

経済成長・産業構造を中心とした 長期需要想定における諸論点

電力中央研究所 社会経済研究所

間瀬貴之

第1回「将来の電力需給に関する在り方勉強会」

2023年4月28日

 電力中央研究所

本報告の背景

長期需要想定に向けたシナリオ検討の重要性

◆ 「供給力の維持・開発を計画する枠組みの形成」の必要性（第56回基本政策小委、2022年11月24日）⇒「将来の電力需給に関する在り方勉強会」設置

背景	● 現行制度上、電力広域機関が毎年度取りまとめる供給計画は、向こう10年間の電力需給見通しを示す一方、大規模な電源開発に有用な10年を超える先の見通しはなく、電力自由化の下で、発電事業者が新規の電源投資を躊躇する一因ともなっている。 ● こうした中で、今後、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、新たな電源投資の支援制度（長期脱炭素電源オークション）を通じ、安定供給を確保しつつ、計画的に電源の脱炭素化を進めることとしている。その円滑な実施に当たっては、計画的な電源投資支援の基礎となる、10年を超える長期の電力需給の見通しが欠かせない。
目的	● このため、現行の供給計画と別の形で、10年超先の電力需給のあり得るシナリオを関係者間で共有することを目指し、供給力の維持・開発を計画する新たな枠組みを形成することとしてはどうか。 ● 具体的には、2023年度から長期脱炭素電源オークションが導入されることを念頭に、2023年度早期に検討を開始することとし、2022年度中を目途に、必要な体制整備を含めた検討の準備を進めていくこととしてはどうか。

出所:基本政策小委員会

◆ シナリオ検討の方向性

- 将来を正確に予測しようとするものではない。社会経済の構造変化を踏まえ、計画的に電源開発を進めることを目的に、参考となる複数のシナリオを作成

方向性	● なお、新たな枠組みの下でのシナリオは、政府の目標や不確実な将来を正確に予測しようとするものではなく、計画的に電源開発を進める上で参考にすることを目的に、多様な関係者の関与の下で作成するものとし、その際、例えば、前提を変えて複数のシナリオを作成するなどとしてはどうか。 ● また、需要の想定については、過去のトレンドの延長ではなく、電化の進展やデータ・通信の爆発的増加等、社会経済の構造変化も見据えたものとすることとしてはどうか。
-----	---

出所:基本政策小委員会

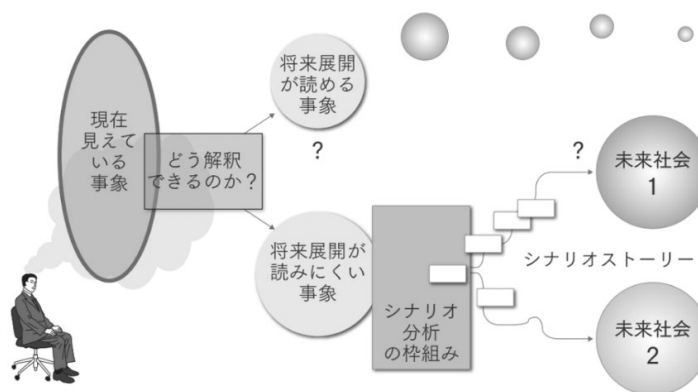
【参考】シェルのシナリオプランニング

シナリオとは、「起こり得る未来を解説するストーリー」

- 未来予測ではなく、最もありそうな未来を示すことも本来的に不可能、と考える前提。
- 目的は、意思決定者（政策当局や経営層）向けに将来的な大変化への戦略的準備を促すこと

シナリオプランニング

- 今後の世界を動かす重要な政治、経済的なイベント、主要な登場人物や組織、彼らの意図、世界を動かすロジックを抽出し、そこから複数の未来像（シナリオ）を描く
 - 現在から将来に向かってどんな重要なことがら起こる可能性があるのか
 - それはどんな原因で、誰によって引き起こされ、どんな波及効果をもたらすのか
 - その結果、未来世界が現在とどんな点で異なってくるのか
- 将来展開が読める事象は共通させるが、将来展開が読みにくい不確実な事象を分岐させ、違った未来を描く

