55%削減、再生可能エネルギー電力比率が50%のときにはCO₂排出量は65%削減となるが、2030年電力再エネ100%ではCO₂排出量が82%削減となる（2000年比）。2050年までのゼロエミッション東京の実現へのロードマップを示し、実現のための10の提言を行った。さらに省エネルギーおよび再生可能エネルギーによる設備投資額の費用と光熱費削減による便益の分析を行い、本シナリオによる経済的な効果を示した。

本シナリオにより以下のことが明らかになった。

(1) グリーン・リカバリーを前提とした省エネルギーシナリオにより、2030年にエネルギー消費量を55%削減（2000年比）し、2050年には72%の削減を達成することができる。



図A：省エネルギーシナリオでのエネルギー消費量（部門別）の推移

(2) 脱原発を前提に2030年に再生可能エネルギー電力の割合を50%以上とした場合、脱石炭をすることでCO₂排出量を65%以上削減することができ、東京都の「カーボンハーフ」の目標を上回るCO₂排出量の削減が実現できる。さらに2030年再生可能エネルギー由来の電力の割合の目標を50%から100%まで引き上げることで、CO₂排出量は80%以上削減できる。

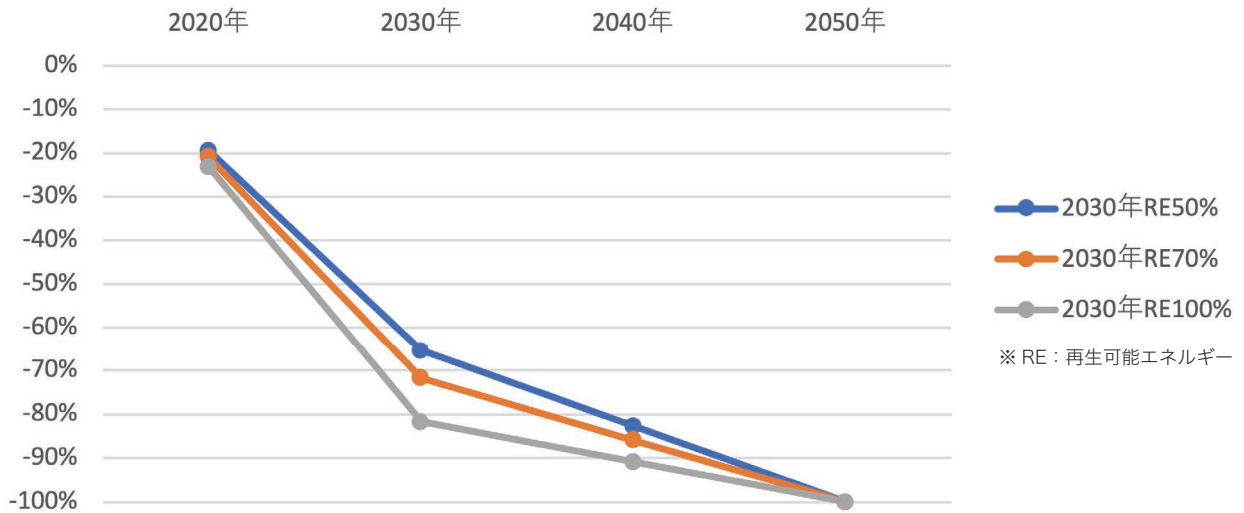


図 B：再生可能エネルギー 100% シナリオにおける CO₂ 排出削減率の比較

(3) 2030年再生可能エネルギー電力の割合の目標を50%から100%まで引き上げることで、2030年までの再生可能エネルギーの設備投資額が増え、経済波及効果や雇用などグリーン・リカバリーをさらに進める効果がある。

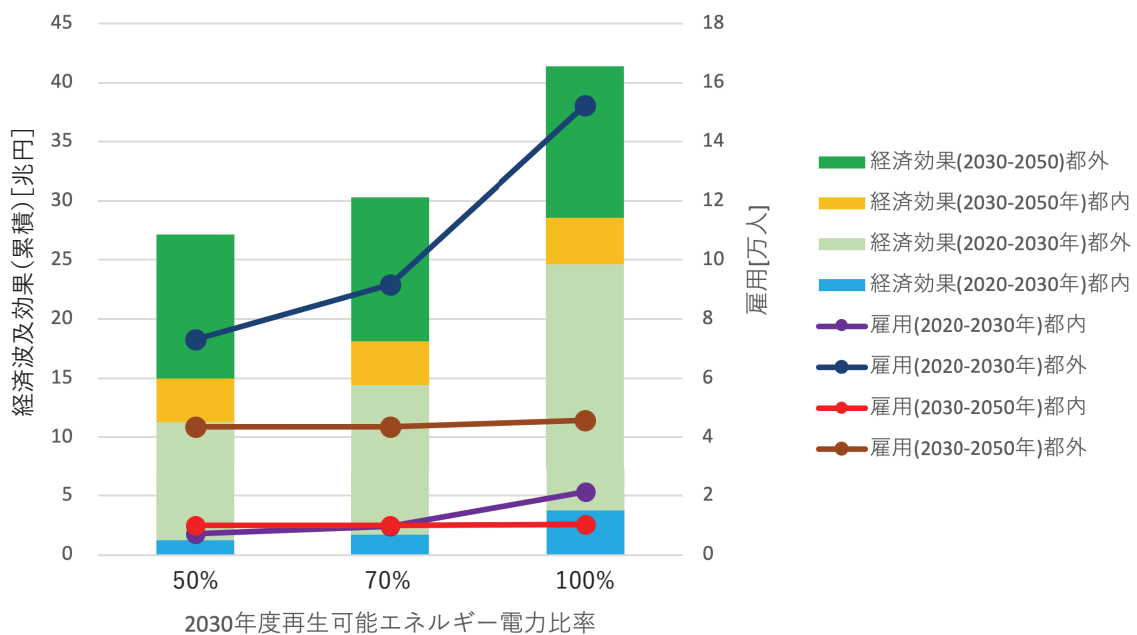
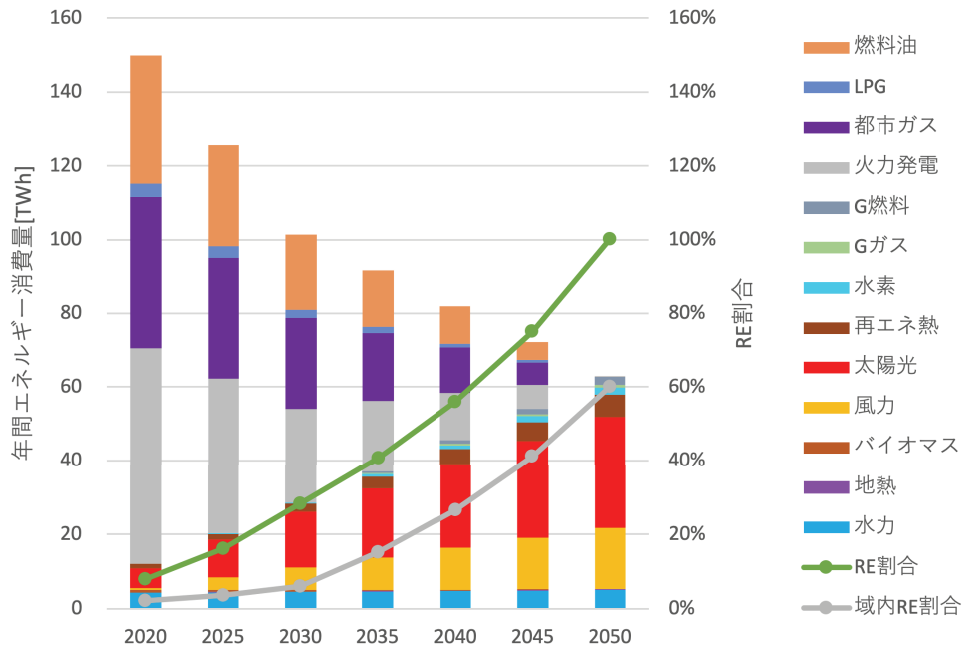


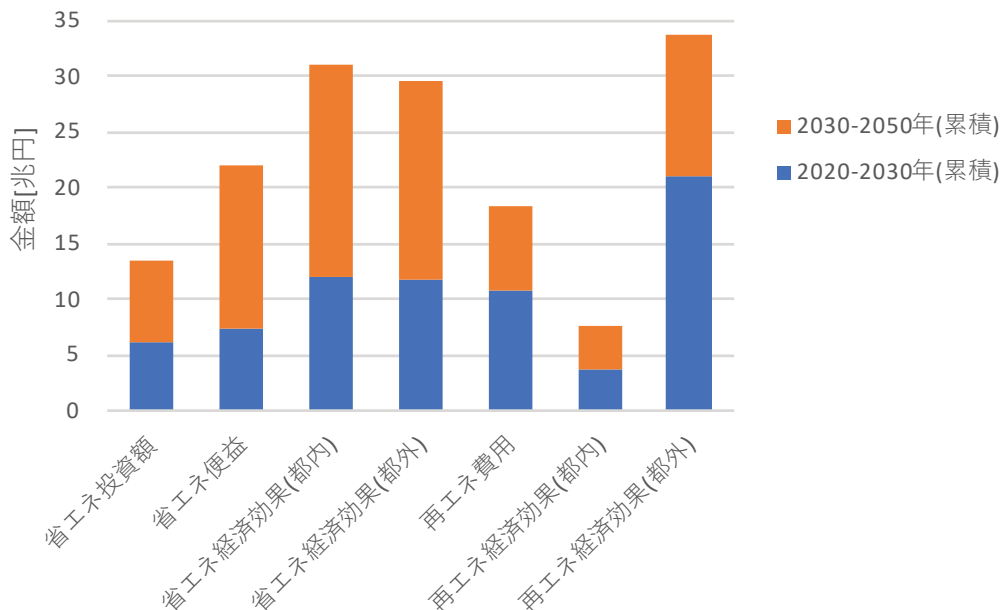
図 C：再生可能エネルギーシナリオにおける経済波及効果および雇用の比較

(4) 脱原発と脱化石燃料を実現し、東京都の域内の再生可能エネルギーの導入を中心として、域外からの太陽光および風力発電の電気の調達により2050年に脱炭素化・CO₂排出量ゼロ（ゼロエミッション）を再生可能エネルギー100%により達成することが可能。



図D：再生可能エネルギー100%シナリオでのエネルギー構成（2030年電力再生可能エネルギー50%）

(5) 省エネルギーによる便益（光熱費の削減から投資額を引いた金額）は、2020年から2050年までの累積で22兆円に達し、設備投資および光熱費削減に伴う経済波及効果は約61兆円（都内31.1兆円、都外29.5兆円）に達する。省エネルギーによる雇用は13.5万人（都内6.5万人、都外7.0万人）となる。再生可能エネルギーの導入による経済波及効果は、2030年までの再生可能エネルギー電力の比率を100%とした場合、2020年から2050年までの累積で約41兆円（都内7.7兆円、都外33.7兆円）となり、雇用は9.5万人（都内1.4万人、都外8.1万人）となる。



図E：省エネルギーおよび再生可能エネルギーによる投資額等の費用および経済波及効果の試算

提 言

1. 再生可能エネルギー 100% による 2050 年ゼロエミッションの実現
2. 野心的な目標の法定化
3. 再生可能エネルギー 100% に向けた域内の設備導入の促進
4. 再生可能エネルギー 100% に向けた調達の仕組みの構築
5. 情報提供の拡充
6. 業務部門と家庭部門の断熱建築・ZEB/ZEH、再生可能エネルギーの確実な普及
7. 業務部門の面的な省エネルギーおよび再生可能エネルギー等利用の推進
8. 運輸部門のエネルギー効率化と支援
9. 市民参加・マルチステークホルダーの推進および専門家による支援制度
10. 公正な移行に基づくエネルギー転換の推進

1 はじめに

東京都は2019年12月に発表した「ゼロエミッション東京戦略」において、2050年にCO₂排出実質ゼロを達成するために、再生可能エネルギーを基幹エネルギーとして使用エネルギーの100%脱炭素化を目指している。その実現のためには、これまでの政策や取り組みの延長ではなく、全ての分野においてゼロエミッション（脱炭素化）に向けた中長期的な、より大胆な施策が求められている。新型コロナウイルス禍からの経済回復が求められるなか、気候危機を回避し、持続可能な経済復興いわゆる「グリーン・リカバリー」の視点が欠かせない。そこで、東京都のゼロエミッション戦略の実現をより具体化するために、2050年までの東京都の再生可能エネルギー100%シナリオを、2030年の姿と共に検討し、持続可能な経済復興（グリーン・リカバリー）との両立を提言する。

電力・熱・運輸の各分野での脱炭素化に必要な施策を明確にするために、省エネルギーのシナリオとして、まず各部門の省エネルギーのポテンシャルを示した上で、2050年までのシナリオを検討した。このシナリオは、ゼロエミッション東京戦略をベースに気候変動政策のための各種の制度を強化することで、2030年の「カーボンハーフ」（CO₂排出量・エネルギー消費量2000年比50%削減、再生可能エネルギー電力使用50%）を上回る省エネルギーとCO₂排出削減を実現し、2050年度までに脱原発と脱化石燃料を前提とした脱炭素化を実現する再生可能エネルギー100%シナリオのベースとなる。

さらにこのシナリオに基づく省エネルギーを前提に東京都において2050年までに再生可能エネルギー100%を実現するシナリオを検討し、省エネルギーに伴う電化と、電力・熱・交通の部門を跨るセクターカップリングによるエネルギー転換のロードマップを示す。再生可能エネルギーとしては、東京都内および周辺地域（域内）での導入ポテンシャルを考慮して域内でできるだけ再生可能エネルギーの発電設備および熱設備の導入量を増やす想定とし、域外からは主に太陽光および風力発電の電気を調達する。できるだけ再生可能エネルギー電気を直接使うことができるように電化を進めるが、域内の再生可能エネルギー熱（太陽熱や地熱など）や出力が変動する再生可能エネルギー（太陽光および風力）の余剰電力から製造した水素およびグリーンガス・燃料の利用も想定した。

2 気候危機とゼロエミッション 東京戦略

2.1 気候危機と都市の役割

世界の平均気温はすでに産業革命以前と比較して約1.2°C上昇し、主に石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料の使用に伴う人為起源のCO₂排出による地球温暖化が要因となって、世界は気候危機に直面している。IPCC（気候変動政府間パネル）は壊滅的な気候危機を回避するためには世界的な平均気温上昇を1.5°C未満に抑える必要があるとしている。この1.5°C目標実現のためには2030年に世界のCO₂排出量を2010年比で45%削減し、2050年にCO₂排出実質ゼロを目指すことが必要となっている。すでに日本を含め世界121カ国以上、さらに東京を含め700以上の都市が2050年までにCO₂排出実質ゼロを目指し行動することを宣言している（Climate Ambition Alliance, 2021ほか）。

世界全体の人口78億人のうち55%以上にあたる44億人が都市圏に住んでいると言われている。都市は世界全体のエネルギーの約3分の2を消費し、2018年のCO₂排出量は世界全体の75%に達しており、それらの割合は都市化により増加し続けている（REN21, 2021）。この観点からも、都市は世界の気候変動問題に対して極めて重要な役割を果たす必要がある。電力・熱・交通の各分野の再生可能エネルギー100%目標を持つ都市が増えており、617の都市が再生可能エネルギー100%の目標を持っている（図1）。すでに34カ国で約1,940の自治体が「気候非常事態宣言」を発しており、日本国内でも東京都を含めて72の自治体が宣言している（Climate Emergency Declaration, 2021年5月14日現在）。また、持続可能でレジリエント（強靱）な地域づくりを目指し、パリ協定の目標の達成に地域から貢献しようという「世界気候エネルギー首長誓約」では、世界人口の1割に相当する139カ国の1万を超える自治体の首長が誓約し、行動計画を策定した上で具体的な取り組みを積極的に進めている。同じく国際的な都市のネットワークであるC40の枠組みでは、2018年末までに世界人口の1割、25%の経済規模に相当する96都市が気候変動対策にコミットしている。

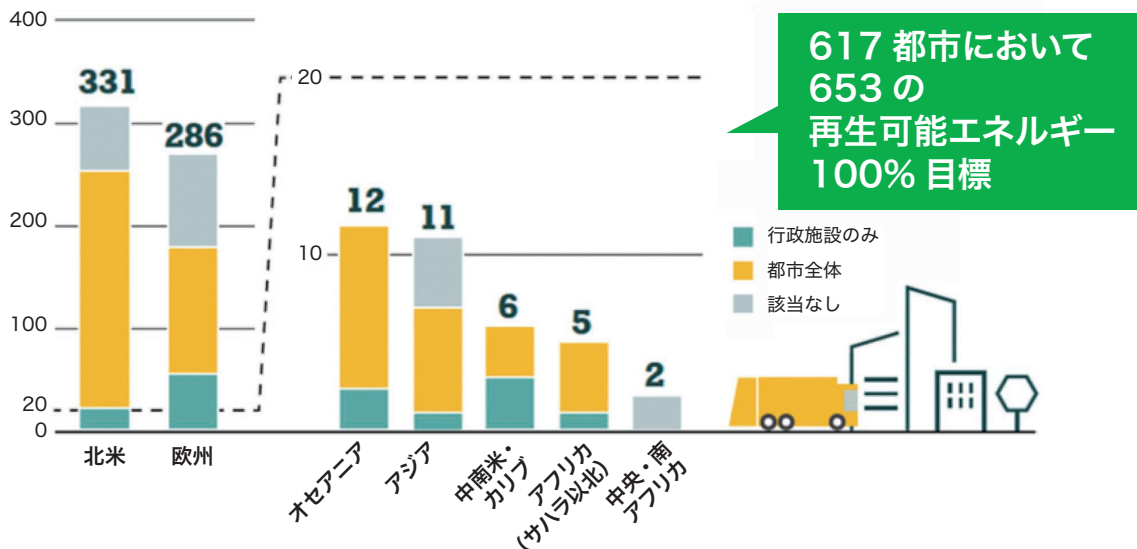


図1：再生可能エネルギー100%目標を持つ都市の数（2020年）
出所：REN21（2021）

2.2 気候危機と都市の役割

東京都では、2007年に気候変動対策方針（東京都，2007）を策定し、2020年までに温室効果ガス排出量の25%削減、エネルギー消費量30%削減（2000年比）を目標として、2010年からはキャップ&トレード型排出量取引制度などの政策導入を行ってきた。その中では大規模事業所を中心に省エネルギー等によるエネルギー消費量の削減と再生可能エネルギーや未利用エネルギー（排熱など）の積極的な活用が進められた。2019年5月に2050年までの「ゼロエミッション東京」を宣言し、同12月に「ゼロエミッション東京戦略」を策定した。

さらに、2021年1月に小池都知事が2030年の50%CO₂削減（2000年比）を目指すと表明し、同3月には「カーボンハーフ」（CO₂排出量・エネルギー消費量2000年比50%削減、再生可能エネルギー電力使用50%）を目標とした「ゼロエミッション東京戦略2020 Update & Report」が策定された（東京都，2021）。ゼロエミッション東京の実現のためには今後10年間の取り組みが極めて重要として、6つの分野で14の政策を掲げている。「エネルギーセクター」の分野に対する政策として、エネルギーの脱炭素化のための「再生可能エネルギーの基幹エネルギー化」を掲げており、2030年までにエネルギー消費量を50%削減（2000年比）、再生可能エネルギー電力利用割合を50%、都有施設の使用電力を再生可能エネルギー100%とし、都内の太陽光発電設備の導入量を130万kWといった点を主要目標としている。2030年に向けては、事業者等とも連携し、都内で太陽光発電（PV）の設置やその自家消費を拡大したり、都外の再エネ設備からの電力の利用や脱炭素熱の利用を含めた、再エネ利用を前提とした都市づくりを掲げている。その実現のためのアプローチとしては、エネルギー有効利用制度など建築に係る都条例等も活用し、都市開発時や既存建物での電気や熱の再エネ利用、脱炭素化を促進する。東京はエネルギーの大消費地であり、脱炭素社会の実現には、電力だけではなく、熱エネルギーも含めた脱炭素化を必要としており、エネルギーの地産地消も推進するとしている。2050年に目指すべき姿としては、使用エネルギーの100%脱炭素化、再生可能エネルギーを基幹電源とする100%脱炭素電力の供給、再生可能エネルギーの地産地消とエネルギーシェアリング（需給調整）が標準となるとしている。さらに再生可能エネルギー大量導入を水素で支え、あらゆる分野で再エネ由来のCO₂フリー水素を本格活用し、脱炭素社会を支えるエネルギーの柱のひとつにするとしている。

「都市インフラセクター（建築物編）」分野では「ゼロエミッションビル（ZEB）の拡大」を掲げている。建物のゼロエミッション化は世界の大都市共通の目標であり、現に東京のCO₂排出量の7割以上は建物由来（業務部門と家庭部門）である。2050年に目指すべき姿として都内全ての建物が防災や暑さ対策など適応策の観点も踏まえたZEBになるとしている。2030年に向けては、新築時のZEBの標準化と、既存建物のゼロエミビルへの移行が進展し、建物はサステナブル投資等を呼び込む「脱炭素化」をすることや、新築住宅でのゼロエミ仕様の標準化と、既存住宅での高い断熱性能確保が進展し、住宅は「レジリエントな健康住宅」になることをビジョンとして掲げている。2050年に向けたチャレンジとしてZEBやゼロエミッション住宅（ZEH）の標準化を進め、電化が困難な分野における脱炭素エネルギー化やローカーボン資材（木材など）の活用の標準化も進めるとしている。

「都市インフラセクター（運輸編）」分野では「ゼロエミッションビークル（ZEV）の普及促進」を掲げて、「ZEV普及プログラム」を策定している。2030年に向け、環境配慮型のマルチエネルギーステーションが定着し、小型車から大型車まで幅広いZEVの普及、自動運転やMaaS（Mobility as a Service）利用社

会に向けたモビリティ改革の進展、二輪車の非ガソリン化の加速等を掲げている。2050年の目指すべき姿として、都内を走る自動車は全てZEV化し、再生可能エネルギーの利用が進んでゼロエミッションを実現している。

3 東京都内のエネルギー消費の現状

東京都内の部門別のエネルギー消費量（2018年度）では、業務部門の割合が全体の約4割（40%）を占め最も大きい。家庭部門が約3割（31%）、運輸部門が約2割（21%）を占め、産業部門は1割未満（8%）と小さいことが特徴である（図2）。エネルギー種別（2018年度）では電力が全体の約半分（47%）を占めており、都市ガスが約3割（29%）、主に運輸部門の燃料油が約2割（22%）となっている。業務部門の中の割合（2017年度）では、事務所ビルが約6割（61%）と圧倒的に高い割合を占めており、飲食店（9%）や学校（8%）がそれぞれ1割程度を占めている状況である（図3）。

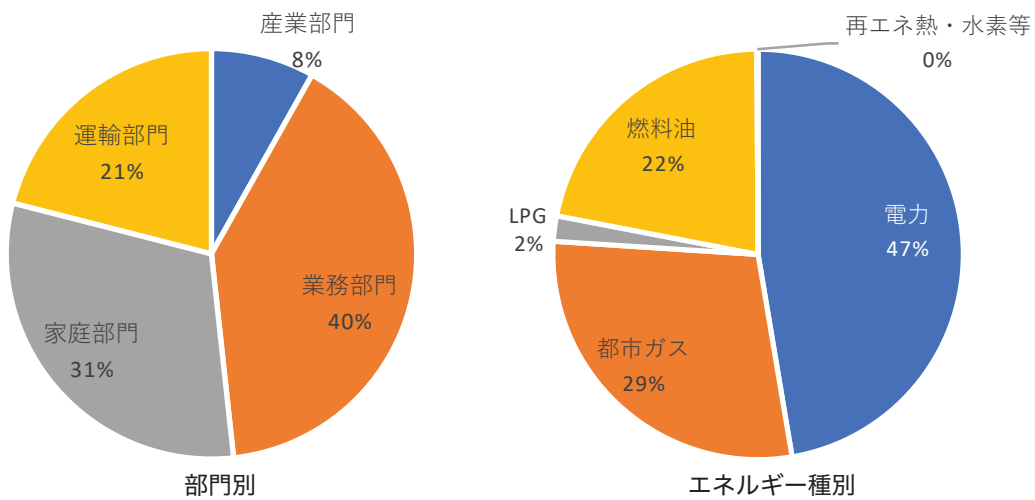


図2：東京都内のエネルギー消費量（2018年度）の割合
出所：東京都「都内の最終エネルギー消費及び温室効果ガス排出量（2018年度速報値）」

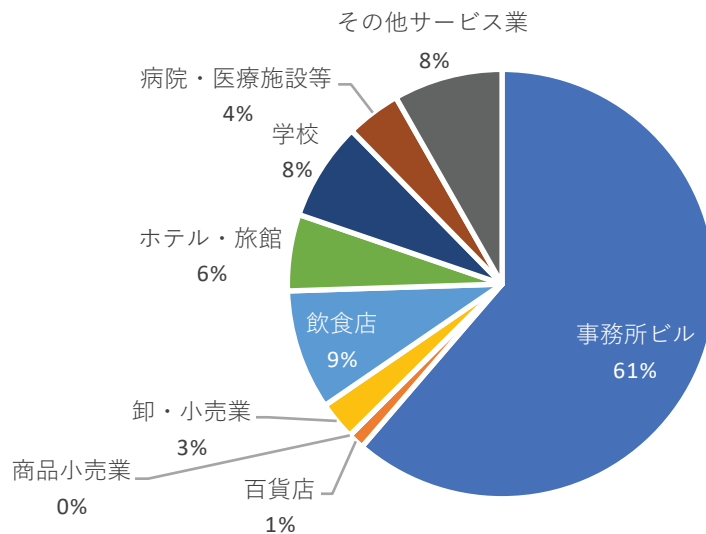


図3：業務部門の最終エネルギー消費量（2017年度）の割合
出所：東京都「都内の最終エネルギー消費及び温室効果ガス排出量」（2017年度データ）」

東京都内で使われている電気の平均的な電源構成は、最新の2020年度の一般送配電事業者（東京電力パワーグリッド）のデータでは化石燃料による火力発電が約8割（81%）を占めており、再生可能エネルギーの割合は1割程度（12.7%）である（図4）。再生可能エネルギーの内訳は水力4.6%、太陽光6.7%、風力0.4%である。なお、地域間連系線を通じた供給が11%程度あり、主に隣接する東北電力エリアからの再生可能エネルギーの比率が3割程度（33%）の電力供給が含まれていると想定される。これを含めると再生可能エネルギーの比率は約16.5%となる。

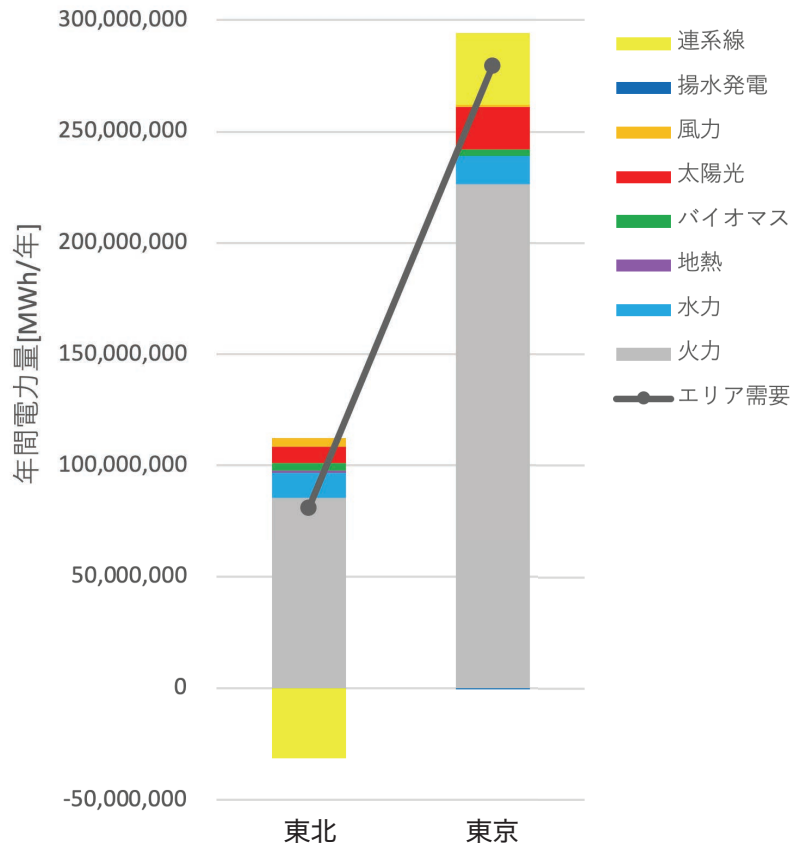


図4：エリア別の電源構成 (2020年度)
出所：一般送配電事業者データより作成

なお、この電源構成は、2016年度からの電力自由化に伴いユーザーが契約する小売電気事業者のメニューにより異なり、現状でも再生可能エネルギー100%の電気を選択することは可能になっているが、ここでは平均的な電源構成を示した。なお、東京都ではエネルギー環境計画書制度により都内に電気を供給している小売電気事業者および一般送配電事業者が、CO₂排出係数および再生可能エネルギー供給量の割合に関する目標値の計画と進捗状況の報告の提出を毎年度行っている（東京都エネルギー環境計画書制度, 2021）。2019年度の実績では、対象事業者が239社となり、そのうち15社が再エネ50%以上の電気（FIT電気を含む）を供給している（再エネ100%は2社のみ）。都内への再生可能エネルギー等の電気（FIT電気、未利用エネルギーを含む）の供給量は2019年度には110億kWh（11.0TWh）となったが、これは都内の電力消費量の13.7%に相当する。しかし、FIT電気や未利用エネルギー以外の再生可能エネルギーの利用量は41億kWh（4.1TWh）に留まる。現行制度では再生可能エネルギーの調達には様々な課題があり、FIT電気のための非化石証書制度の改善や再生可能エネルギーの直接調達（PPA、自己託送など）が進められている。

東京都内の最終エネルギー消費量は、2000年度と比べて2018年度には24%減少しており、特に産業部門（49%減）と運輸部門（50%減）での減少率が大きい（表1, 図5）。産業部門については、東京都内の製造業生産指数は製造量の減少や域外への移転などによりこの期間に41%減少し、生産指数に対するエネルギー効率も全体としてやや向上したため全体として49%減となった。運輸部門は、2000年度以降、減少が続いており、2010年度比でも26%減少している。これは、都内の交通量の減少や燃費の向上などのエネルギー効率が向上しているためと考えられる。業務部門のエネルギー消費量は2000年度と比べて2010年度までに少し増加したが、その後減少に転じており、2018年度には2000年度比で7%減少した。これは事務所ビルの延床面積が2倍近くになるなど大幅に増加する一方で、エネルギー効率は改善しているためである。家庭部門のエネルギー消費量も2010年度までに若干増加したが、その後は2018年度までに2010年度比8%減少した（2000年度比では0.6%増加）。

表1：東京都の最終エネルギー消費の推移（部門別）
出所：東京都「都内の最終エネルギー消費及び温室効果ガス排出量（2018年度速報値）」

[TWh]	2000年度	2005年度	2010年度	2011年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2000年度比	2010年度比
産業部門	26.8	20.4	16.9	16.1	13.9	13.9	14.1	13.8	-48.6%	-18.6%
業務部門	73.0	81.3	77.3	69.2	67.8	67.5	67.9	67.8	-7.2%	-12.3%
家庭部門	51.6	55.2	56.4	54.4	50.5	51.9	54.2	51.9	0.6%	-8.1%
運輸部門	71.5	60.6	47.6	46.8	41.7	36.7	36.2	35.5	-50.3%	-25.5%
合計	222.9	217.5	198.3	186.6	173.8	170.0	172.4	168.9	-24.2%	-14.8%

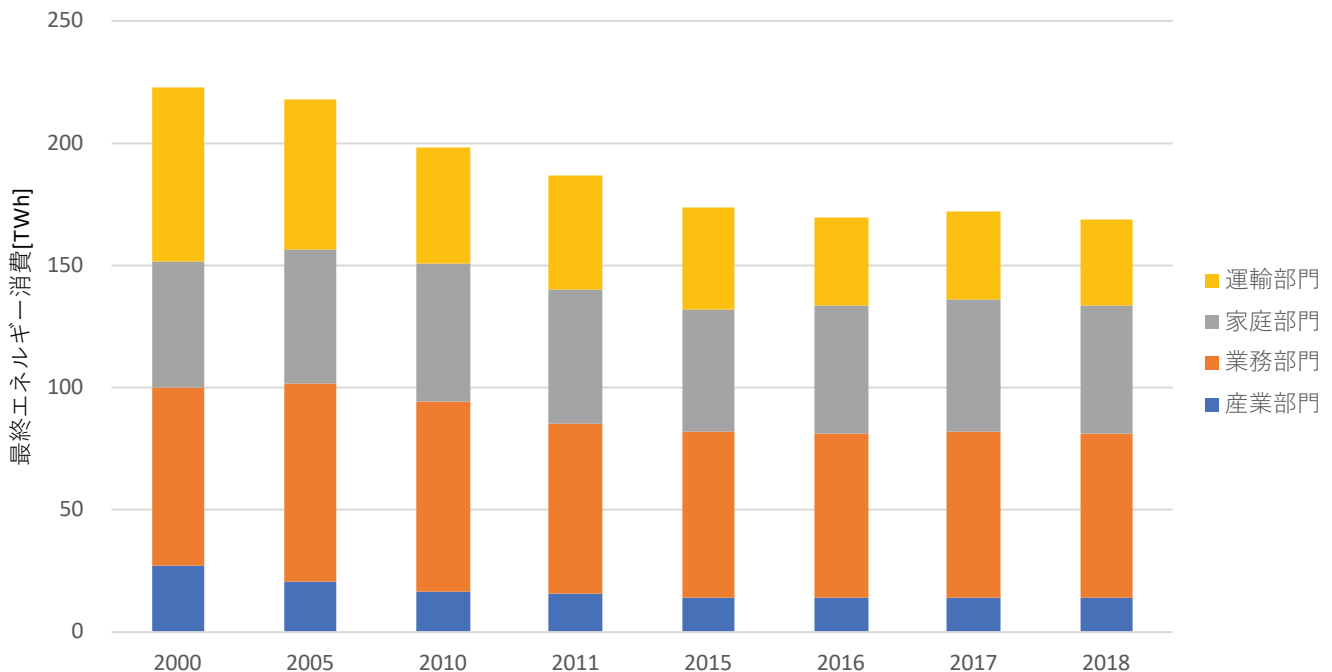


図5：東京都の最終エネルギー消費の推移（部門別）
出所：東京都「都内の最終エネルギー消費及び温室効果ガス排出量（2018年度速報値）」

エネルギー種別の最終エネルギー消費の推移では、主に運輸部門で消費される燃料油の消費量が燃費の向上などで約半分に減少（2000年比53%減）しているが、都市ガスや電力の消費量は2000年度比ではほぼ横ばい、2010年度比では1割程度の減少傾向である（表2、図6）。電気の利用割合を示す電化率については、2000年度に37%だったものが、2018年度には47%まで増加しているが、燃料油とLPGの減少が主な原因であり、都市ガスが電気に転換するような電化へのシフトはまだ始まっていないと考えられる。

表 2：東京都の最終エネルギー消費（エネルギー種別）の推移
出所：東京都「都内の最終エネルギー消費及び温室効果ガス排出量（2018年度速報値）」

[TWh]	2000年度	2005年度	2010年度	2011年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2000年度比	2010年度比
電力	82.2	87.7	89.9	80.6	78.4	79.0	80.0	80.1	-2.7%	-11.0%
都市ガス	51.9	58.7	54.7	52.2	48.9	49.6	50.6	48.5	-2.6%	-7.6%
LPG	9.1	7.4	5.4	5.7	4.4	3.2	4.2	3.4	-54.4%	-22.2%
燃料油	79.1	63.7	48.4	47.8	42.1	38.0	37.5	37.0	-52.6%	-22.5%
その他	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	-75.1%	-44.0%
合計	222.8	217.5	198.3	186.7	173.9	170.0	172.2	168.9	-22.7%	-13.2%
電化率	36.9%	40.3%	45.3%	43.2%	45.1%	46.5%	46.5%	47.4%		

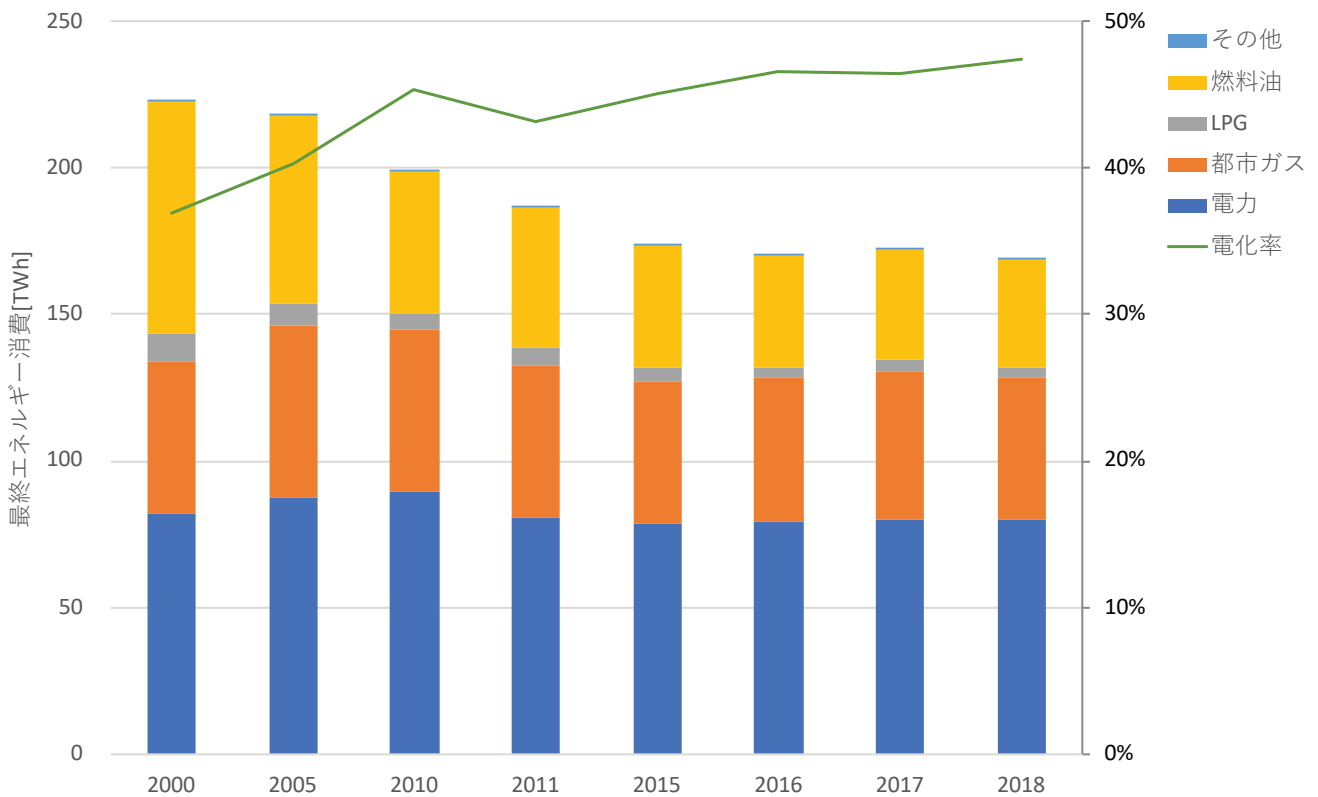


図 6：東京都の最終エネルギー消費（エネルギー種別）の推移
出所：東京都「都内の最終エネルギー消費及び温室効果ガス排出量（2018年度速報値）」

4 省エネルギーシナリオ

4.1 省エネルギーのポテンシャル

省エネルギーおよびエネルギー効率（活動量あたりのエネルギー消費量。活動量は生産量、床面積、世帯数、輸送量などがある）の改善には大きなポテンシャル（実現可能性）がある。2030年度CO₂排出削減の将来予測をレビューした東日本大震災以降の研究で、2030年度のCO₂排出量を1990年度比50%以上削減可能との研究が幾つも出されている。このうち最終エネルギー消費量について、2030年度までに2010年度比で30%以上削減が可能との研究が幾つもある（明日香ら, 2015）。50%近いCO₂排出削減を示した研究は活動量自体を減らす活動量のスリム化も対策に入れているが、30~40%削減するという研究では活動量について政府想定などをそのまま使っている。大量生産を継続する前提で試算を行っているため、大量生産をやめて活動量を減らすことで省エネルギーのポテンシャルはより大きくなる。その他にも省エネルギーのポテンシャルの大きさを示した複数の研究が報告されている（WWFジャパン, 2017, 2021, 自然エネルギー財団, 2020）。

以下、部門ごとの省エネルギーおよびエネルギー効率改善のポテンシャルについて示す。

(1) 家庭部門

東京都の家庭部門の世帯あたりエネルギー消費量は2017年度に2000年度比18%減少した（東京都, 2020a）。現在普及が求められるZEHでは、基準住宅比で冷房・暖房・換気・給湯・照明の一次エネルギー消費量を20%削減、ZEH+では25%削減が求められている（ZEHロードマップフォローアップ委員会, 2019, 集合住宅におけるZEHロードマップ検討委員会, 2019）。

家庭部門では、暖房に利用しているエネルギー消費量は断熱対策と機器の省エネ対策の相乗効果により、冷房・給湯・厨房・照明動力に利用しているエネルギー消費量は、機器の省エネ型への更新や省エネ改修によりそれぞれ削減ができる。その際、従来の生活スタイルを変えずに、床面積あたりのエネルギー消費量を2015年度に比較し2050年度に35%削減する可能性がある（歌川・堀尾, 2020）。

(2) 業務部門

業務部門のエネルギー消費で大きな割合を占めている事務所ビル等の建物の断熱強化、省エネルギー性から見たエネルギー消費量の削減ポテンシャルについて示す。暖房用エネルギー消費は断熱対策と機器の省エネ対策の相乗効果により、冷房・給湯・厨房・照明動力用エネルギー消費も、機器の省エネ型への更新や省エネ改修による商業化済みの省エネ対策導入により、従来の業務を維持したまま（活動量を減らさず）でも大きな削減ポテンシャルがある。例えば床面積あたりのエネルギー消費量は2015年度に比較し、2050年度に70%削減のポテンシャルがあることがわかっている（歌川・堀尾, 2020）。また今後普及が求められるZEBの定義では、冷房・暖房・給湯・照明・施設関連の動力