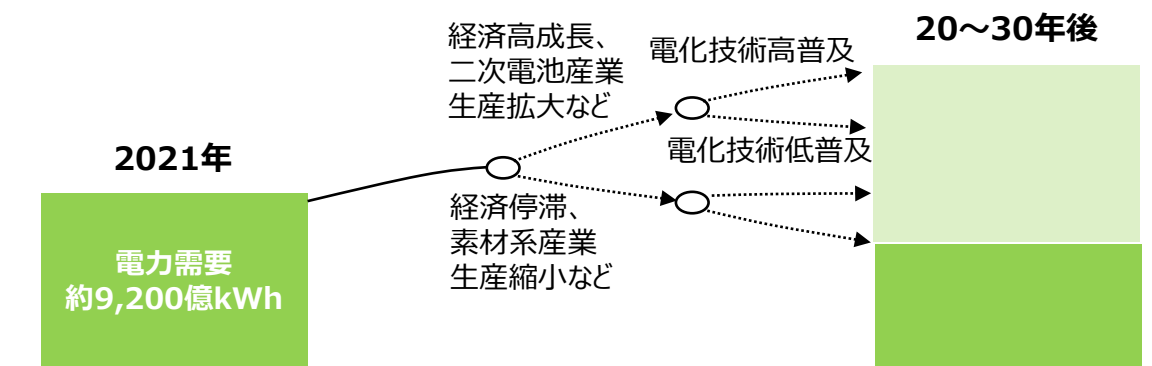


出所:角和昌浩(2022)
『シェルに学んだシナリオプランニング』
日本経済新聞出版

経済成長・産業構造を中心とした 長期需要想定における諸論点

- 本報告では、主に、**論点I.経済成長**、**II.産業構造**、**III.電化**に関する論点を整理。これらの論点を前スライドで示したシナリオプランニングの考え方を念頭に整理すると、以下のように考えられる。
 - ✓ **経済成長**や**産業構造**は、国際競争環境や、国内外政策・規制など様々な要素が関わり、**将来展開が読みにくい事象**
 - ✓ **電化**は、カーボンニュートラル（CN）社会実現を踏まえた政策目標などから、**将来的な進展が見込まれる事象であるものの、その程度が読みにくい事象**
 - ✓ なお、**将来展開が読みやすい事象**は人口・世帯数など
- 今後、シナリオ分析を行う上では、長期脱炭素電源オークションの目的が「長期的な安定供給確保を前提に2050年CN社会実現に必要な脱炭素電源への新規投資を促す」ことを踏まえ、**将来展開が読みにくい事象を精査することが重要**。

長期需要想定シナリオ分析のイメージ



(注) 本報告では、主に、経済成長、産業構造、電化に関する論点を整理しているが、水素や省エネルギー技術普及など様々な論点・要因が考えられる。

論点I.経済成長

論点I.経済成長:従来通り成長率を高めとするか、保守的に低めとするか

- 政府のエネルギー需給見通しにおいては高めの経済成長が想定される傾向。なお、第6次エネルギー基本計画（6次エネ基）においては、高い経済成長を前提にするものの、2015年に策定された長期エネルギー需給見通しから下方修正。加えて、国の審議会*で取りまとめた、国内諸機関の2050年のシナリオ分析においても、多くの機関において、持続的な経済成長が前提。一方、経済予測を主とする機関の中には2030年以降にマイナス成長に転じる見方もある
- 高い経済成長によるプラス要因と、「最大限」の省エネへの期待によるマイナス要因が打ち消しあうことも
 - 経済成長が年率1～2%の違いであっても、20～30年後には経済規模が大きく異なり、電力需要に対してはその前提の違いによる影響も大きい。長期需要想定の際には、この感度の大きさを認識しておく必要があるのではないか
 - 高い経済成長を想定したとしても、その後、実績が想定を下回ることが明らかになるにつれて、将来的には経済成長の想定が下方修正される可能性がある。しかし、省エネの実態把握は経済成長に比べて難しい。その中で、「最大限」の省エネへの期待と実態との差異を、どのように検証し、適切に反映していくか

* 経済産業省 資源エネルギー庁（2021）「2050年シナリオ分析の結果比較」、総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会、第45回2021年7月13日開催。