のエネルギー効率（一次エネルギー換算）の向上により基準ビル比50%削減、建物全体で20%以上のエネルギー消費量の削減を求めている（ZEBロードマップフォローアップ委員会, 2019）。

また、業務部門の2030年頃までの削減可能性（ポテンシャル）を定量的に示すために、図7に排出量取引制度の対象事業所の基準年（事業所ごとに2002-2007年の任意の単年または連続する3年平均）から2017年の業種別平均削減率（青色の棒グラフ）に加えて2017年平均から上位15%水準の優良レベル事業所の削減率（橙色の棒グラフ）を示す。2017年までに達成した削減率に加え、他の事業所が実施済みの対策を追加することで省エネが十分可能なことを示している。東京都の排出量取引制度の対象事業所は、製造業なども入れてCO₂排出量で平均27%削減（基準年比）を実現しており、省エネルギーが主要な対策となっている（東京都, 2020c）。この中で床面積あたりエネルギー消費量の削減率は、情報通信が11%と低いものの、他の業種は18%~36%の実績があり、事務所で36%、商業施設で31%などとなっている（東京都, 2020d）。これに加え、同じ業種でも事業所により削減率にばらつきがあり、追加の省エネルギー対策を実施すれば優良レベル事業所の水準に到達する可能性がある。優良レベル事業所で行っている対策を業種全体で行った場合の削減ポテンシャルについて業種別にみると、事務所で17%（基準年比。なお、2017年度エネルギー消費量比では27%）、他の教育、文化、商業、医療、宿泊の各施設で約20%の追加削減が可能であることがわかる。

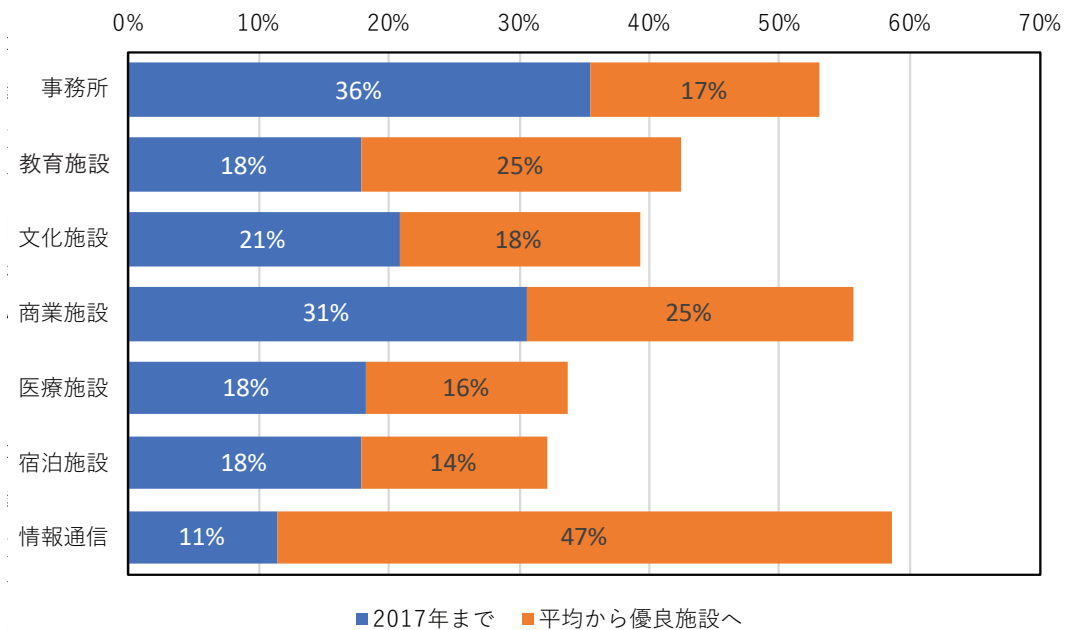


図7：業務部門の床面積あたり排出削減実績と優良事業所レベルへの追加削減（排出量取引制度対象）
出所：東京都のキャップ&トレード制度資料より作成

コ | ラ | ム | 1

業務部門のエネルギー消費の傾向

業務部門の典型業務として、事務所、商業施設、医療施設、宿泊施設、教育施設、文化施設、情報通信がある。東京都は排出量取引制度（キャップ&トレード制度）により、一定規模（エネルギー使用量が原油換算で年間1,500キロリットル）以上の対象事業所の床面積あたりエネルギー、床面積あたりCO₂排出量などを管理し、一部を公表している。排出量取引制度の対象大口事業所の床面積あたりエネルギー消費量を図8に示す。まず、情報通信は事務所に比較し平均で約7倍の床面積あたりエネルギー消費量がある。次のエネルギー多消費業種に、商業施設（百貨店、食品スーパーなど）、医療施設、宿泊施設がある。これら3業種は事務所に比較し平均で約1.5倍の床面積あたりエネルギー消費量がある。文化施設（図書館、博物館、ホールなど）の平均は事務所と余り変わらないが、ばらつきがある。教育施設は、図中に含まれるのは排出量取引制度対象の大口事業所となる大学である。大学も、文系キャンパスは床面積あたりエネルギー消費量が小さく、理系を含むキャンパスでは大きいという違いがある。なお、小規模の事業所が多いのでこのグラフには含まれていないが、飲食店は比較的エネルギー多消費の業種である。学校では小中高校は大学の半分以下である。

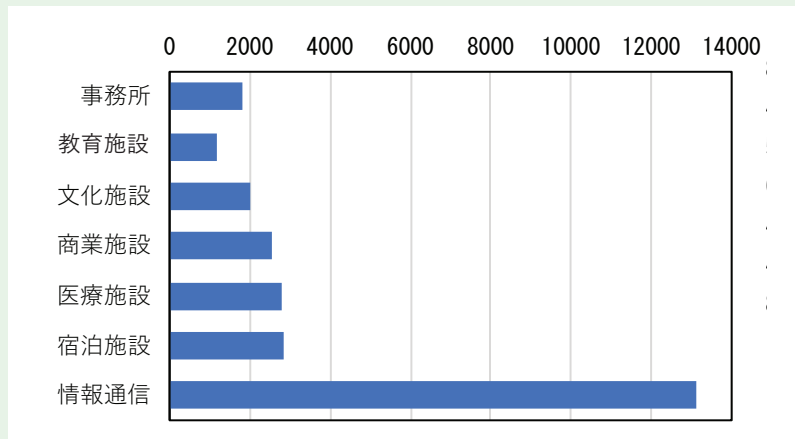


図8：業務部門の床面積あたりエネルギー消費量（排出量取引制度対象）
出所：東京都のキャップ&トレード制度資料より作成

(3) 運輸部門

東京都の運輸部門の最終エネルギー消費量は、燃費の向上や交通量の変化などにより1997年度をピークに2017年度には2000年度からほぼ半減した。運輸部門のさらなる削減ポテンシャルとして、まず内燃機関車（ガソリン車、ディーゼル車など）の燃費向上がある。自家用乗用車については、新車購入、買い換えの際に2020年度燃費基準（総合資源エネルギー調査会・交通政策審議会、2011）の中で最良の燃費の車を選ぶと、電気自動車やハイブリッド車でなくても燃費を30～40%改善できる（表3でも26%以上の削減が可能ながわかる）。バス、トラックについては2025年度燃費基準達成により大型でも2015年度基準比で燃費を12～13%改善、小型貨物車は2022年度燃費基準達成により2015年度実績比19%改善できる。

表 3：燃費基準と燃料消費量の削減率

	燃費基準	燃料消費量	備考
自家用乗用車	32.4% 改善	26% 削減	2030 年度燃費基準 2016 年度比 ^{※1}
小型貨物車	23.4% 改善	19% 削減	2022 年度燃費基準 2015 年度比 ^{※2}
大型トラック	13.4% 改善	12% 削減	2025 年度燃費基準 2015 年度比 ^{※3}
大型バス	14.3% 改善	13% 削減	2025 年度燃費基準 2015 年度比 ^{※3}

※ 1: (総合資源エネルギー調査会・交通政策審議会,2019)

※ 2: (総合資源エネルギー調査会・交通政策審議会,2015)

※ 3: (総合資源エネルギー調査会・交通政策審議会,2017)

電気自動車への転換は、さらなるエネルギー消費量の削減ポテンシャルをもたらす。乗用車では内燃機関車の2015年度実績と比較してエネルギー消費量を80%以上削減できるポテンシャルがある(WWFジャパン,2017)。バス、トラックでも内燃機関車と比較して70%以上の削減ポテンシャルがある(コラム2参照)。

コ | ラ | ム | 2 |

電気自動車の省エネルギーについて

電気自動車の使用期間中の省エネルギー性を評価するには2種類の方法がある。ひとつは電気自動車のエネルギー消費量(消費電力量)をそのまま、ガソリン車・ディーゼル車のエネルギー消費量(燃料消費量)と直接比較するもの。これで見ると電気自動車のエネルギー消費量はガソリン車・ディーゼル車より70~80%も少ない。

もう一つは電気自動車のエネルギー消費量(消費電力量)の一次エネルギー換算、つまり消費電力量分の発電をするのに必要なエネルギー消費量(燃料消費量)をガソリン車・ディーゼル車のエネルギー消費量(燃料消費量)と比較するもの。再生可能エネルギー中心の電力供給システムでは、電気自動車のエネルギー消費量はガソリン車・ディーゼル車より70~80%も少ない。火力(化石燃料)発電中心の電力供給システムでは電気自動車のエネルギー消費量(一次エネルギー換算)は消費電力量の2.5倍となり、ガソリン車・ディーゼル車のエネルギー消費量の25~50%減に留まる。

(4) 産業部門

東京都の産業部門の最終エネルギー消費に占める割合は8.2%である(2018年度)。このうち非製造業つまり農林水産業、鉱業、建設業は合わせて産業部門の最終エネルギーの29.7%、東京都全体の約2.4%を占め、この中では建設業が多くを占める。このうち、農業では、施設農業(ビニールハウスなど)について、大きな省エネルギーのポテンシャルがある。

東京都には素材製造業で、電炉普通鋼と板紙製造業の工場がある。国の省エネルギー法のベンチマー

クの対象業種の優良工場では、エネルギー効率（生産量あたりエネルギー消費量）の向上について、省エネ機器更新・改修で改善するなどし、省エネルギーが期待できる。優良事業者並みの省エネルギーに取り組むことで、電炉普通鋼では平均約16%、板紙製造業では約33%のエネルギー効率の改善が可能である（資源エネルギー庁、2020）^(注1)。電炉、板紙製造以外の素材製造業種^(注2)では、いずれも高温熱利用の割合が高く省エネルギー対策の対象は限られるものの、熱の使い回し（カスケード利用）などでエネルギー効率改善の余地がある。ガラスや石灰を含む窯業土石製品製造で30%、化学工業で20～30%のエネルギー効率改善可能性が指摘されている（WWFジャパン、2017）。

非素材製造業は、生産設備、省エネ空調設備それぞれで削減ポテンシャルがあり^(注3)、過去にも東京都の排出量取引制度、環境省の自主参加型排出量取引などで実績をあげている。これまでのエネルギー消費量の削減事例として、環境省の自主参加型排出量取引では平均で約25～30%の削減が出来ている。機械工場では購入電力量の90%削減（省エネルギーの貢献はこの半分程度）、食品工場ではエネルギー消費量の30%削減の事例がある。

(注1) 省エネ法の「ベンチマーク制度」は、事業者の省エネ状況を業界共通の指標を用いて評価し、各事業者が目標（目指すべき水準）の達成を目指し、省エネに取り組む制度である。優良事業者のエネルギー効率がその目標として使われている。製造業では生産量あたりエネルギー消費量を基本とし、業種平均より標準偏差だけよいレベルを「目指すべき水準」としている。正規分布を仮定した偏差値でいえば60レベルであり、決してトップランナー（偏差値75）ではない。なお、事業所単位やプラント単位の方が望ましいが、この制度では事業者単位で評価している。この「省エネ法ベンチマーク」により、電炉普通鋼では平均約16%、板紙製造業では約33%のエネルギー効率の改善が可能である（資源エネルギー庁、2020）。製造業の対象業種は素材系製造業の一部に限られる。

(注2) 東京都の素材関連製造業には、ガラス加工・ガラス容器製造、石灰製造業、鉄鋼の圧延・鋼管製造などがある。

(注3) 産業の電力消費削減の代表的な対策としてモーターのインバータ化、特殊空調設備の省エネ型への更新、照明のLED化（新型蛍光灯と比較しても20%以上の削減）、一般空調設備の省エネ型への更新がある。熱利用は熱回収・排熱利用が代表的対策である。また熱利用のうち、低温熱利用では、熱のまま熱回収したり、排熱利用することで省エネルギーをする他に、ヒートポンプにより熱利用の電化を行い大幅な省エネルギーを実現する方法もある。

4.2 省エネルギーシナリオの前提条件

東京都の省エネルギーシナリオを検討する上での前提条件は以下のとおりとした。

- 現状でエネルギー需給が明確な2017年度のエネルギー消費量のデータをベースに、2030年度、2050年度のエネルギー需給のバランスをとり、新型コロナウイルスの影響を考慮した持続可能な経済復興（グリーン・リカバリー）を前提としてゼロエミッション東京戦略の実現を目指すシナリオを検討する。
- 省エネルギーのシナリオでは、2030年の「カーボンハーフ」で想定されているエネルギー消費量の削減割合50%を深化させ、人口減とともに事務所の床面積、運輸旅客や貨物の減少など活動量の低減も考慮する。
- 運輸部門や熱部門ではセクターカップリング（電気・熱・交通分野に跨るエネルギー変換）や電化が進むことを前提とし、再生可能エネルギー熱の直接利用や再生可能エネルギーの余剰電力から製造した水素やグリーンガス、グリーン燃料の利用が長期的には進むことを想定する。

省エネルギーのシナリオを考える上で、エネルギー消費の前提となる活動量の想定が必要となる。エネルギーに関係する活動量は、産業部門は生産量・生産指数、業務部門は延床面積、家庭部門は世帯数、運輸部門では運輸旅客と運輸貨物の輸送量とし、それぞれの想定は以下のとおりとして、具体的な活動量の数値は表4のとおりとした。事務所延床面積、旅客輸送量および貨物輸送量については、コロナ禍を経て在宅型などに变化した経済の影響により2030年までに2017年比で10%減少すると想定する。

- 生産量：全国人口比例で減少。(特に海外への移転は見込んでいない)
- 事務所延床面積：2030年に2017年比の10%減。2030年以降は東京都の人口に比例
- 旅客輸送量：2030年に2017年比の10%減。2030年以降は東京都の人口に比例
- 貨物輸送量：2030年に2017年比の10%減。2030年以降は全国の人口に比例して減少

表4：2030年、2050年までの活動量の増減（2017年度比）想定

部門	2030年	2050年	考え方
産業部門	-6%	-19%	全国の将来人口 ^{※1} 比例で減少（海外移転は見込まず）
業務部門	+2%	-1%	2030年に事務所の床面積を2017年比10%減（その他は東京都の人口に比例）。2030年以降は東京都の将来人口 ^{※1} に比例
家庭部門	+5%	+1%	東京都の将来世帯数 ^{※2} に比例
運輸部門（旅客）	-10%	-13%	2030年に2017年比10%減。2030年以降は東京都の将来人口 ^{※1} に比例
運輸部門（貨物）	-10%	-23%	2030年に2017年比10%減。2030年以降は全国の将来人口 ^{※1} に比例

※1: 国立社会保障・人口問題研究所「日本の地域別将来推計人口（2018年推計）」, 2018

※2: 国立社会保障・人口問題研究所「日本の世帯数の将来推計（都道府県別推計）（2019年推計）」, 2019

4.3 省エネルギー対策の考え方

グリーン・リカバリーにも対応した省エネルギーシナリオを検討する際の各部門の具体的な省エネルギー対策の考え方を表5にそれぞれ2030年まで、2030年～2050年まで示す。対策の効果は原則として2020年度比で評価している。

(1) 業務部門の対策

業務部門は、建物断熱化（ZEBの普及など）による暖房用エネルギーの削減、設備機器の省エネ更新・改修により、省エネルギーのポテンシャルとしてはエネルギー消費量が現状の3分の1になる可能性がある。シナリオでは、2025年度より新築はZEBが導入されるとする。さらに既存建築の断熱改修を行い、2050年までに全建築物が断熱基準を達成する。合わせて更新時に省エネ設備が導入される。化石燃料からの電化は暖房で50%、給湯で80%としている。

(2) 家庭部門の対策

家庭部門は、建物断熱化（ゼロエミッション住宅ZEHの普及など）による暖房用エネルギーの削減、設備機器の省エネ更新・改修があり、省エネルギーのポテンシャルとしてはエネルギー消費量が現状の2/3程度（30%削減）になる。シナリオでは、2025年度より新築は全てZEHが導入されるとする。さらに既存建築の断熱改修を行い、2050年までに全建築物が断熱基準を達成する。合わせて更新時に省エネ設備が導入される。化石燃料からの電化の割合は暖房、給湯で70%、厨房で100%としている。

(3) 運輸部門の対策

運輸部門のうち旅客用の自動車は、中期的に化石燃料から電気自動車への転換により大幅な削減が可能である。シナリオでは、2030年までは更新時に乗用車で35%、バスで15%のエネルギー効率改善を想定する。電気自動車への転換は2030年に乗用車は保有台数の20%、バスは5%、2050年度までに100%とする。電化にあたり電気自動車の省エネ率を乗用車は80%、バスは70%とする。エネルギー効率改善は2030年までに鉄道と船舶は10%、航空は20%とし、2050年もこれを維持する。

運輸部門のうち貨物用トラックは、中期的に電気自動車への転換により大幅な削減が可能である。シナリオでは、2030年までは更新時に15%のエネルギー効率改善を想定する。電気自動車への転換は2030年にトラックの保有台数の5%、2050年度までに100%電気自動車とする。

(4) 産業部門の対策

産業部門の省エネルギー対策としては、省エネ設備更新・改修が主な手段となっている。素材系工場の高熱利用は対策手段に限られるが、素材系工場の電気と低温熱利用、非素材系工場生産設備（電気、熱利用とも）、農林水産・鉱業・建設業、工場の従業者向け空調照明は多様な省エネ手段があり削減率も大きい。シナリオでは、大規模事業所について2030年度までは東京都の排出量取引制度で第2期と第4期の差の21%を産業部門全体対策と想定した。2030年以降、2050年までの対策は、電力消費、熱利用それぞれについて追加で10%削減、また熱利用のうち低温熱利用と中温熱利用を電化する場合はヒートポンプ化により70%削減を想定した。

表5：省エネルギー対策の考え方

部門	対象	2030年まで	2030年以降2050年まで
業務部門	ビル（300㎡以上）	2024年まで新築・建替時に断熱基準 2025年より新築・建替時にZEB（欧米並み断熱）導入	新築・建替時にZEB（欧米並み断熱）導入、 既存建築の断熱改修（2050年までに全建築物が断熱基準達成）
	ビル（300㎡未満）	2025年より新築・建替時にZEB（欧米並み断熱）導入	
	冷暖房機器	更新時にトップクラス省エネ設備導入 冷暖房熱利用は電気小口（及び再エネ熱）に転換	
	照明動力省エネ	LEDや動力設備でシステム改善を含めて対策実施	
家庭部門	住宅（300㎡以上）	2024年まで新築・建替時に断熱基準 2025年より新築・建替時にZEH（欧米並み断熱）導入	新築・建替時にZEH（欧米並み断熱）導入、 既存建築の断熱改修（2050年までに全建築物が断熱基準達成）
	住宅（300㎡未満）	2025年より新築・建替時にZEH（欧米並み断熱）導入	
	冷暖房機器	更新時にトップクラス省エネ設備導入 冷暖房熱利用は電気小口（及び再エネ熱）に転換	
運輸部門（旅客）	乗用車（内燃機関車）	エネルギー効率改善35% 運用改善5%	全て電化
	バス（内燃機関車）	エネルギー効率改善15%	全て電化
	電気乗用車	電気乗用車化20% エネルギー効率改善80%	全て電化
	電気バス	電気バス化5% エネルギー効率改善70%	全て電化
	鉄道、船舶、航空	エネルギー効率改善は鉄道10%、船舶10%、航空20%	
運輸部門（貨物）	トラック（内燃機関車）	エネルギー効率改善15%（内燃機関車） 運用改善10%	全て電化
	電気トラック	電気トラック5%（ストック割合） エネルギー効率改善70%	全て電化
産業部門	排出量取引制度対象大口	削減義務相当のエネルギー効率改善（第2期▲15%、第4期は▲33%、今後2030年までに▲21%と設定）	工場全体の低温・中温熱利用：一部電気ヒートポンプ化（▲70%） 素材工場：電化実施
	その他	大口と同じ対策実施	中小企業：大口並みの対策を実施（2030年まで）した上でさらに電気と熱で10%省エネ