論点II.産業構造

論点II.産業構造:どの産業が今後の日本経済を支えるのか

- 6次エネ基ではエネルギー多消費産業など主要業種の活動量の停滞が前提
 - 高い経済成長を前提として、どの産業がけん引役になるかは示されていない。粗鋼生産量が停滞すれば、鉄鋼業と関りが強い自動車産業をはじめとする製造業はどうなるのかなどが不明
- 産業構造の転換による電力需要への影響
 - 部門間で相互に影響し合う生産活動
 - 製造業の生産プロセスにおいて様々な財・サービスが投入されるため、生産量の影響は様々な産業に波及。引き続き、製造業が日本経済を牽引するのであれば、それに関連する産業（例えば、素材系産業）の生産量が大幅に減少することは考えづらい。ただし、輸入品への代替や、生産プロセスが改善する場合には、国内生産が減少する場合も考え得る
 - 例えば、自動車の電動化は産業構造を大きく変える
 - ✓ エンジンの生産減少、二次電池の生産拡大
 - ✓ 国際競争が激化する中で外貨を稼げるか

論点III.電化

論点III.電化：産業・業務・家庭・運輸部門でどの程度の電化が進展するか

- CN社会実現に向けて電化は必要不可欠
 - 6次エネ基では産業・業務・家庭・運輸部門で、多くの省エネ技術を積み上げているが、2030年度における電化技術（ヒートポンプ、電気自動車など）の見込み量は僅か
 - 電化による電力需要のプラス要因と、エネルギー効率の向上によるマイナス要因が打ち消し得る
- 産業・業務・家庭・運輸部門ごとにプロセスや技術が異なり、部門ごとに費用的制約、技術的制約、時間的制約が複合的に関連
 - 産業部門：電化は振れ幅が大きい
 - 運輸部門：自動車保有状況は徐々に入れ替え、充電需要（kWh）は徐々に増加
- 電化の政策的位置付け、電力需要の見通し、電源投資判断の3つは相互依存関係
 - 電化が進展しない場合には、CN対応の負担が電力に集中して、電力価格の上昇、電力需要の停滞、固定費の未回収、電源投資の悪化を招き得るため、CNを踏まえた電化の政策的位置付けを明確化した上で、電化需要を想定することが必要ではないか

その他の論点

- データセンターの消費電力量
- 水素に関する政府目標
- 自家消費量
- シナリオ分析において何を考慮するか：エネルギー需給に関わるシナリオ分析事例紹介 など

論点 I : 経済成長

長期需要想定における諸論点I：経済成長①

- 左表で示す全ての国内諸機関が日本経済成長率をプラスで見込む。
- 電力広域的運営推進機関（OCCTO）のマスタートプランでは2022年度供給計画需要想定における経済見通しを基に実質GDPを算定。具体的な記載はないが、2031年度から実質GDPが0.8%増/年（2025～2031年度までの平均）を前提としていると思われる。
- このように、エネルギー分析を主とする機関は高い経済成長を前提とする傾向。

国内諸機関の経済前提

機関名	実質GDP
政府 （第6次エネルギー基本計画）	実質GDP成長率：21～30年度まで年率平均1.7%成長
地球環境産業技術研究機構	実質GDP成長率：30年まで年率平均1.6%成長、 50年まで年率0.4%成長（SSP 2 シナリオ）
国立環境研究所	実質GDP成長率：30年まで年率平均1.7%成長、 50年まで年率0.5%成長（内閣府成長実現ケース、SSP2シナリオ参照）
日本エネルギー経済研究所	実質GDP成長率：50年まで年率平均1.0%、
電力広域的運営推進機関 （マスタートプラン）	22年度供給計画需要想定における経済見通しを基に算定。 コロナ影響を排除するため25～31年度までの想定値の傾向より求める。実質GDPについては実質GDP想定値の線形近似から50年度まで同程度の成長が続くと想定。なお、25～31年度までの平均経済成長率は年率平均0.7%増。

（注）経済産業省 資源エネルギー庁（2021）「2050年シナリオ分析の結果比較」、電力広域的運営推進機関（2023）「広域系統長期方針（広域連系系統のマスタートプラン）別冊（資料編）」から作成。

World Energy Outlook 2022におけるGDP

Table 2.1 ▶ GDP average growth assumptions by region

	Compound average annual growth rate			
	2010-2021	2021-2030	2030-2050	2021-2050
North America	1.9%	2.0%	2.0%	2.0%
United States	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
Central and South America	0.9%	2.4%	2.4%	2.4%
Brazil	0.7%	1.8%	2.5%	2.3%
Europe	1.6%	2.0%	1.4%	1.6%
European Union	1.2%	1.9%	1.2%	1.4%
Africa	2.7%	4.1%	4.2%	4.1%
South Africa	1.1%	1.6%	2.8%	2.4%
Middle East	2.0%	3.2%	3.2%	3.2%
Eurasia	2.1%	0.1%	1.4%	1.0%
Russia	1.7%	-1.1%	0.7%	0.1%
Asia Pacific	4.9%	4.7%	3.1%	3.6%
China	6.8%	4.7%	2.8%	3.4%
India	5.5%	7.2%	4.4%	5.2%
Japan	0.5%	0.9%	0.6%	0.7%
Southeast Asia	4.1%	5.0%	3.3%	3.8%
World	2.9%	3.3%	2.6%	2.8%

Note: Calculated based on GDP expressed in year-2021 US dollars in purchasing power parity terms.