4.4 省エネルギーシナリオ

この省エネルギーシナリオでは、省エネルギー対策やエネルギー効率化を東京都の現行の政策よりも深掘りした。2030年のエネルギー消費量の削減率（2000年比）は約55%と東京都のあらたな「カーボンハーフ」の目標を超えて達成できる（図9, 表6）。さらに2050年には、エネルギー消費量の削減率（2000年比）は約72%に達する。省エネルギー対策によるエネルギー消費削減で光熱費の支出を大きく削減し、設備投資費を回収することができる。

電化が進むと共に化石燃料（都市ガス、LPG、燃料油など）の消費量が減少し、省エネルギーにより年間の電力消費量が2030年度には2000年度比37%程度減少する（図10、表7）。2030年以降には、再生可能エネルギーの余剰電力から製造された水素やメタンガスを使うこととし、2050年度の電力消費量は2030年度と同じ2000年度比37%削減になる。2050年には電化率は83%となり、都市ガスや燃料油の消費量はゼロとなるが、地域の再生可能エネルギー熱や再エネ由来の水素・グリーンガスの利用が最終エネルギー消費量の約17%となる。

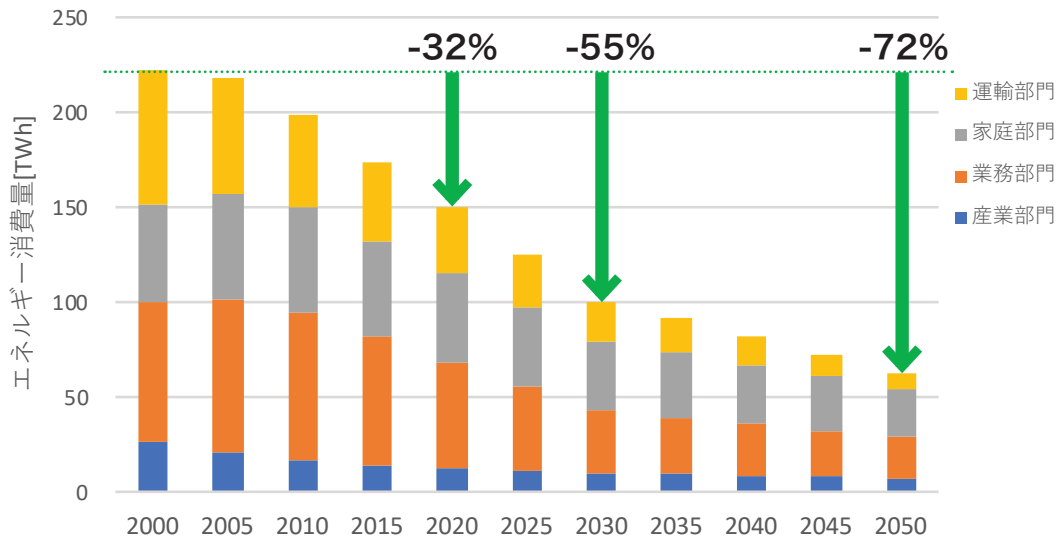


図9：省エネルギーシナリオでのエネルギー消費量（部門別）の推移

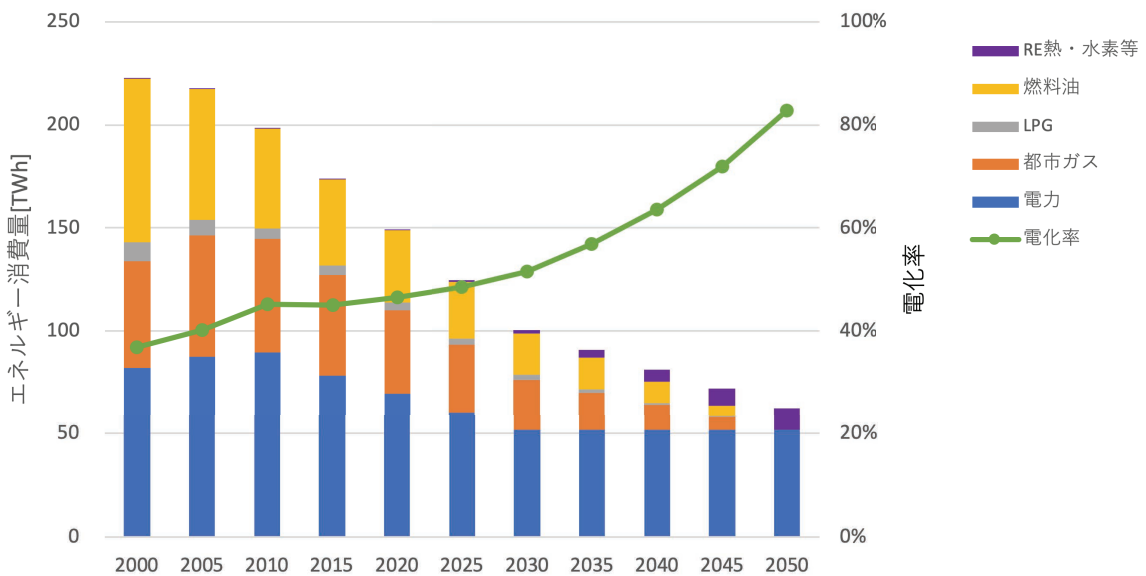


図10：省エネルギーシナリオでのエネルギー消費量（エネルギー種別）の推移

表 6：省エネルギーシナリオのエネルギー消費量の推移（部門別）

[TWh]	2000年度	2010年度	2018年度	2030年度	2050年度
産業部門	27	17	14	10	7
業務部門	73	77	68	33	22
家庭部門	52	56	52	37	26
運輸部門	72	48	36	21	8
合計	223	198	169	100	63
削減率 (2000年比)	0.0%	11.0%	24.2%	54.9%	71.9%

表 7：省エネルギーシナリオのエネルギー消費量の推移（エネルギー種別）

[TWh]	2000年度	2010年度	2018年度	2030年度	2050年度
電力	82	90	80	52	52
都市ガス	52	55	48	25	0
LPG	9	5	3	2	0
燃料油	79	48	37	20	0
再エネ熱・水素等	0	0	0	1	11
合計	223	199	169	100	63
電化率	36.9%	45.3%	47.4%	51.5%	82.8%

4.5 省エネルギーの経済効果

省エネルギーシナリオにおける2020年から2030年、2030年から2050年の累積の投資額および光熱費削減額の試算を図11および表8に示す。累積投資額の試算においては、部門・エネルギー種別ごとに省エネルギー設備の投資回収年数（5～10年間）を想定した（使用年数は一律10年と想定）。2020～2050年（30年間）で約13兆円の投資額に対して、光熱費削減が累積で35兆円に達する。省エネルギーによる便益は約22兆円で、年間約7,000億円に相当する。省エネルギー設備への投資（年間4,500億円）に伴う経済波及効果は、東京都産業関連表を用いた分析では都内で年間約1兆円、加えて都外で年間約1兆円と試算される。

2020-2030年（10年間）の累積の経済波及効果は合わせて約24兆円に上ると試算される（都内が11.9兆円、都外が11.7兆円）。この経済波及効果による雇用は都内で年間約7.4万人（省エネ設備投資3.7万人、消費増3.7万人）、都外で年間約8.2万人（省エネ設備投資3.9万人、消費増4.2万人）と試算される。

2030年以降2050年までの10年間の累積の経済波及効果は合わせて約37兆円に上ると試算される（都内が19.2兆円、都外が17.8兆円）。この経済波及効果による雇用は都内で6.1万人（省エネ設備投資2.4万人、消費増3.6万人）、都外で6.5万人（省エネ設備投資2.3万人、消費増4.2万人）と試算される。

さらに、外からの電力購入費用、化石燃料購入費用は2017年度推定で東京都全体で約2.6兆円（内訳は電気1.6兆円、化石燃料1.0兆円）であるが、再生可能エネルギーの導入により、これらの費用の域外流出（化石燃料費の場合は海外へ）を大きく抑制できるため、地域活性化と雇用拡大に寄与することが期待できる。

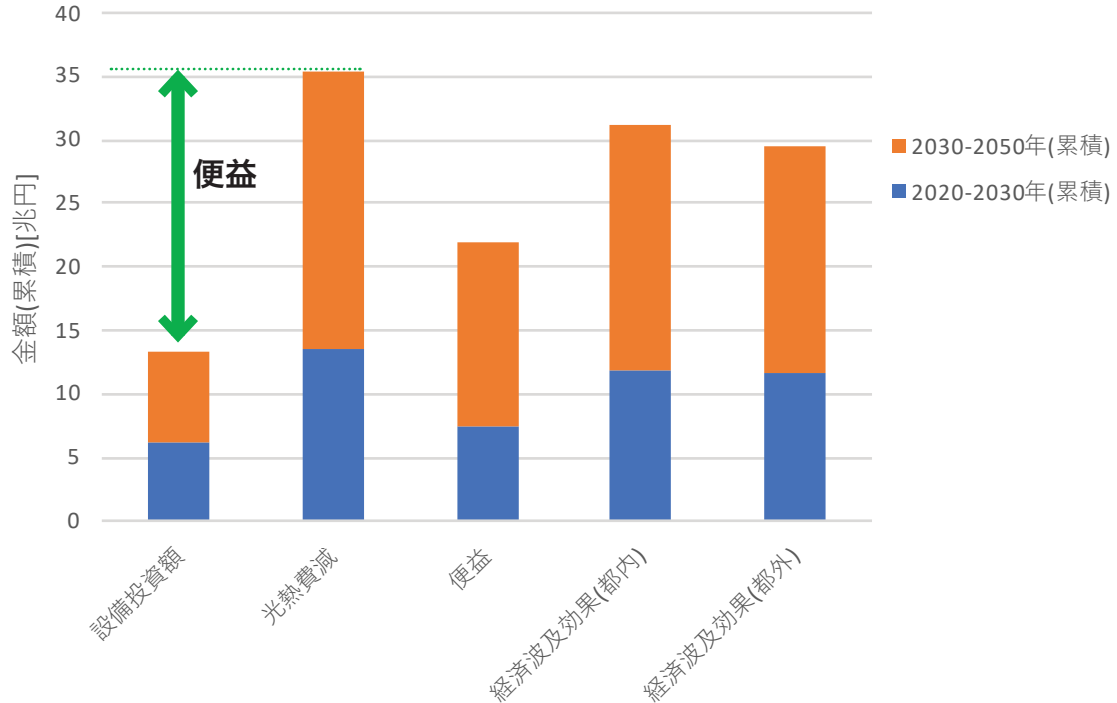


図 11：省エネルギーシナリオにおける経済効果の試算

表 8：省エネルギーシナリオにおける経済効果の試算

	投資額	光熱費減	便益	経済波及効果		雇用	
				都内	都外	都内	都外
単位	兆円	兆円	兆円	兆円	兆円	万人/年	万人/年
2020-2030年(累積)	6.2	13.6	7.4	11.9	11.7	7.4	8.2
2030-2050年(累積)	7.2	21.8	14.6	19.2	17.8	6.1	6.5
合計(累積)	13.4	35.4	22.1	31.1	29.5		
年間平均	0.5	1.2	0.7	1.0	1.0	6.5	7.0

5 再生可能エネルギーの現状

5.1 世界と日本の再生可能エネルギーの現状

コロナ禍でも世界中で再生可能エネルギーが急成長するなか、風力発電および太陽光発電の導入が世界各国でさらに進んでいる。世界的なコロナ禍の状況にも関わらず世界全体の再生可能エネルギーによる発電設備は2020年に前年を約50%上回る260GWが新規に導入された（IRENA, 2021）。なお、1GWは100万kWで原子力発電1基分の設備容量に相当する。2020年に全世界で新規に導入された発電設備の約80%は再生可能エネルギーであり、そのうち約9割が太陽光および風力発電だった。一方で化石燃料による発電設備の年間導入量は60GWまで減少している。風力発電は2020年の年間導入量が111GWで、前年の58GWから大幅に増加し、累積では700GW以上に達している。太陽光発電も、10年前の2010年には世界全体でわずか40GWだった累積導入量が2020年には127GWが新規に導入され、累積で700GW以上に達し、風力発電と同じレベルの累積導入量に達している。風力と太陽光を合わせた設備容量が2020年末には原子力発電の3倍以上の1,500GW近くに達している（図12）。

太陽光発電の累積導入量では2015年以降、中国が世界第1位となっており、2018年に国レベルの買取制度が中断したにも関わらず、さらに導入が進んでいる。すでに中国が世界の太陽光発電の年間導入量の3分の1以上を占め、約49GWを1年間で導入して累積導入量でも世界第1位となっている。その結果、2020年末までに中国は累積導入量250GWを超え、圧倒的な世界第1位となっている（図13）。米国の累積導入量については、米国太陽光産業協会（SEIA）からの発表では、2020年末には96GW近くに達し、世界第2位となっている。これに日本が70GW近くに達して第3位となっている。なお、これらの太陽光発電の設備容量のデータは、太陽光パネルの発電出力（DCベース）が基準になっている。一方、日本国内で公表されているFIT制度による導入量は系統接続された出力（ACベース）が基準になっており、DCベースよりも1割程度小さくなるので注意が必要である。

風力発電は2010年以前には欧州の一部の国（ドイツやスペインなど）や米国が牽引していたが、2010年以降は中国が風力発電市場を先導しており、欧州各国（英国、フランス、イタリア、トルコ、スウェーデン、ポーランドなど）や他の新興国（インド、ブラジルなど）でも導入が進んでいる。中国での風力発電の年間導入量は2014年以降、20GWを超える年もあり、2020年の年間導入量は約50GWを超えた。2020年の世界全体の風力発電の年間導入量約93GWの半分以上を中国が占めており、日本国内での年間導入量0.5GWの実に100倍以上に達する。中国は2020年末には累積導入量が約290GWと風力発電が300GWの大台に迫っており、世界全体の4割近くに達する。2013年以降、中国は世界一の風力発電の導入国であり、累積導入量でヨーロッパ全体での累積導入量194GWを上回り、日本国内の累積導入量4.4GWの60倍以上に達している。

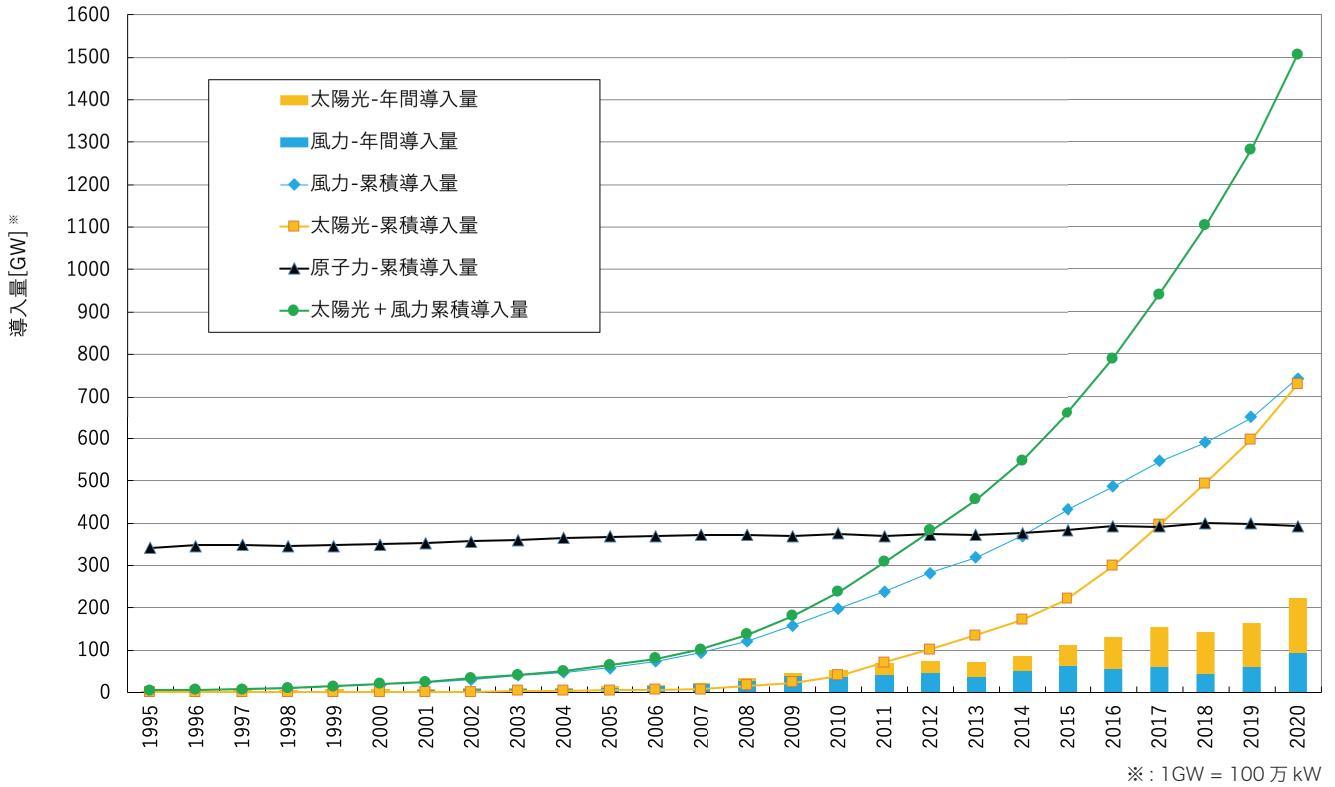


図 12：世界の風力発電と太陽光発電および原子力発電の設備容量の推移
出典：IRENA, GWEC データ等より ISEP 作成

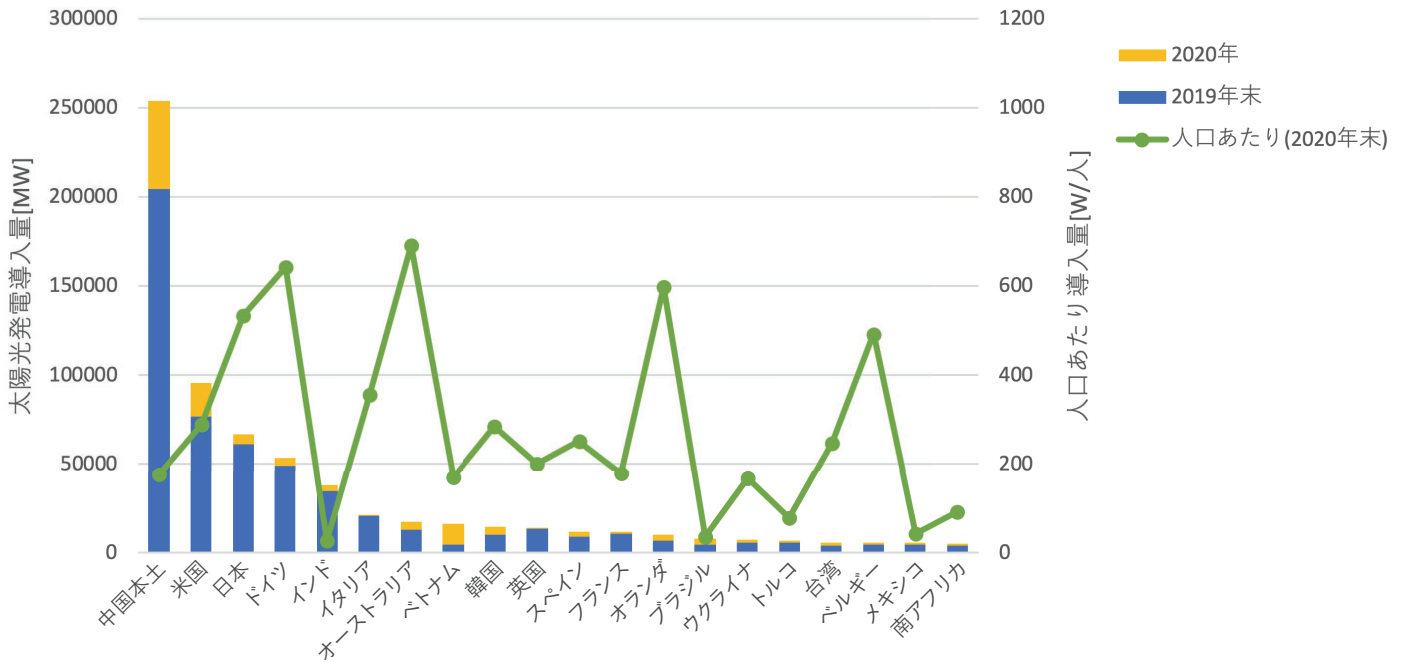


図 13：国別の太陽光発電の導入量（2020 年末）トップ 20
出典：IRENA, SEIA 等データより ISEP 作成

2020年の日本国内の全発電電力量（自家消費を含む）の電源別割合で、再生可能エネルギーの全発電電力量に占める割合は速報で20.8%になった（図14）。2014年には約12%だった再生可能エネルギーの割合が、毎年1ポイント程度ずつの増加で20%以上に達したことになる。その中で、太陽光発電の発電電力量は、8.5%へと増加している。風力発電の割合0.86%と合わせると、再生可能エネルギーのうち太陽光、風力など気象条件に左右されるVRE（変動する再生可能エネルギー：太陽光および風力）の割合は、9.4%に増加した。一方、火力発電の発電電力量は減少傾向にあり、2020年は2014年に比べ約13ポイント減少したが、依然として高いレベルである。石炭火力については、2016年の30.2%から2020年は27.6%まで減少しており、LNGについても2016年の38.9%から2020年の35.4%まで減少傾向にある。一方、原子力発電は、2014年にゼロになってから、2015年以降、毎年発電電力量が増加していたが、2020年には4.3%となって、前年の6.5%から減少し、太陽光の発電電力量の割合8.5%の半分程度のレベルである。

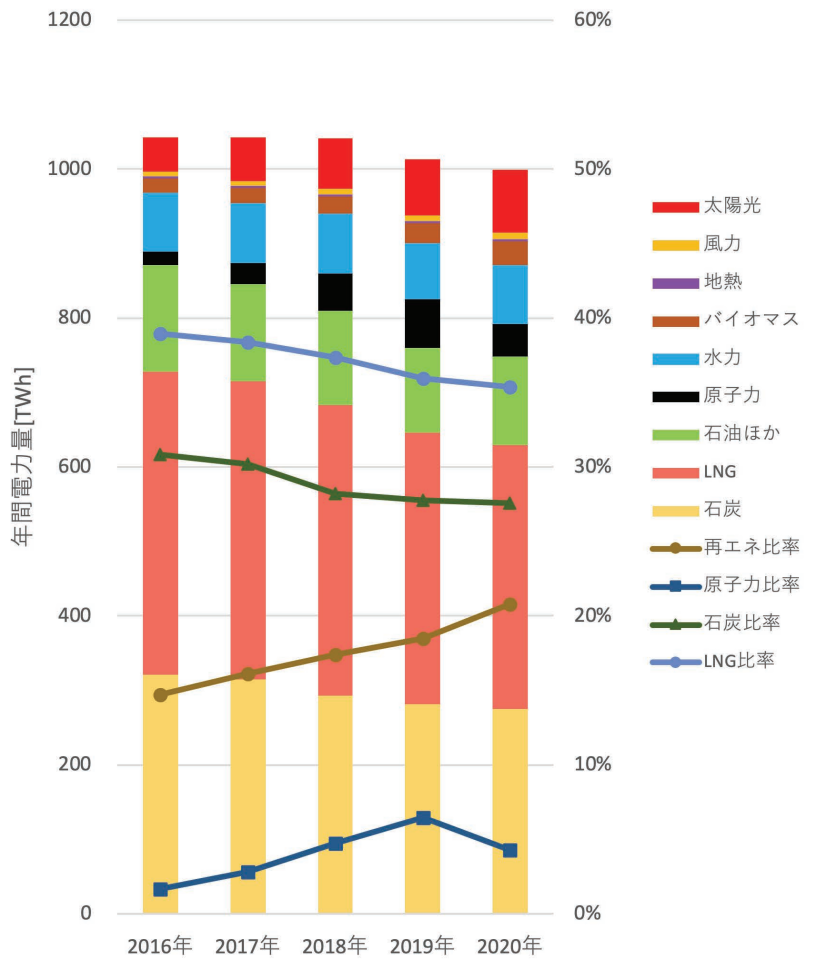


図 14：日本国内の年間発電電力量と電源構成の推移
出所：電力調査統計などより ISEP 作成

電力会社（一般送配電事業者）のエリア別では、2020年度の電力需要に対する再生可能エネルギーの割合の年間平均値が最も高かったのは北陸電力エリアの34.6%だったが、水力発電が27.4%と大きな割合を占めている（図15）。東北電力エリアの再生可能エネルギーの割合は33.3%だった。これは水力発電が14.1%と比較的大きな割合を占めている。東北電力エリアでは太陽光の割合は9.1%で、風力発電の割合が4.6%と全国の中でも最も高くなっており、VREの比率は13.7%となる。バイオマス発電の割合も4.1%と高く、地熱発電も1.5%ある。北海道電力エリアでは太陽光の8.2%に対して、東北電力エリアと同様に風力の割合も高く4.2%に達している（再生可能エネルギー全体の割合は24.2%）。東日本全体の平均では再生可能エネルギーの割合が17.9%だが、太陽光が7.3%となり、水力の7.1%を上回っている。一方、東京電力エリアの再生可能エネルギーの割合は12.7%に留まっているが、ここでも太陽光が6.7%と水力の4.6%を上回っている。

東北電力エリアでは、1時間値で再生可能エネルギーの割合が2020年5月5日11時台に最大108.8%に達して初めて100%を超えた。このとき太陽光が72.8%、風力が5.5%とVRE比率も78.3%に達している。なお、2019年度は1時間値で再生可能エネルギーの割合が100%を超えるエリアは無かったが、2020年度は東北電力と同様に1時間値で再生可能エネルギーの割合が100%を超えるエリアとして四国電力エリアと九州電力エリアがあり、九州電力エリアでは、太陽光や、風力の出力抑制が実施されている。

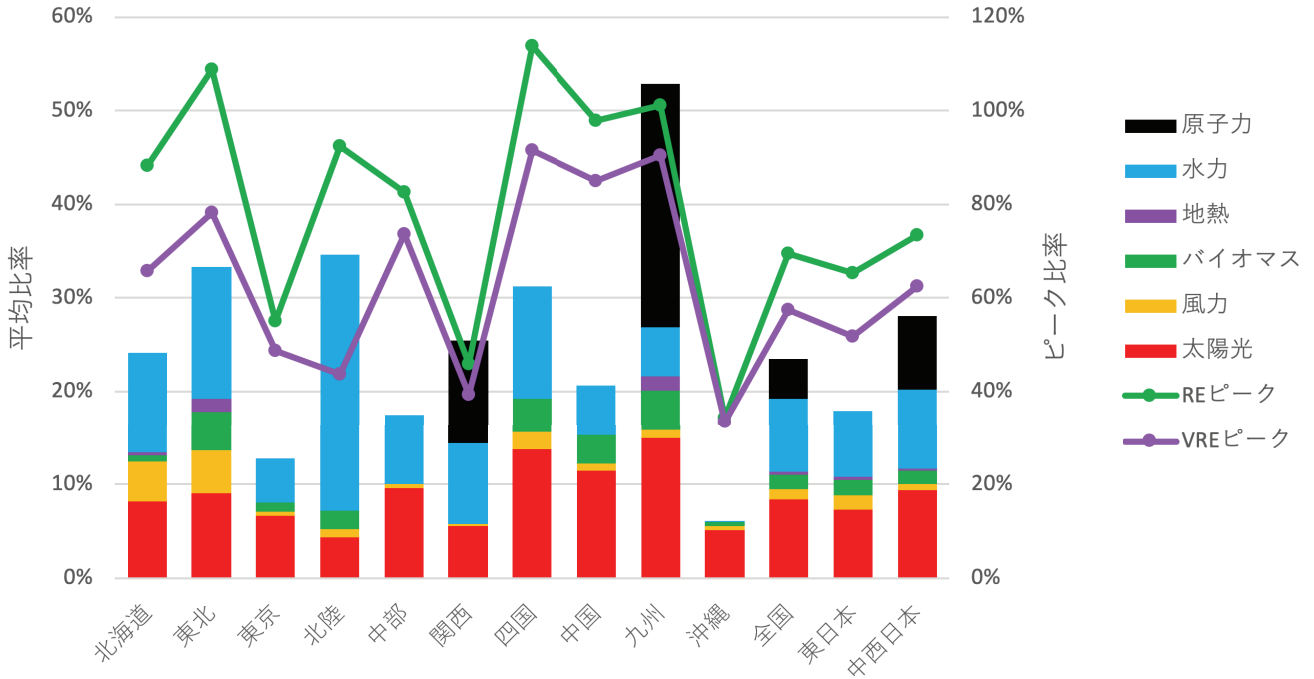


図 15：電力会社エリア別の再生可能エネルギーおよび原子力の割合（2020年度）
出所：一般送配電事業者の電力需給データより作成

5.2 東京都内の再生可能エネルギーの現状

東京都内での再生可能エネルギー発電設備の導入状況を、固定価格買取制度（FIT制度）での発電設備の累積導入量として図16に示す。2020年末までに累積導入量は76万kWになったが、出力10kW未満の住宅用太陽光が44万kW、10kW以上の事業用太陽光発電設備が15万kWとなっており、合わせて59万kWの太陽光発電が導入されている。バイオマス発電17万kWは、ほとんどが一般廃棄物処理施設の発電設備となっている。関東地方の周辺自治体の導入状況をみると、そのほとんどが太陽光発電であり、特に茨城県は全国で最も再生可能エネルギー発電設備の累積導入量が大きくなっている（図17）。

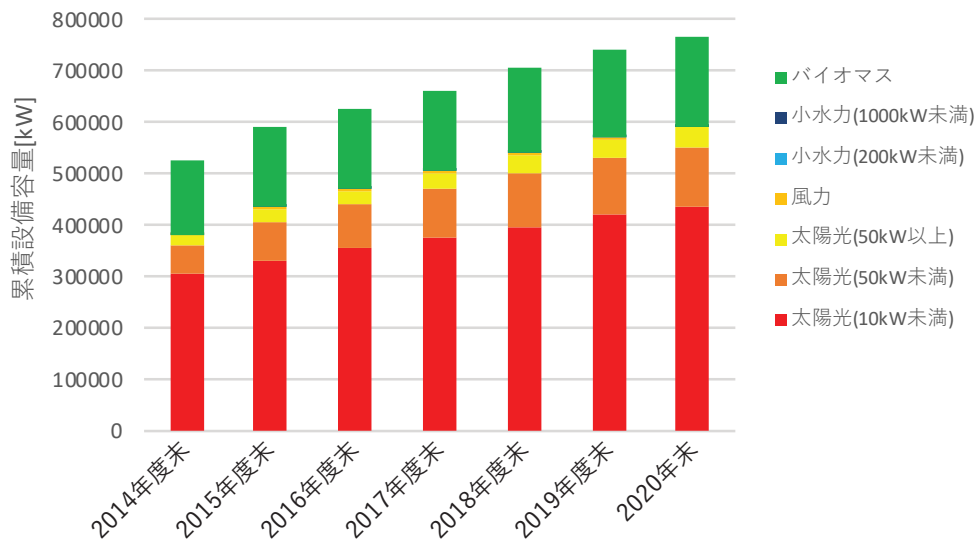


図 16：東京都内の再生可能エネルギー発電設備の導入状況
出所：経産省データより ISEP 作成

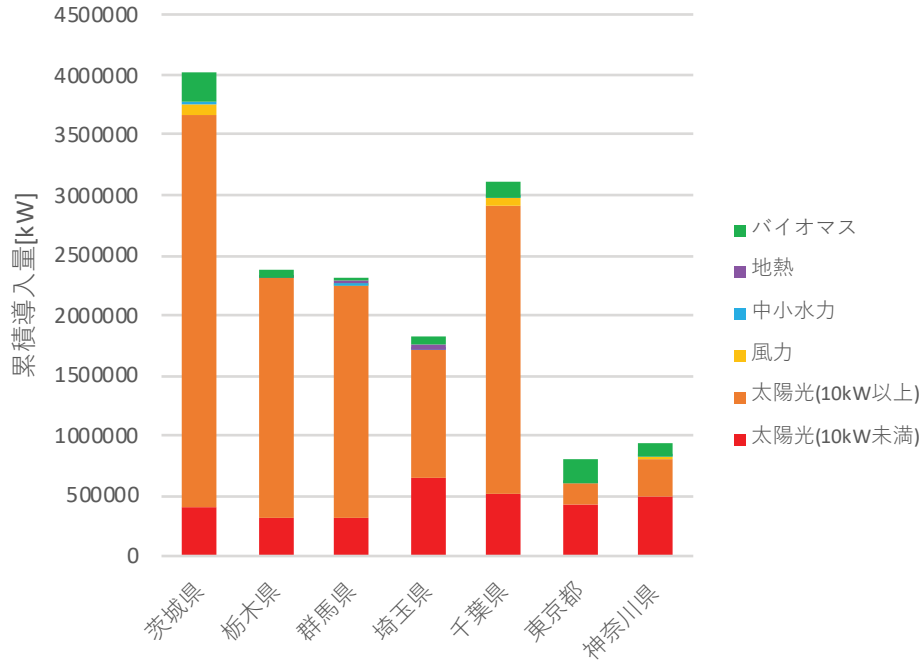


図 17: 東京都周辺の県の再生可能エネルギー累積導入量 (2020 年末)
出所: 経産省データより ISEP 作成

東京都内の再生可能エネルギーの年間電力量を民生部門の年間電力需要との割合（地域的電力自給率）について、「永続地帯2020年度報告書」のデータを見ると、2019年度の東京都全体の試算では約2.4%で、全国で最も低い数値となっている（図18）。

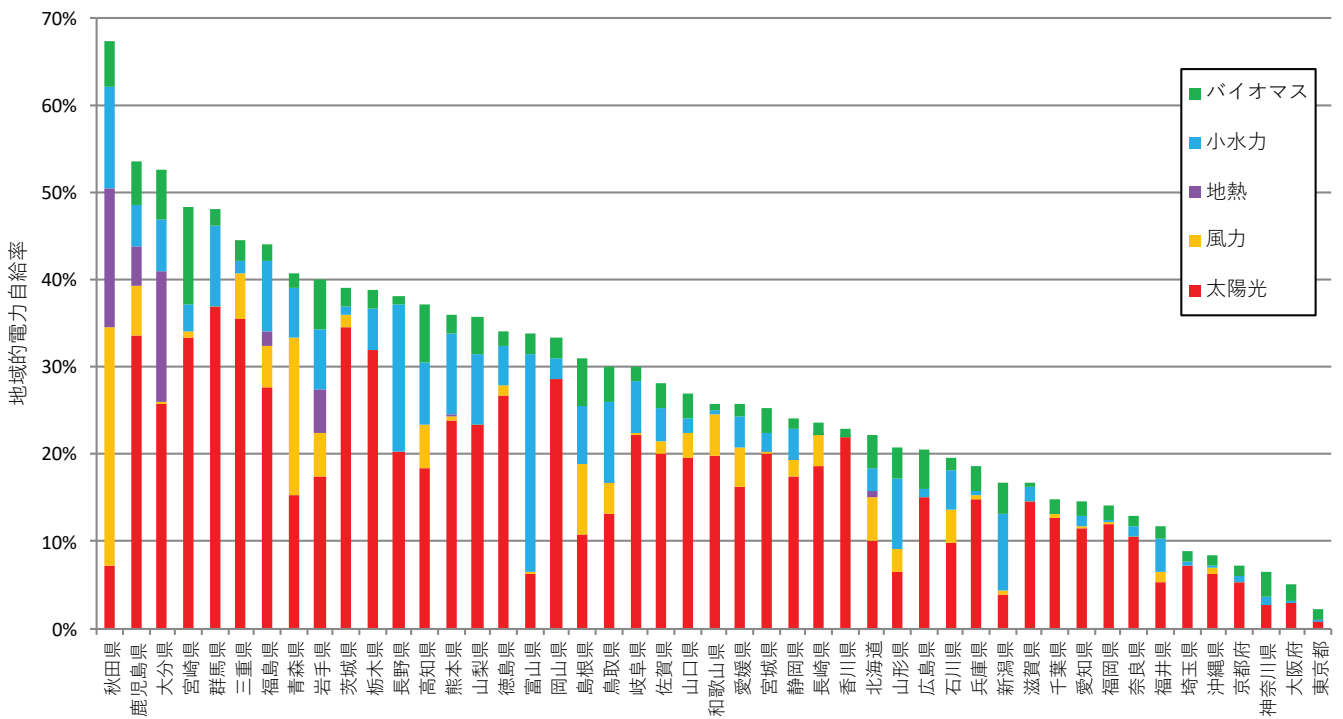


図 18: 地域的電力自給率の都道府県ランキング
出所: 永続地帯研究会 (千葉大学倉阪研究室, ISEP) 「永続地帯 2020 年度版報告書」

6 再生可能エネルギー100%シナリオ

6.1 シナリオの前提条件

東京都の再生可能エネルギー100%シナリオはエネルギー消費が少なく、再生可能エネルギーが効率的に利用可能な省エネルギーシナリオを前提として検討した。全部門（家庭、業務、産業、運輸）を対象に最終エネルギー消費について再生可能エネルギー100%とするシナリオとして、東京都内（域内）の再生可能エネルギーを最大限利用する。その際、域内の再生可能エネルギーの導入ポテンシャルは環境省REPOSを参照する（環境省, 2021）。東京都外（域外）からの電気としては主に太陽光発電および風力発電を調達する必要があるが、調達方法としては小売電気事業者を介して再生可能エネルギーを含むメニューの電気を購入する方法や、発電事業者から直接調達する方法などが想定される。いずれにしても発電設備との紐づけを行って、再生可能エネルギーの中身を評価する必要がある。風力発電については、東京電力エリアの洋上風力発電を域内として想定する。域内の再生可能エネルギーとしては太陽光などの電気に加えて、太陽熱や地中熱などの再エネ熱がある。域内の再エネの余剰電力を使って電気分解などで製造したグリーン水素、グリーンガス（グリーン水素から製造されたメタンガスおよびバイオガス）、グリーン燃料（グリーン水素から製造された合成液体燃料など）も想定されるが、用途は産業用と一部の業務用に限定される。

6.2 再生可能エネルギーの導入ポテンシャル

(1) 域内

再生可能エネルギーの導入ポテンシャルとして、東京都の域内と域外に分けて評価する。ここで域内は基本的に東京都内を想定するが、風力発電については東京電力エリア（関東地方）まで拡大して域内としている。域内での再生可能エネルギーの導入ポテンシャルとして、環境省のREPOS（再生可能エネルギー情報提供システム）による再生可能エネルギーの導入ポテンシャルの評価を表9に示す（環境省, 2021）。都内の建築物の屋上に設置することが可能な太陽光発電は、住宅用など（商業系建築物、住宅系建築物の屋上）で8.3GW、公共系など（公共系建築物および発電所・工場・物流施設の屋上、低・未利用地および農地）で4.7GWの導入ポテンシャルがあると試算されており、設備利用率を平均14%とすると都内に15.9TWhの導入ポテンシャルがある。風力発電については、純粋な都内の導入ポテンシャルは小さいが、東京電力エリアの千葉県銚子沖など洋上風力の導入ポテンシャルが大きいので、それらの風力発電の開発に東京都内の自治体あるいは企業・都民が直接または間接的に関与（出資など）することを想定して、それらの風力発電事業を含めて評価をする。なお、域内の余剰電力については出来るだけ広域の融通や蓄電をするか、ヒートポンプで熱に変換して蓄熱や活用をする。それでも余剰になる場合には、出来るだけ低いコストでセクターカップリング（電気・熱・交通分野に跨るエネルギー変換）をして余剰の再エネ電力を変換により熱や水素に変換したのちに長

時間蓄積できるようにする。水素を、そのまま高効率の燃料電池などで使う方法と、カーボンリサイクル技術によりメタンなどに変換（メタネーション）して都市ガスインフラを使って地域冷暖房や業務施設のコージェネレーションなどに供給する形態が想定される。さらに水素あるいは水素から製造した運輸用（船舶や航空機など）の液体のグリーン燃料もあるが、コストが高いことが想定されるため都内での用途はかなり限定される。

表 9：域内の再生可能エネルギー導入ポテンシャル
出所：環境省「再生可能エネルギー情報提供システム（REPOS）」より作成

再エネ種別	導入ポテンシャル	備考
太陽光発電	15.9TWh（住宅用等 8.3GW, 公共系等 4.7GW）	東京都内で主に屋根の上に設置する。公共系等は低・未利用地や農地を含む。設備利用率を 14% と想定する
風力発電	227.8TWh（陸上 2.0TWh, 着床洋上 95.6TWh, 浮体洋上 130.2TWh）	東京電力エリアのポテンシャル
地熱発電	0.05TWh（7.4MW）	フラッシュ、バイナリー
中小水力発電	0.10TWh（15.5MW）	既設を除く
太陽熱	6.5TWh	主に建物の屋根
地中熱	79.2TWh	下水熱なども含む

(2) 域外

東京都外の再生可能エネルギーの導入ポテンシャルについても、REPOSにより想定することが可能である。送電網を介して効率よく調達するには出来るだけ近い地域からの調達が望ましいため、域外の場合でも東京電力エリア内を優先するが、東北電力エリアなどの域外からの調達も想定する。表10には、東京電力エリア、東北電力エリアなど東日本の再生可能エネルギー（太陽光および風力）の導入ポテンシャルを都道府県別に示す。太陽光および洋上風力については、東京電力エリアに大きな導入ポテンシャルがあることがわかる。

表 10：東日本の都道府県の再生可能エネルギーの導入ポテンシャル
出所：環境省「再生可能エネルギー情報提供システム（REPOS）」より作成

[GW]	住宅用等太陽光	公共系等太陽光	陸上風力	洋上風力（着床式）	洋上風力（浮体式）
北海道	8.0	454.1	156.1	111.1	208.4
青森県	3.2	78.3	9.2	56.1	156.8
岩手県	3.2	91.2	17.9		
宮城県	4.4	79.1	4.3		
秋田県	2.7	90.8	11.3		
山形県	2.7	72.8	7.0		
福島県	4.5	100.0	14.3		
茨城県	7.5	90.5	0.7	31.8	40.8
栃木県	4.8	71.1	0.6		
群馬県	4.9	36.4	0.1		
埼玉県	9.1	40.9	0.02		
千葉県	9.2	75.1	0.7		
東京都	8.3	4.7	0.7		
神奈川県	8.2	10.9	0.1		
新潟県	5.2	111.0	3.6		