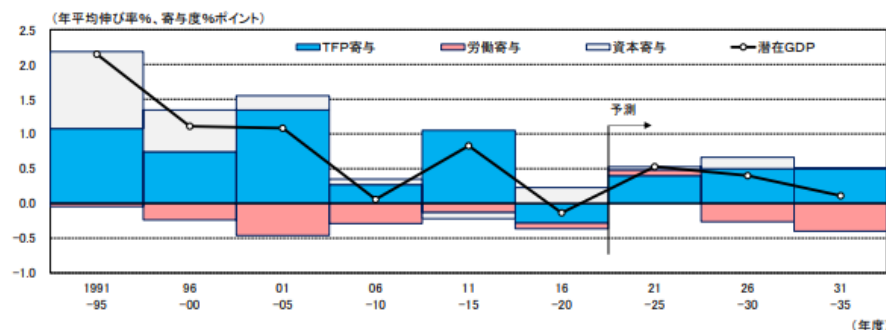
Sources: IEA analysis based on Oxford Economics (2022) and IMF (2022).

（注）International Energy Agency（2022）「World Energy Outlook 2022」から抜粋。赤枠は加筆。

長期需要想定における諸論点I：経済成長②

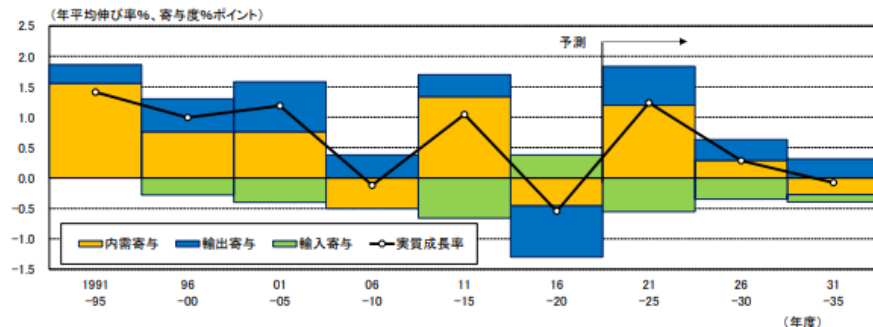
- 日本経済研究センター（2022）は日本経済が2030年代からマイナス成長に転じる可能性を指摘。
- エネルギー需要と密接に関わる経済成長について、どの程度の成長、もしくは、縮小を前提（シナリオ）とするのが論点になるのではないかな。

図表2 潜在成長率の成長会計 —30年代には成長力を失う



(資料) 日本経済研究センターが推計

図表3 実質成長率 —30年代にマイナス成長に



(資料) 日本経済研究センターが推計

【概要】

- ✓ 少子高齢化や人口減少といった構造問題はコロナ前からあった。潜在GDP成長率は、そうした構造問題により労働投入量が大きくマイナスに寄与する。投資が貯蓄を下回り、生産性が停滞する現在の環境を改革しないとすれば、資本や全要素生産性（TFP、技術進歩や創意工夫、ビジネスモデルの構築などによる生産性向上）ではカバーできない状況になる。このため31-35年度平均の潜在成長率は0.2%とほぼゼロ成長に陥る（図表2）。
- ✓ 実質成長率は、内需の寄与がマイナスに転じることから、31-35年度平均で▲0.1%とマイナス成長に陥る（図表3）。

実質GDPが増加した場合の電力需要は？

- ここでは、日本経済が成長せず、世帯数が減少する“実質GDP固定シナリオ”と、デジタル技術の活用など何らかの理由で生産性が向上して、高い経済成長が実現する“高成長実現シナリオ”を想定して、2050年度の電力需要を簡易的に評価。
- 電力需要は、2050年度に、実質GDP固定シナリオが約8,800億kWh、高成長実現シナリオが約12,400億kWh。その差は約3,600億kWh。すなわち、経済成長が年率1～2%の違いであっても、20～30年後には経済規模が大きく異なり、電力需要に対してはその想定の違いによる影響が大きい。
- 経済成長の想定について、実績との差異を検証し、適切に反映していく必要があるのではないか。

シナリオ	2050年度 電力需要	概要
実質GDP固定	合計 : 約8,800億kWh 産業・業務 : 約6,700億kWh 家庭 : 約2,100億kWh	・ 実質GDP（約540兆円） ：日本経済が経済成長せず。2021年度実績に固定。 ・ 世帯数（約4,600万世帯） ：2050年度にかけて 世帯数が減少 。社人研の公表値を基に試算。
高成長実現	合計 : 約12,400億kWh 産業・業務 : 約10,300億kWh 家庭 : 約 2,100億kWh	・ 実質GDP（約840兆円） ： 高い経済成長が実現 することで2021～50年度まで年平均成長率1.5%増。なお、参考資料に掲載している坂本（2023）が整理したIPCC第6次評価報告書日本に関するシナリオの経済成長の前提を参考。 ・ 世帯数（約4,600万世帯） ：実質GDP固定シナリオと同様に、2050年度にかけて 世帯数が減少 。 ・シナリオとしては、デジタル技術の活用や高度人材の育成などにより 飛躍的に生産性（TFP）が向上 し、産業競争力が向上。輸出を通じて国外需要を取り込めることや賃金上昇が国内需要を押し上げ、結果として、 高い経済成長 が実現。

（注）経済成長の前提の違いによる電力需要への影響を大まかに把握するため、産業・業務部門においてはGDP当たり原単位、家庭部門においては世帯当たり原単位を一定として、2050年度の電力需要を簡易的に評価。なお、この評価方法においては、産業構造の変化、経済成長に伴う省エネ技術への投資、省エネによる原単位の低下など様々な要因を考慮していない点には留意。また、運輸部門の電力需要は小さい（2021年度約200億kWh）ため、上表のいずれのシナリオにおいて2050年度電力需要には含めていない。

論点Ⅱ：産業構造

長期需要想定における諸論点II：産業構造

6次エネ基で示された主要業種活動量

- 2015年長期見通しでは、マクロフレームを用いて、実質GDPとの整合性をとり、鉄鋼業や化学産業などエネルギー多消費産業など主要業種の活動量を想定。6次エネ基では、経済成長の見直しなどに合わせ、粗鋼生産量や紙・板紙生産量などの活動量について見直し。（表）
- しかし、どの産業が日本経済をどの程度牽引して、高い経済成長を実現するのか、6次エネ基には具体的な将来像が記載されているとは言えない。鉄鋼業が停滞するのであれば、そのサプライチェーンに含まれる自動車産業をはじめ機械製造業も影響を受けるはずである。しかし、機械製造業の活動量は示されていない。また、今後の自動車の電動化は産業構造を変化させる（間瀬、2019）。
- 産業構造次第でエネルギー需要が変化するため、どのような産業構造を想定するのが論点になるのではないか。