6.3 再生可能エネルギー発電設備の導入シナリオ

東京都の省エネルギーシナリオによるエネルギー消費量を前提に、2018年度のデータを基準に2030年および2050年のエネルギーバランスを試算した。表11には2018年度の実績値、および2030年度、2050年度の東京都の年間電力需要に対して、再生可能エネルギーの導入量が2030年50%、2050年100%となる場合の試算を示す。図19には、2030年度の再生可能エネルギーの年間消費電力量の割合を東京都の「カーボンハーフ」と同じ約50%と想定したシナリオを示す。なお、2018、2030、2050年度以外の年の数値は線形補間している。

東京都の域外の再生可能エネルギーについては、主に送電網を通じて都内に供給されるが、東京都内での電気の利用にあたっては小売電気事業者を通じて都内の事業者や個人が調達することを想定している。調達にあたっては個人の住宅などについては小売電気事業者によるメニューにより一括で再生可能エネルギー比率の高い電気を購入する。事業所については、メニューによる購入のほか、域内外の発電事業者と直接購入契約を結ぶ（PPA）形式等を想定する。

表11：再生可能エネルギー100%シナリオ（2030年再生可能エネルギー50%）の年間電力量の試算

単位	2018年度	2020年度	2030年度		2050年度		備考
	[TWh]	[TWh]	電力量 [TWh]	容量 [GW]	電力量 [TWh]	容量 [GW]	
太陽光発電	4.66	5.37	15.00	12.2	30.00	24.5	域内は主に建物の屋根
風力発電	0.48	0.55	6.00	2.3	16.67	6.3	主に洋上風力
地熱発電	0.05	0.06	0.10	0.02	0.20	0.03	
バイオマス発電	0.42	0.65	0.50	0.1	0.00	0.0	
水力発電	4.00	4.30	4.50	0.7	5.00	0.8	域内は中小水力
火力発電	66.02	58.58	25.37	4.2	0.00	0.00	
原子力発電	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	
電力量計	80.08	69.54	51.76		51.87		
再エネ電力合計	9.62	10.93	26.10		51.87		
再エネ電力割合	12.0%	15.7%	50.4%		100.0%		

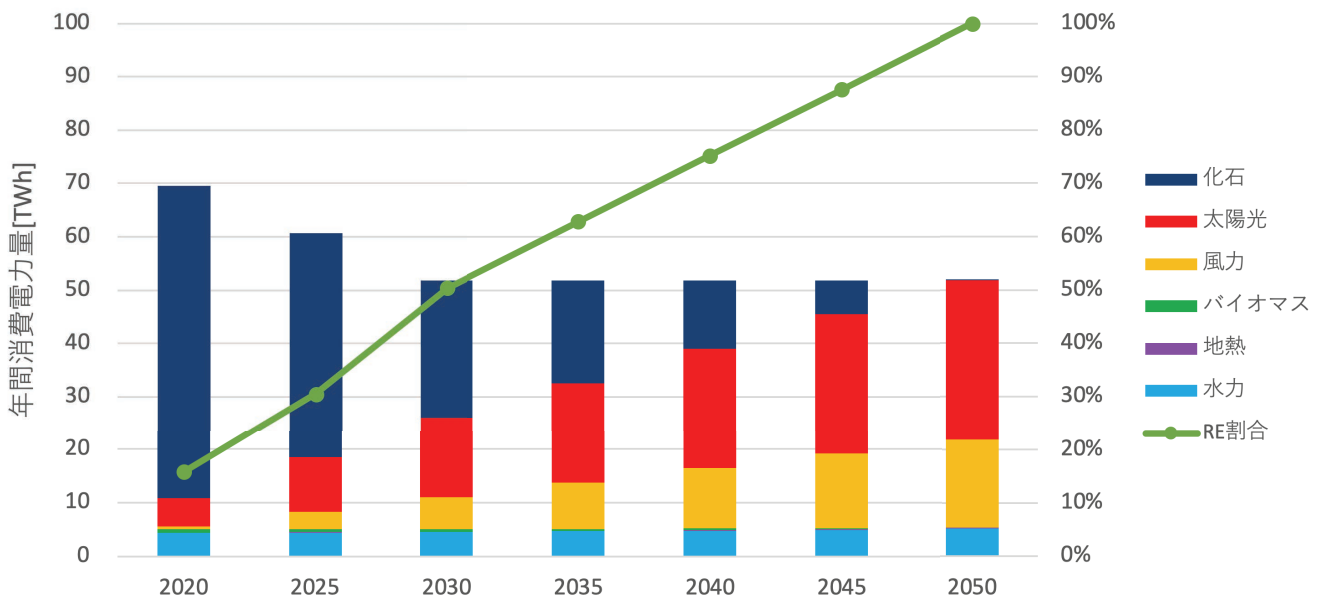


図19：再生可能エネルギー100%シナリオ（2030年再生可能エネルギー50%）の年間消費電力量の試算

2030年の再生可能エネルギーの電力量の目標を50%から70%、さらに100%に引き上げた場合のシナリオの比較を図20に示す。このときの年間電力量および設備容量の比較を表12に示す。

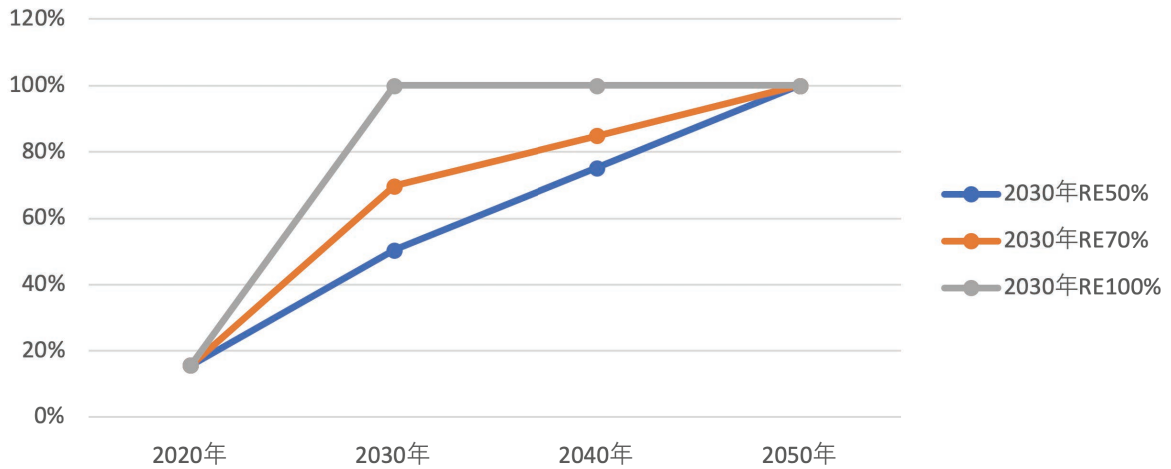


図 20：再生可能エネルギー 100% シナリオの電力比率の比較

表12：再生可能エネルギー100%シナリオの年間電力量および設備容量（2030年）の比較

再エネの割合	2030年電力50%		2030年電力70%		2030年電力100%	
	電力量 [TWh]	設備容 [GW]	電力量 [TWh]	設備容 [GW]	電力量 [TWh]	設備容 [GW]
太陽光発電	15.0	12.2	25.0	20.4	30.0	24.5
風力発電	6.0	2.3	6.0	2.3	16.7	6.3
地熱発電	0.1	0.02	0.1	0.02	0.1	0.02
バイオマス発電	0.5	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1
水力発電	4.5	0.7	4.5	0.7	4.5	0.7
火力発電	25.4	4.2	15.7	2.6	0.0	0.0
原子力発電	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
電力量計	51.8		51.8		51.8	
再エネ電力合計	26.1		36.1		51.8	
再エネ電力割合	50.4%		69.7%		100.0%	

6.4 再生可能エネルギー100%シナリオ

東京都の再生可能エネルギー100%シナリオのエネルギー構成を表13に示す。熱や運輸を含めた最終エネルギー需要に対する再生可能エネルギー100%シナリオの試算結果を表13及び図21に示す。ここでは、2030年度の電力量に占める再生可能エネルギーの割合を50%としている。2020年度に約16%だった再生可能エネルギー電力の割合が2030年度に50%となり、2050年には100%に達する。エネルギー消費量に対する再生可能エネルギーの割合は2018年度には6.4%だが、2030年度には約28%に達し、2050年度には100%となる。このうち、域内（東京都内の再エネおよび東京電力エリア内の風力）の割合は2020年度には2%に過ぎないが、2030年度には約7%、2050年には60%に達する。

表13：再生可能エネルギー100%シナリオでのエネルギー構成（2030年電力再生可能エネルギー50%）

		2018年度	2020年度	2030年度	2050年度	備考
単位		[TWh]	[TWh]	[TWh]	[TWh]	
太陽光発電	域内	0.73	0.80	2.00	15.00	域内は主に建物の屋根
	域外	3.93	4.57	13.00	15.00	
風力発電	域内	0.01	0.02	1.00	11.67	東京電力エリアの洋上風力
	域外	0.47	0.53	5.00	5.00	
地熱発電	域内	0.00	0.00	0.02	0.05	
	域外	0.05	0.06	0.08	0.15	
バイオマス発電	域内	1.02	1.02	0.50	0.00	主に廃棄物発電
	域外	0.00	0.00	0.00	0.00	
水力発電	域内	0.05	0.05	0.07	0.10	中小水力
	域外	0.35	4.25	4.43	4.90	大規模水力を含む
再エネ電力計	域内	1.81	1.89	3.59	26.82	
	域外	7.81	9.04	22.51	25.05	
再エネ電力比率		12.0%	15.7%	50.4%	100.0%	
再エネ熱	域内	1.12	1.12	2.20	6.00	太陽熱、地中熱等
水素等	域内	0.00	0.00	0.20	4.80	余剰再エネ由来
再エネ計	域内	2.94	3.01	5.99	37.62	
	域外	11.00	9.04	22.51	25.05	
再エネ比率		6.4%	8.1%	28.4%	100.0%	
域内再エネ率		1.7%	2.0%	6.5%	60.0%	

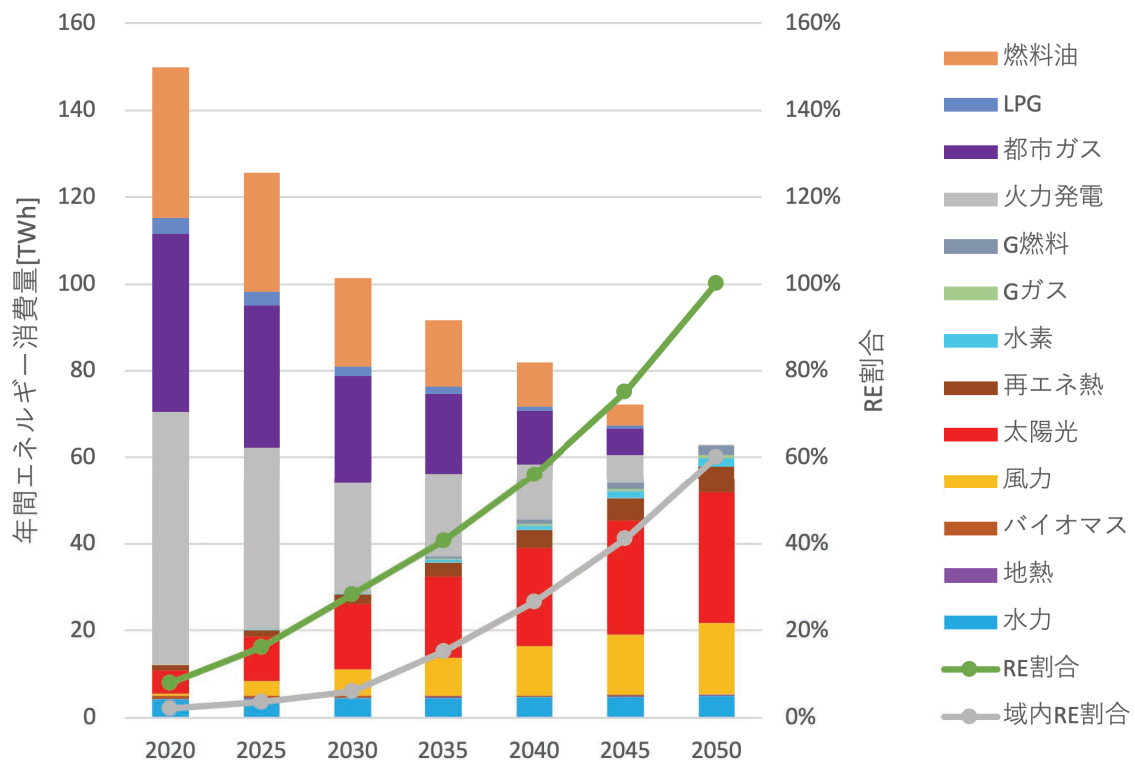


図21：再生可能エネルギー100%シナリオでのエネルギー構成（2030年電力再生可能エネルギー50%）

さらに2030年度の再生可能エネルギー電力量の割合を50%から70%、さらに100%に引き上げた場合の再生可能エネルギーの全エネルギー消費量に対する比率の比較を図22に、2030年度の再生可能エネルギー全体の構成の比較を表14に示す。

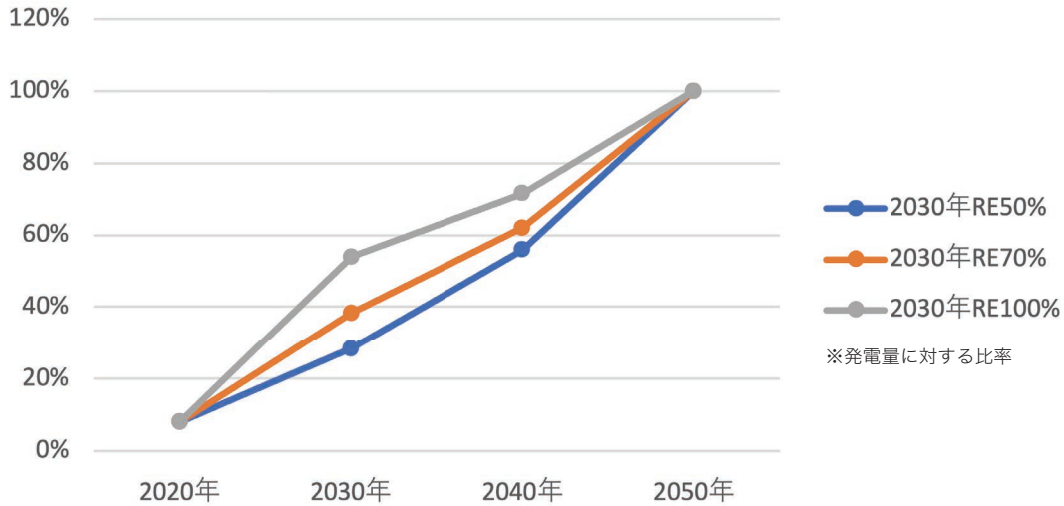


図 22：全エネルギー消費量に対する再生可能エネルギーの比率の比較

表 14：再生可能エネルギー 100% シナリオでの 2030 年度のエネルギー構成の比較

		2030年度 電力50%	2030年度 電力70%	2030年度 電力100%	備考
単位		[TWh]	[TWh]	[TWh]	
太陽光発電	域内	2.00	5.00	10.00	域内は主に建物の屋根
	域外	13.00	20.00	20.00	
風力発電	域内	1.00	1.00	5.00	東京電力エリアの洋上風力
	域外	5.00	5.00	11.7	
地熱発電	域内	0.02	0.02	0.02	
	域外	0.08	0.08	0.08	
バイオマス発電	域内	0.50	0.50	0.50	主に廃棄物発電
	域外	0.00	0.00	0.00	
水力発電	域内	0.07	0.07	0.07	中小水力
	域外	4.43	4.43	4.43	大規模水力を含む
再エネ電力 計	域内	3.59	6.59	15.59	
	域外	22.51	29.51	36.17	
再エネ電力 比率		50.4%	69.7%	100.0%	
再エネ熱	域内	2.20	2.20	2.20	太陽熱、地中熱等
水素等	域内	0.20	0.20	0.20	余剰再エネ由来
再エネ 計	域内	5.99	8.99	17.99	
	域外	22.51	29.51	36.17	
再エネ 比率		28.4%	38.3%	53.9%	
域内再エネ 率		6.5%	8.9%	17.9%	

再生可能エネルギー100%シナリオにおけるエネルギー起源CO₂の排出量を試算する際には、系統電力における化石燃料の火力発電の電源構成を想定する必要があるが、ここでは2030年までに石油および石炭火力が廃止されることを前提としており、2030年時点の火力の化石燃料は全てLNGとなる（この場合のLNG火力のCO₂排出係数は高効率の複合サイクルの0.375kg-CO₂/kWhを想定）。再生可能エネルギー100%シナリオで想定されるCO₂排出量を表15および図23に示す。ここでは、2030年度の電力量に占める再生可能エネルギーの割合を東京都の「カーボンハーフ」の目標値である50%としている。

表 15：再生可能エネルギー 100% シナリオにおける CO₂ 排出量の試算（2030 年度再エネ電力 50%）

	2018年度	2020年度	2030年度	2050年度	備考
単位	万 t-CO ₂ /年	万 t-CO ₂ /年	万 t-CO ₂ /年	万 t-CO ₂ /年	
電力	3,707	2,898	962	0	2030 年に石炭ゼロ
都市ガス	856	720	434	0	
LPG	72	78	49	0	
燃料油	917	863	505	0	
廃棄物等	185	185	90	0	
合計	5,736	4,744	2,041	0	
CO ₂ 削減率	2.6%	19.5%	65.4%	100%	2000 年比

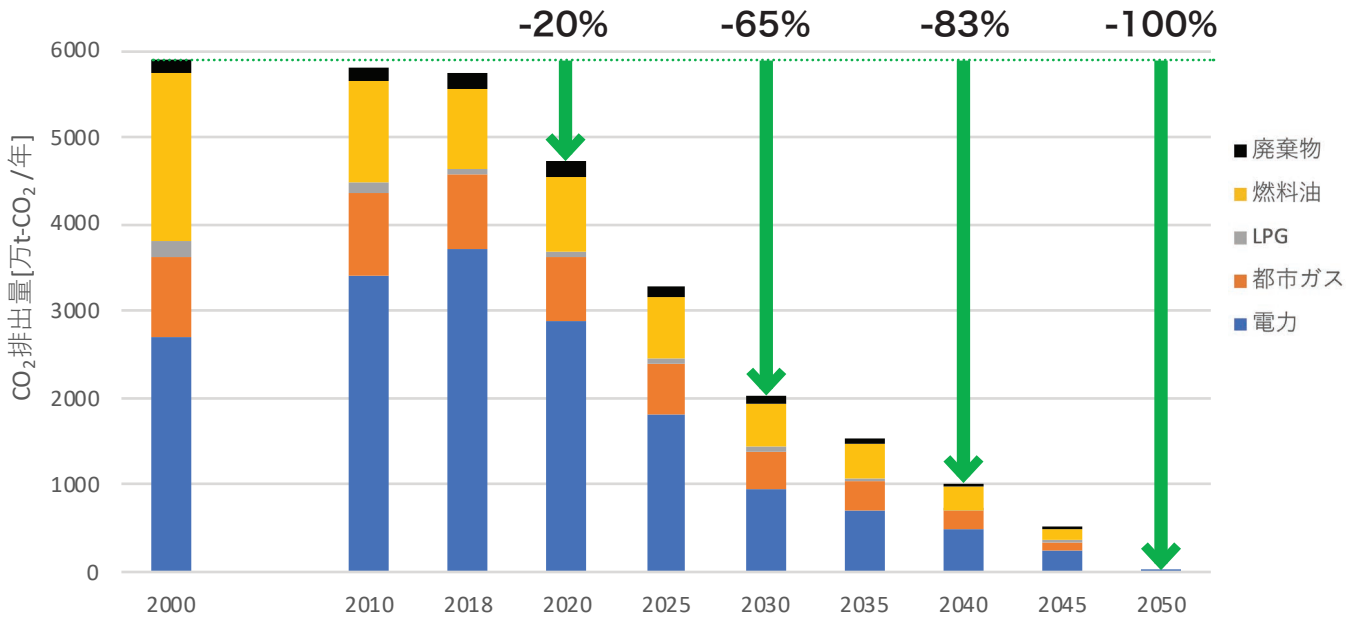


図23：再生可能エネルギー100%シナリオ（2030年電力再エネ50%）におけるCO₂排出量の試算

さらに2030年度の再生可能エネルギー電力量の割合を50%から70%、さらに100%に引き上げた場合の2030年度のCO₂排出量および削減率の比較を図24および表16に示す。2030年度の再生可能エネルギー電力の割合を100%とした場合、CO₂排出量の削減率は82%となる。

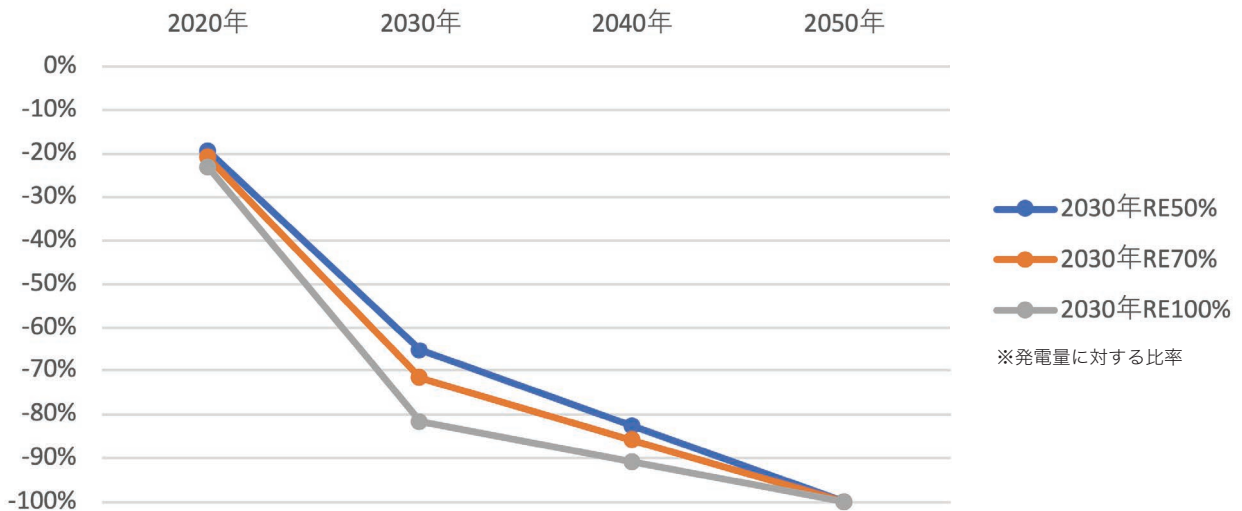


図 24：再生可能エネルギー 100% シナリオにおける CO₂ 排出削減率の比較

表 16：再生可能エネルギー 100% シナリオにおける 2030 年の CO₂ 排出量の比較

	2030年度 電力50%	2030年度 電力70%	2030年度 電力100%	備考
単位	万 t-CO ₂ /年	万 t-CO ₂ /年	万 t-CO ₂ /年	
電力	962	587	0	2030 年に石炭ゼロ
都市ガス	434	434	434	
LPG	49	49	49	
燃料油	505	505	505	
廃棄物等	90	90	90	
合計	2,041	1,666	1,078	
CO ₂ 削減率	65.4%	71.7%	81.7%	2000 年比

6.5 エネルギーモデル分析

本シナリオの各年度のエネルギーバランスについてはエネルギーモデル分析ツールEnergyPLAN（オールボー大学, 2020）を用いて確認する。EnergyPLANは、オールボー大学（デンマーク）が開発したInput/Outputモデルによる国や地域レベルのエネルギーシステム分析ツールである。その分析フローを図25に示す。入力条件として、エネルギー需要、再生可能エネルギー供給、電力供給条件、交通分野、エネルギー貯蔵などの条件を設定し、優先給電ルールなどの制約条件のもとでのエネルギーバランスを計算する。ある国や地域の1年間の電力需給、熱需給（冷熱含む）、産業部門、交通部門のエネルギーバランスを1時間毎に計算（シミュレーション）して、分析する。国レベルの分析の事例としてはデンマーク全体の2050年脱化石燃料シナリオ”IDA’s Energy Vision 2050: A Smart Energy System strategy for 100% renewable Denmark”がある（オールボー大学, 2015）。図26にEnergyPLANによる分析モデルのフローを示す。本シミュレーションでは、このデンマークの2050年のモデルを参考にして、2030年と2050年について分析を行った。分析の際の入力条件を表17に示す。

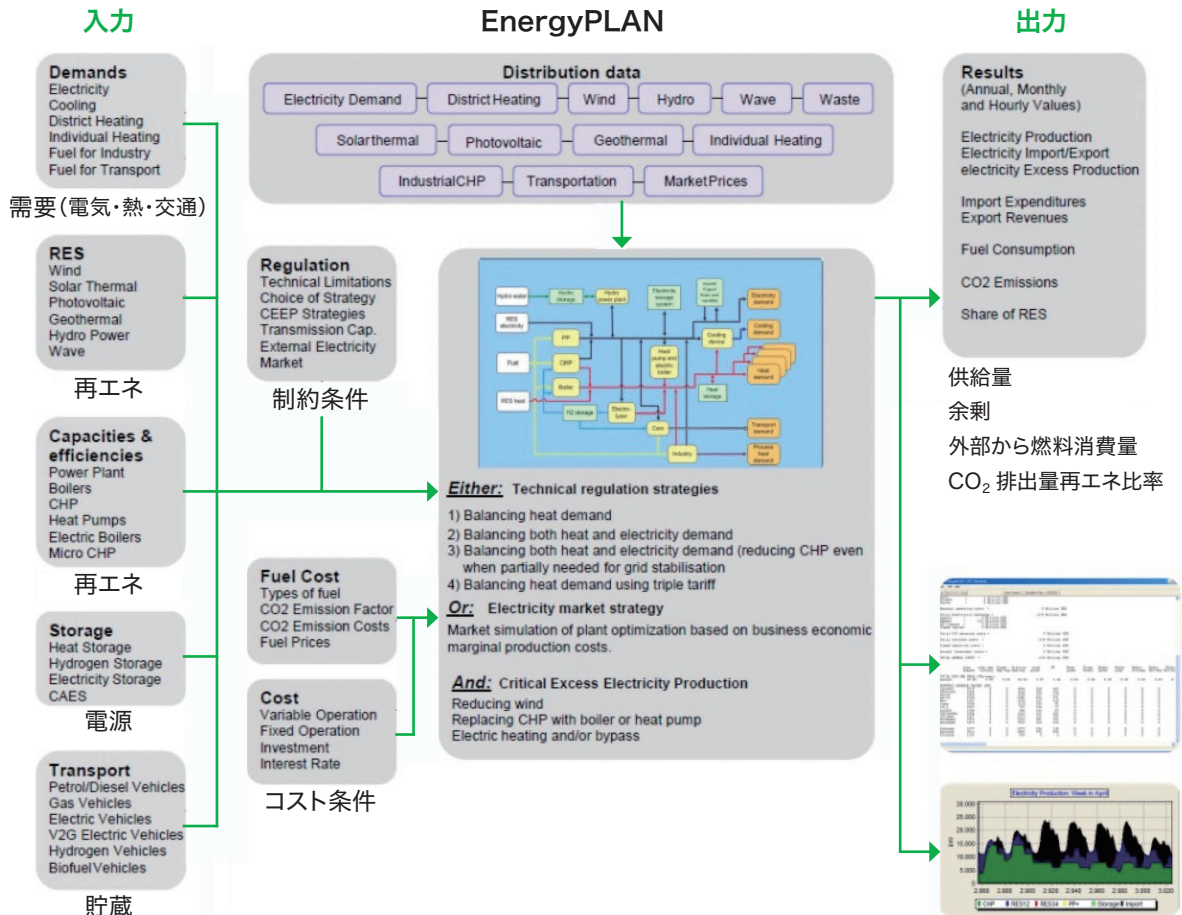


図 25：エネルギーモデル分析ツール EnergyPLAN の分析フロー
 出所：EnergyPLAN 資料に加筆

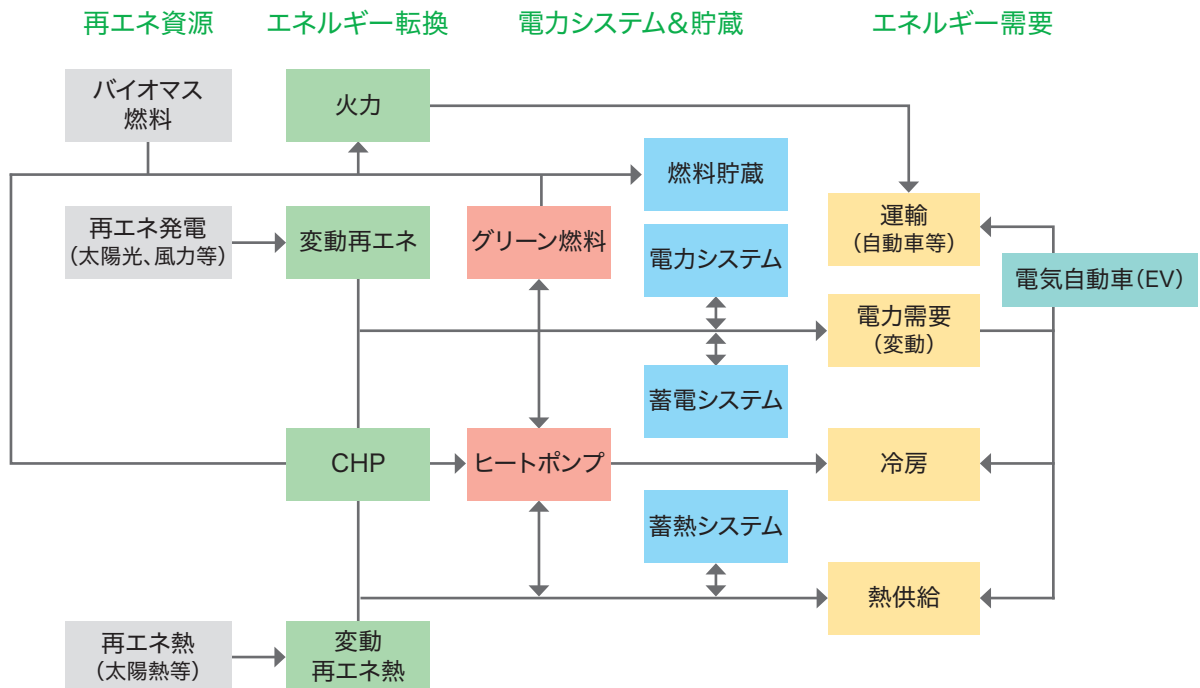


図 26：EnergyPLAN による分析モデルの事例
 出所：文献（オールボー大学，2015）の Figure1 に加筆

表 17 : EnergyPLAN の分析条件

入力項目	単位	2030年	2050年	備考
年間電力需要量	TWh/年	55.6	50.9	2019年度の変動データ
交通電力需要	TWh/年	4.2	7.3	電気自動車 (EV)
冷房電力需要	TWh/年	8.4	8.0	
需要変動	TWh/年	0.0	7.0	デマンド・レスポンス
地域熱供給	TWh/年	4.1	10.0	CHP および HP
産業燃料需要	TWh/年	5.2	2.5	LNG および石油 (2030年) 水素 (2050年)
交通需要	TWh/年	16.5	0.0	ガソリン, 軽油, LPG (電力以外)
太陽光発電	TWh/年	15.0	30.1	2019年度の変動データ
風力発電	TWh/年	6.0	21.8	2019年度の変動データ
蓄電池	GWh	20	600	揚水発電 80GWh が加わる
電気分解装置	GW	0	1	水素製造用
水素貯蔵	GWh	0	100	

図27には、2030年および2050年の分析結果から1月の1週間の電力需給の様子を示す。2030年の分析結果は、再生可能エネルギー電力比率50%の場合で、変動する太陽光および風力発電について、電力需要を超える部分については蓄電され、再生可能エネルギーによる供給が不足する場合には、火力発電 (LNG火力) で賄われている。2050年には、全てのエネルギー消費に対して再生可能エネルギー100%とするため、太陽光発電の電気が需要に比べて大きく、かなり余剰となるため、ヒートポンプなどによるデマンド・レスポンスや蓄電池、電気自動車の充電および水素製造 (電気分解) が需要側で大量に行われることでバランスをとる必要がある。逆に再生可能エネルギー電力が不足する場合には、蓄電した電気、水素や水素から製造したグリーン燃料による熱電併給 (CHP) などで賄う必要がある。2050年のエネルギー需給においては、この太陽光および風力発電による再生可能エネルギーの余剰電力の扱いが大きなポイントとなるため、再生可能エネルギー発電設備、蓄電池や蓄熱設備、水素製造設備や水素貯蔵、グリーン燃料設備やその貯蔵設備などのインフラをある程度余裕をもって整備しておく必要がある。

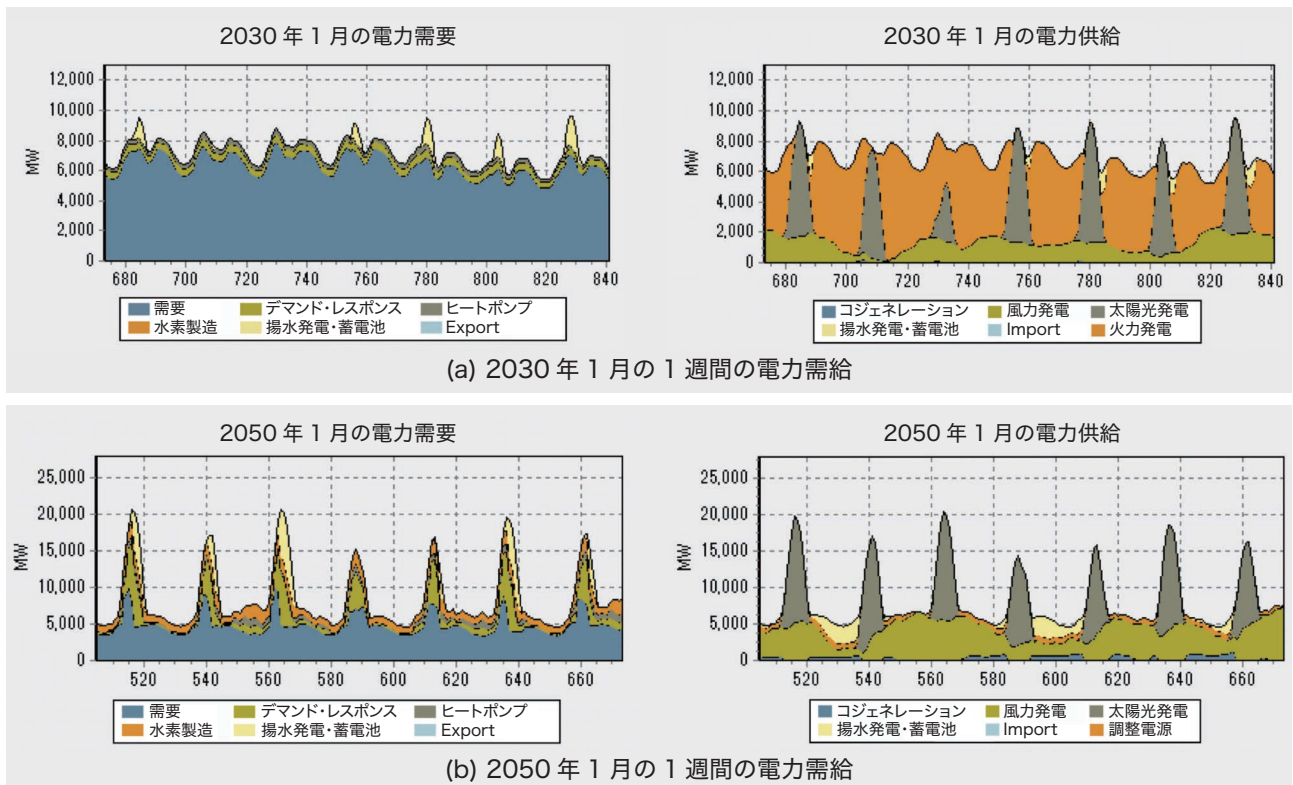


図 27 : EnergyPLAN でのエネルギーバランスの分析例

6.6 再生可能エネルギーの経済効果

再生可能エネルギーシナリオにおける2020年から2030年、2030年から2050年の累積の設備投資額と運転維持費の試算を表18に示す。なお、ここでは経済効果の試算のための再生可能エネルギー発電設備を対象にしている（域内の熱供給設備は対象外）。再生可能エネルギー発電設備費単価は2020年の調達価格等算定委員会の実績から、2030年には太陽光と風力はIRENA調査の国際価格の2019年値まで下がり、2050年にさらに半分に下がると想定した。なお、この再生可能エネルギー設備投資額には、蓄電池などの電力システムに関する投資、水素関連や太陽熱などの再生可能エネルギー熱に関する投資額は含まれていない。

表 18：再生可能エネルギーシナリオにおける設備投資額と運転維持費

2030年再エネ電力比率	50%		70%		100%	
	設備投資額	運転維持費	設備投資額	運転維持費	設備投資額	運転維持費
単位	兆円	兆円	兆円	兆円	兆円	兆円
2020-2030年（累積）	4.4	0.4	5.6	0.6	9.7	1.0
2030-2050年（累積）	3.9	3.4	3.7	3.5	3.4	4.3
合計（累積）	8.3	3.8	9.3	4.1	13.1	5.3
年間平均	0.28	0.13	0.31	0.14	0.44	0.18

2030年の再生可能エネルギー電力の割合を50%から70%、100%としたシナリオの経済波及効果の比較を表19に示す。また、再生可能エネルギー（主に太陽光、風力発電）関連産業（メンテナンス・営業などを含む）などの雇用について、2030年の再生可能エネルギー電力の割合が50%、70%および100%で比較したものを表20に示す。図28には、都内と都外を合わせた経済波及効果および雇用について2030年度の再生可能エネルギー電力の比率に対して比較したグラフを示す。

表 19：再生可能エネルギーシナリオにおける経済波及効果の比較

2030年再エネ電力比率	経済波及効果(都内)			経済波及効果(都外)			経済波及効果(計)		
	50%	70%	100%	50%	70%	100%	50%	70%	100%
単位	兆円	兆円	兆円	兆円	兆円	兆円	兆円	兆円	兆円
2020-2030年（累積）	1.3	1.7	3.8	10.0	12.7	20.9	11.3	14.4	24.7
2030-2050年（累積）	3.7	3.7	3.9	12.2	12.2	12.8	15.9	15.9	16.7
合計（累積）	5.0	5.4	7.7	22.2	24.9	33.7	27.2	30.3	41.4
年間平均	0.17	0.18	0.26	0.74	0.83	1.12	0.91	1.01	1.38

表 20：再生可能エネルギーシナリオにおける雇用の比較

2030年再エネ電力比率	雇用(都内)			雇用(都外)			雇用(計)		
	50%	70%	100%	50%	70%	100%	50%	70%	100%
単位	万人	万人	万人	万人	万人	万人	万人	万人	万人
2020-2030年	0.70	0.97	2.14	7.31	9.17	15.23	8.02	10.13	17.37
2030-2050年	1.00	1.00	1.03	4.36	4.36	4.59	5.35	5.35	5.62
平均	0.90	0.99	1.40	5.34	5.96	8.13	6.24	6.95	9.53

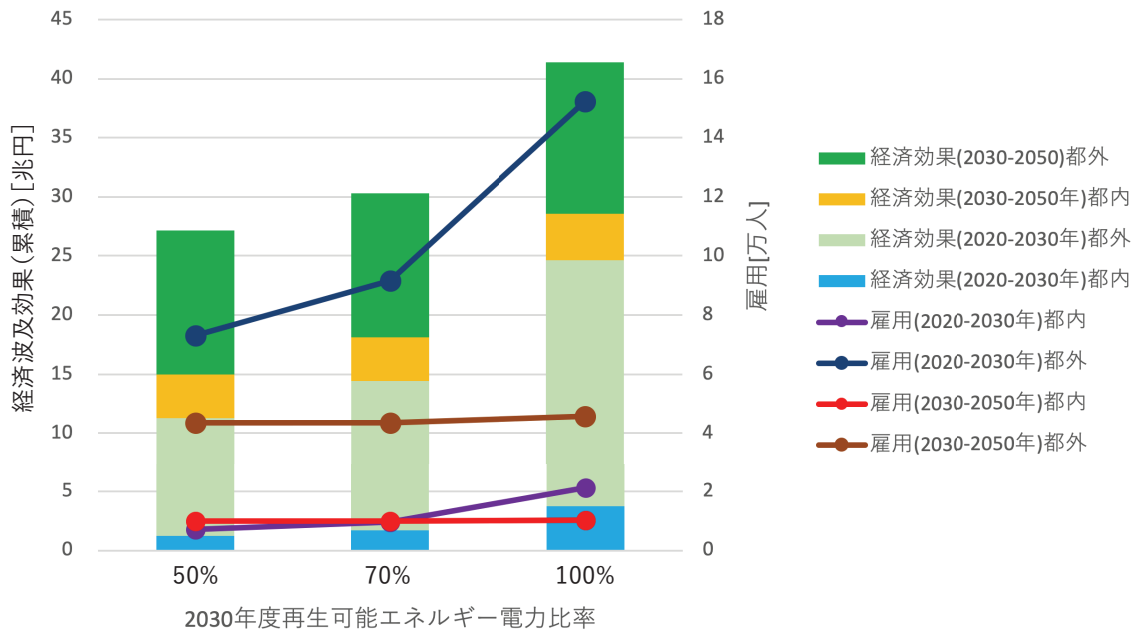


図 28：再生可能エネルギーシナリオにおける経済波及効果および雇用の比較

図29には、省エネルギーシナリオおよび再生可能エネルギーシナリオ（2030年再生可能エネルギー100%）における2020年から2050年までの累積の投資額および経済波及効果、さらに省エネルギーによる便益（光熱費削減分から投資額を差し引いたもの）の比較を示す。設備投資額と運転維持費用を合わせた再生可能エネルギーの費用は累積18.4兆円あるが、省エネルギーの投資額（累積13.4兆円）の約1.4倍ある。一方、省エネルギーの経済波及効果（累積）は都内で31.1兆円、都外で29.5兆円あるが、再生可能エネルギーの経済波及効果（累積）は都内で7.7兆円、都外で33.7兆円になる。都外では省エネと再エネの経済波及効果は同じ金額レベルだが、都内では省エネの経済波及効果が大きい。さらに省エネルギーへの投資により光熱費の削減による便益（累積22兆円）が投資額（累積13.4兆円）の約1.6倍得られ、都内および都外の経済波及効果はそれぞれ31.1兆円と29.5兆円で省エネ投資額の2倍以上になる。一方、再生可能エネルギーへの設備投資額および運転維持費は累積で18兆円になるのに対して、累積の経済波及効果は都内が7.7兆円、都外が33.7兆円となり、合わせて2倍以上になる。

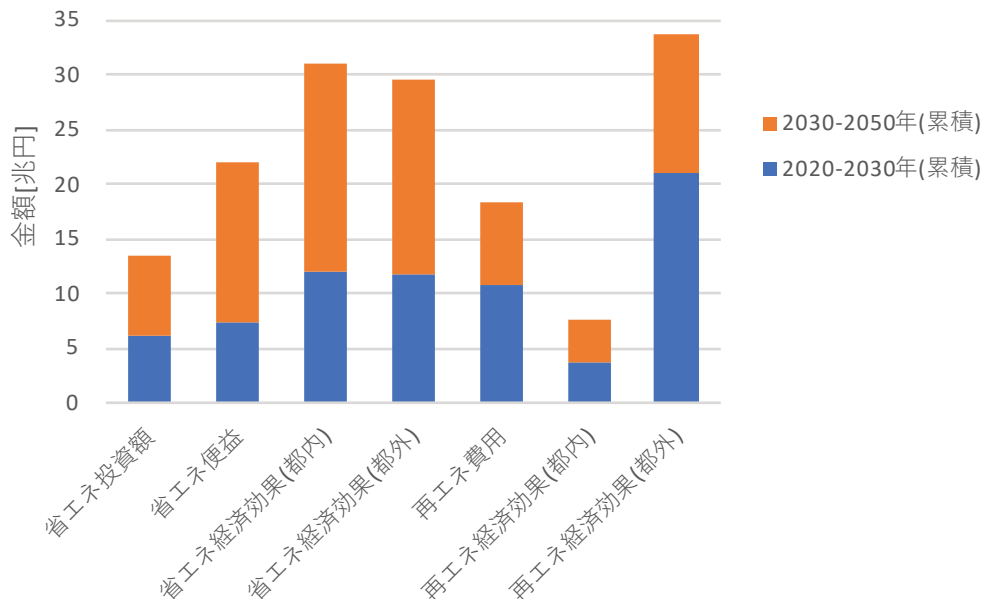


図 29：省エネルギーおよび再生可能エネルギーによる投資額および経済波及効果の試算（2030年電力再生可能エネルギー100%の場合）

7 提言

東京都において、ここで示した再生可能エネルギー100%シナリオに基づき、ゼロエミッション東京戦略が目指すビジョンや目標を実現するため、現行の東京都の気候変動・エネルギー政策に加えて以下のような施策を実施することを提言する。

1. 再生可能エネルギー100%による2050年ゼロエミッションの実現

気候危機の影響をできるだけ低減するため、CO₂排出量の大きい大都市、東京都として排出削減を率先して行うべきである。世界平均で気温上昇1.5°C未満（産業革命前比）を目指すためには、2050年CO₂排出実質ゼロ（ゼロエミッション）を必達目標として実現する必要がある。また、ゼロエミッション目標達成にあたって過酷事故や放射性廃棄物の長期の管理に問題のある原子力発電所の電気には依存しないことを前提とする。化石燃料の中でもCO₂排出量が特に大きく、大気汚染物質、有害化学物質、重金属などの排出量が大きい石炭火力の電気は優先的に削減し、2030年までに使用を中止する。大消費地である都市の特性を踏まえ、域内外での化石燃料消費の削減、化石燃料による火力発電の電気の調達からの脱却を図り、2050年までに再生可能エネルギー100%によるゼロエミッションの実現を目指すべきである。

2. 野心的な目標の法定化

エネルギー消費量の削減の目標値を引き上げ、行政計画に組み込み法定目標とする。毎年の進捗チェックを行い、計画未達成の可能性がある場合には、追加対策をその年度内に行うことを計画化する。これにより目標年に至る前に目標未達成になることを防止する。再生可能エネルギー100%シナリオに基づき、2030年および2050年の省エネルギーおよび再生可能エネルギーの目標、さらにCO₂排出量削減を以下のような法定目標として設定する。

- エネルギー消費量：2030年度に50%削減（2000年度比）としている目標を着実に実現し、2050年度に70%削減と合わせて行政計画に組み込む。
- CO₂排出量削減については2030年度のCO₂排出量削減目標を現行目標の50%（2000年度比）から60%以上に引き上げ、2050年までにゼロエミッションの実現を目指す。
- 地域の資源を活用した地産地消型の電力および熱を含む再生可能エネルギー供給や地域間での需給体制など、製造から利用まで経済的に実現可能なゼロカーボンエネルギーのサプライチェーンを確立する。
- 電力消費に対する再生可能エネルギーの割合を、2030年50%とする現行目標に対して、目標を70%以上に引き上げ、2030年100%まで引き上げることを目指す。

- 最終エネルギー消費に対する再生可能エネルギー割合の目標を、2030年に30%～54%とし、域内の再生可能エネルギーの割合10%～18%を目指す。2050年度に最終エネルギー消費に対して100%を目標とし、その実現のための具体的なロードマップを策定する。その際の域内の再生可能エネルギーの割合について60%以上を目指す。
- 再生可能エネルギー種別毎の明確な導入目標を策定する。太陽光発電について、東京都のカーボンハーフと同じ2030年に再生可能エネルギー電力50%を目指す場合は都内に累積導入量の目標を1.6GW（160万kW）程度、2030年に再生可能エネルギー電力100%を目指すには、累積導入量の目標を最大8GW（800万kW）とする必要がある。

3. 再生可能エネルギー100%に向けた域内の設備導入の促進

東京都内ですでにある「東京ソーラー屋根台帳」において建物の屋上に設置する場合の太陽光発電および太陽熱のポテンシャルマップを活用する。ZEHやZEBと共に新築時の太陽光発電の設置を義務化すると共に、太陽熱の導入への支援（導入検討、補助金など）を行う。既築の建築物の屋根での太陽光発電の導入を進めるため、導入の検討を義務化すると共に、初期投資の負担やリスクを軽減するために地域エネルギー事業者を認定して、屋根貸し事業モデルやPPAモデルの推進を行う。駐車場や空地の活用についても認定された地域エネルギー事業者を中心に進め、農地についてはソーラーシェアリングでの事業を行い、都市型農業との共存を図る。

域内の風力発電については、東京電力エリアの広域で都内の事業者や都民が出資するなど地域に根ざしたエネルギー事業者が事業開発を行う。陸上風力については、東京電力エリアでの適地が小さいことから、銚子沖の洋上風力なども事業会社と協働での事業として開発する。ただし、風力発電の開発は環境アセスメントを含めて長期間かかることから、2030年までは38万kWから最大で2GW（200万kW）程度を想定し、2030年以降の本格的な導入を前提に地域エネルギー会社が事業開発を進める。

地域内の再生可能エネルギーとしては、太陽熱や地中熱など熱の利用も重要である。太陽熱の導入は「東京ソーラー屋根台帳」を活用して、住宅や工場などの屋根への設置の検討を義務化する。地中熱などの導入には地域熱供給などの面的利用のインフラを整備する。

再生可能エネルギーの余剰電力を活用するインフラとして蓄電池や蓄熱設備などの導入を防災面での活用と合わせて進める。デマンド・レスポンスやVPP（バーチャル・パワー・プラント）などの電力需給での調整力を地域新電力と協力して高める。2050年の再生可能エネルギー100%に向けては余剰電力による水素製造・貯蔵・流通を低コストで行うインフラを整備し、グリーンガス（メタネーション）やグリーン燃料への転換・利用の商用化を目指す支援をする。

4. 再生可能エネルギー100%に向けた調達の仕組みの構築

域内および域外からの再生可能エネルギー電力の調達をスムーズに行うことができるような仕組みを構築する必要がある。具体的には現在、「東京都エネルギー環境計画書制度」で行われている電気事業者の排出係数および再生可能エネルギー割合の計画や報告を活用して、再生可能エネルギーの割合が高い地域新電力への支援を行い、発電事業者とのマッチングなどを行うことで、再生可能エネル

ギー100%の電力調達を都民や都内の事業者が進めやすくする。域内の送配電網がネックになる場合には、そのインフラ整備を行う送電会社あるいは配電会社を一般送配電事業者と共同で設立し、送電網・配電網の整備を行う。

5. 情報提供の拡充

東京都は、区市町村や大学・研究機関、地域の専門家実務者などと協力し、区市町村域の排出量、エネルギー消費量および再生可能エネルギー情報の提供を少なくとも年度毎、指標によっては月毎、日毎、時間毎に行う。中小企業への情報提供は、業種毎のエネルギー原単位、CO₂排出原単位（生産量など）の情報、典型対策の情報を公的に提供する。産業・業務部門に対しては業種毎のエネルギー原単位情報（生産量あたり、床面積あたりなど）の優良レベルと平均レベルの情報を提供する。

これとは別に、大規模事業所、大規模建築、公的施設については生産量または床面積あたりエネルギー、床面積あたりCO₂排出量、再生可能エネルギー割合について都の制度で個別に公表すると共に、業種平均などとの関係も含め、建物に表示を義務化する。これは地域の同業種企業などに参考になる。さらに各部門、各業種の典型対策の種類、削減効果、費用対効果などの情報を提供する。

6. 業務部門と家庭部門の断熱建築・ZEB/ZEH、再生可能エネルギーの確実な普及

業務部門において新築建物の断熱規制を導入し、建築物についてはZEBの省エネ基準を達成するようにする。国の制度で義務化しなかった300㎡未満の建築物を含め、2025年からはZEBの省エネ部分の基準達成を求める（地域工務店、小規模建築業者が施工できるよう、研修、断熱評価ツールなど支援を行う）。さらに、欧州パッシブ建築並みの省エネビルの建設を支援する。賃貸ビルについては、広告にも断熱情報の表示を義務化する。大口建築物の新築・大規模改修については、再エネ発電設備（太陽光発電など）または再エネ熱利用設備（太陽熱、地中熱など）導入を義務化し、割合は公表する。断熱建築、省エネルギー機器への固定資産税など資産課税の軽減をする。

家庭部門について断熱建築の確実な普及を図るため、新築断熱規制を導入。国の制度では義務化されていなかった300㎡未満の建築物を含め、2025年からは断熱推奨基準の達成、2030年からはZEHの省エネ部分の基準達成を求める（地域工務店、小規模建築業者が施工できるよう、研修、断熱評価ツールなど支援を行う）。さらに、欧州パッシブ建築並みの省エネ住宅の建設を支援する。太陽光発電については、新築住宅への設置を義務化し、既存住宅においても導入の検討を基本的に全戸に対して行い、設置の際の優遇策を講じる。住宅広告に断熱情報を表示する。断熱建築、省エネ機器への固定資産税など資産課税を軽減する。大口事業所、大規模建築、公的施設については生産量または床面積あたりエネルギー、床面積あたりCO₂排出量、再生可能エネルギー割合について個別に公表し、業種平均などとの関係も含め、建物に表示する。

7. 業務部門の面的な省エネルギーおよび再生可能エネルギー等利用の推進

エネルギーの地産地消は脱炭素化に加え、レジリエンス強化やエネルギー安全保障の面でも重要であり、一定規模以上（1万㎡以上）都市開発エリアでは、地域熱供給などエネルギーの面的利用を義務化

し、都内にすでに90区域以上ある地域熱供給（地域冷暖房）区域を含めて地域の再生可能エネルギー等を活用する検討を義務化する必要がある。業務部門での面的な省エネルギーや再生可能エネルギー利用の推進を行うためには、未利用エネルギー（排熱、地中熱、地下水、河川熱、海水熱、下水道熱など）や再生可能エネルギー熱（太陽熱、バイオマスなど）によるエネルギー効率の高い地域熱供給のインフラ整備を公共インフラとして計画的に実施する。新規の地域熱共有や既存の地域熱供給の熱源を再生可能エネルギーや未利用エネルギーに転換し、セクターカップリングなどスマートエネルギー化を推進する。集合住宅についても面的な地域熱供給の検討を行い、インフラ（熱導管や排熱・熱源水ネットワークなど）を整備する。再生可能エネルギー熱や未利用エネルギーの導入目標やロードマップを策定する。

8. 運輸部門のエネルギー効率化と支援

運輸部門での内燃機関の省エネルギーとして、燃費の悪い車に対し、都道府県税の自動車税の重課税を行う。内燃機関車の販売禁止年を制定し、保有禁止年の目安を定め、公表する。燃料電池車の支援政策として、その効果を表示する。2030年度以降は東京都の入札要件に運輸事業者の電気自動車の保有台数や割合、充電時に使用する電気の再生可能エネルギーの割合等を高める。徒歩や自転車で移動できる都市づくり、公共交通のインフラ整備と電化政策を行う。貨物については共同輸送を進める。地域の実情に応じてカーシェアリング、コンパクトシティ（集約型都市構造）、ショートウェイシティ（移動距離の短いまちづくり）が可能な都市計画を進める。

9. 市民参加・マルチステークホルダーの推進および専門家による支援制度

ゼロエミッション東京戦略での再生可能エネルギー100%の実現に向けては、市民や地域主体の取り組みが重要であり、市民参加によるルール検討や政策決定が求められる。さらに地方自治体、事業者、消費者、専門家そして市民など多くのステークホルダーが参画してオープンなプロセスで政策を協議し、計画の策定から実行、そしてチェック、アクションまで何回でもスムーズに行う場が求められる。

中小企業、家庭が省エネルギー対策や再生可能エネルギー導入・調達に取り組めるよう、東京都が区市町村や大学・研究機関、地域の専門家実務者などと協力し、エネルギー診断、専門家派遣とアドバイス、省エネルギー設備投資の相談、再生可能エネルギー設備投資の相談や診断を無料または安価で受けられるようにする。専門家・実務家人材を都が集め、公的アドバイス要員を区市町村に紹介。その人件費を東京都が支出する。

10. 公正な移行に基づくエネルギー転換の推進

省エネルギーの推進や再生可能エネルギー100%への取り組みを進める中で、従来の化石燃料（ガソリン、軽油、都市ガスなど）から電化による再生可能エネルギーの電気の利用に移行する必要がある。そのため、化石燃料の流通にかかわる事業者や雇用については、再生可能エネルギーに必要なインフラ（送電網、蓄電システムなど）の整備や再生可能エネルギーの地域内での導入を進める地域エネルギー事業会社の雇用などでカバーして、公正な移行が進むようにする必要がある。

参考文献

- Climate Ambition Alliance(2021):「気候野心同盟」 <https://climateaction.unfccc.int/>
- Climate Emergency Declaration(2021):「気候非常事態宣言」
<https://climateemergencydeclaration.org/climate-emergency-declarations-cover-15-million-citizens/>
- Global Covenant of Mayors for Climate and Energy(2019):「世界気候エネルギー首長誓約」
<https://covenantofmayors-japan.jp/about/comjapan>
- IRENA(2021): "World Adds Record New Renewable Energy Capacity in 2020" <http://www.irena.org/>
- Japan Times(2020): "Tokyo government making efforts to mitigate climate change and meet UN SDGs"
<https://www.japantimes.co.jp/2020/11/09/special-supplements/tokyo-government-making-efforts-mitigate-climate-change-meet-un-sdgs/>
- REN21 (2021): "Renewable in Cities 2021 Global Status Report"「自然エネルギー都市世界白書 2021」
<https://www.ren21.net/reports/cities-global-status-report/>
- SEIA(2021): "U.S. Solar Market Insight" <https://www.seia.org/us-solar-market-insight>
- WWFジャパン(2017):「脱炭素社会に向けた長期シナリオ 2017〜パリ協定時代の 2050 年日本社会像〜」
<https://www.wwf.or.jp/activities/activity/464.html>
- WWFジャパン(2021):「2050年脱炭素社会に向けた100%自然エネルギーシナリオ アップデート版」
<https://www.wwf.or.jp/activities/lib/4534.html>
- ZEBロードマップフォローアップ委員会(2019):「ZEB ロードマップフォローアップ委員会とりまとめ」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/enterprise/support/pdf/1903_followup_summary.pdf
- ZEH ロードマップフォローアップ委員会(2019):「ZEHの定義改訂版(戸建住宅)」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/assets/pdf/general/housing/zeh_definition_kodate.pdf
- 明日香ら(2015): 明日香壽川、上園昌武、歌川学、甲斐沼美紀子、田村堅太郎、樋屋治紀、外岡豊、西岡秀三、朴勝俊、Pranab Jyoti BARUAH、増井利彦、脇山尚子「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」 https://www-iam.nies.go.jp/aim///projects_activities/prov/2015_indc/document01_ver20150727.pdf
- 歌川・堀尾(2020):「90%以上のCO2削減を2050年までに確実にするための日本のエネルギー・ミックスと消費構造移行シナリオの設計」, 化学工学論文集, 第46巻, 第4号, pp. 91-107, 2020.
- オールボー大学(2015): Mathiesen, B. V., Lund, H., Hansen, K., Ridjan, I., Djørup, S. R., Nielsen, S., Sorknæs, P., Thellufsen, J. Z., Grundahl, L., Lund, R. S., Drysdale, D., Connolly, D., & Østergaard, P. A. (2015). IDA's Energy Vision 2050: A Smart Energy System strategy for 100% renewable Denmark. Department of Development and Planning, Aalborg University. <https://www.energyplan.eu/idasenergyvision2050/>
- オールボー大学(2020): Lund, Henrik, & Thellufsen, Jakob Zinck. (2020, September 7). EnergyPLAN – Advanced Energy Systems Analysis Computer Model (Version 15.1). <https://www.energyplan.eu/>
- 資源エネルギー庁(2020):「エネルギーの使用の合理化等に関する法律に基づくベンチマーク指標の実績について(令和元年度定期報告分)」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/benchmark/pdf/benchmark_2019_02.pdf
- 自然エネルギー財団(2020):「2030 年エネルギーミックスへの提案(第1版)自然エネルギーを基盤とする日本へ」
https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/REL_2030Proposal.pdf
- 集合住宅におけるZEHロードマップ検討委員会(2019):「ZEHの定義改訂版(集合住宅)」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/assets/pdf/general/housing/zeh_definition_shugou.pdf
- 総合資源エネルギー調査会・交通政策審議会(2011):「総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会自動車判断基準小委員会・交通政策審議会陸上交通分科会自動車部会自動車燃費基準小委員会合同会議 最終取りまとめ」 <https://www.mlit.go.jp/common/000170128.pdf>
- 総合資源エネルギー調査会・交通政策審議会(2015):「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自動車判断基準ワーキンググループ・交通政策審議会陸上交通分科会自動車部会自動車燃費基準小委員会合同会議 取りまとめ」
<https://www.mlit.go.jp/common/001095996.pdf>
- 総合資源エネルギー調査会・交通政策審議会(2017):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自動車判断基準ワーキンググループ・交通政策審議会陸上交通分科会自動車部会自動車燃費基準小委員会合同会議 取りまとめ(重量車燃費基準等)
<https://www.mlit.go.jp/common/001213816.pdf>
- 総合資源エネルギー調査会・交通政策審議会(2019):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自動車判断基準ワーキンググループ・交通政策審議会陸上交通分科会自動車部会自動車燃費基準小委員会合同会議 取りまとめ(乗用車燃費基準等)
<https://www.mlit.go.jp/common/001303219.pdf>
- 東京都(2007):「東京都気候変動対策方針」
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/basic/plan/climate/climate_change.files/honnbunn-all.pdf
- 東京都(2019):「ゼロエミッション東京戦略の策定 ～気候危機に立ち向かう行動宣言～」
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/policy_others/zeroemission_tokyo/strategy.html
- 東京都(2020a):「都内の最終エネルギー消費及び温室効果ガス排出量(2018 年度速報値)」
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/zenpan/emissions_tokyo.files/2018sokuhou.pdf
- 東京都(2020b):「東京都における最終エネルギー消費および温室効果ガス排出量(2017年度実績)」
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/zenpan/emissions_tokyo.files/2017gaiyou.pdf
- 東京都(2020c):「東京都キャップ&トレード制度 第二計画期間4年度目の実績」
<https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/press/2020/03/26/08.html>
- 東京都(2020d):「区分事業所のエネルギー消費原単位の推移」
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/large_scale/data/index.files/energy.pdf
- 東京都(2021a):「ゼロエミッション東京戦略2020 Update & Report」
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/policy_others/zeroemission_tokyo/strategy_2020update.html
- 東京都(2021b):「東京都エネルギー環境計画書制度」 <https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/supplier/index.html>
- 環境省(2021): REPOS(再生可能エネルギー情報提供システム)
<http://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/index.html>

グリーンピースは、環境保護と平和を願う市民の立場で活動する国際環境 NGO です。

独立・中立を維持するため、政府や企業から資金援助を受けずに独立した活動を展開しています。

GREENPEACE

発行：国際環境 NGO グリーンピース・ジャパン

〒160-0023

東京都新宿区西新宿 8-13-11 NF ビル 2F

Tel. 03-5338-9800 Fax. 03-5338-9817

www.greenpeace.org/japan