6次エネ基：主要業種の活動量

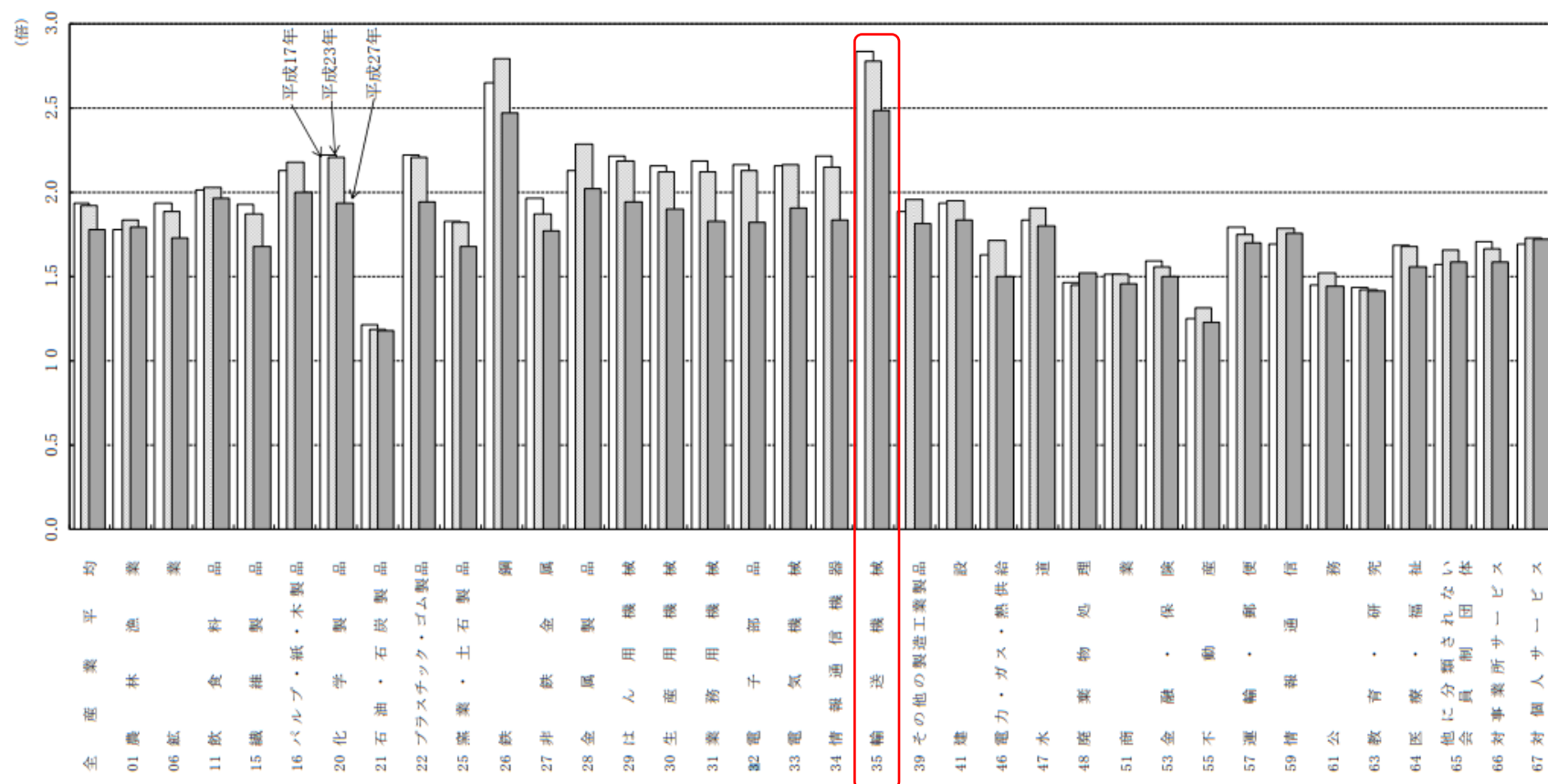
		2013年度	2019年度	2030年度		
				長期見通し	6次エネ基	乖離率
粗鋼生産量	億t	1.1	1.0	1.2	0.9	-25.0
エチレン生産量	百万t	6.8	6.3	5.7	5.7	0.0
セメント生産量	百万t	56	53	56	56	0.0
紙・板紙生産量	百万t	27	25	27	22	-18.5
業務床面積	百万m ²	1,850	1,921	1,971	1,965	-0.3
旅客需要	百億人・km	139	144	141	136	-3.5
貨物需要	百億t・km	43	41	52	42	-19.2

（注）乖離率は長期見通しに対する6次エネ基の比。太文字は6次エネ基で見直された活動量。

相互に影響し合う生産活動：生産波及の大きさ

- 生産プロセスにおいて様々な財・サービスが投入されるため、生産量の影響は様々な産業に波及。
- 生産波及が最も大きい部門は「輸送機械」。輸送機械の需要は様々な産業の経済活動に影響。

生産波及の大きさ



(注) 総務省 (2019) 「平成27年 (2015年) 産業連関表」から抜粋。「生産波及の大きさ」はある産業に対して 1 単位の最終需要が発生した場合、各産業の生産が究極的にどれだけ必要となるかを示す係数。赤枠は加筆。

乗用車の電動化による産業構造・電力投入量変化

- 今後、乗用車の電動化が見込まれるが、内燃機関車と電動車では車体構造が異なる。例えば、電気自動車ではエンジンが不要になる一方、二次電池やパワーコントロールユニットなどが必要。
- 間瀬（2019）では電動車部門（電気自動車、ハイブリッド、プラグインハイブリッド）を追加した産業連関モデルを用いて、電動車が普及した場合の生産波及効果を評価。結果、内燃機関車に代わり電動車の生産が拡大する場合には、**電動車向けの電気機械（二次電池など）の調達先が、国内か国外か**によって、国内産業や電力投入量へはプラス影響とマイナス影響の両方がある。

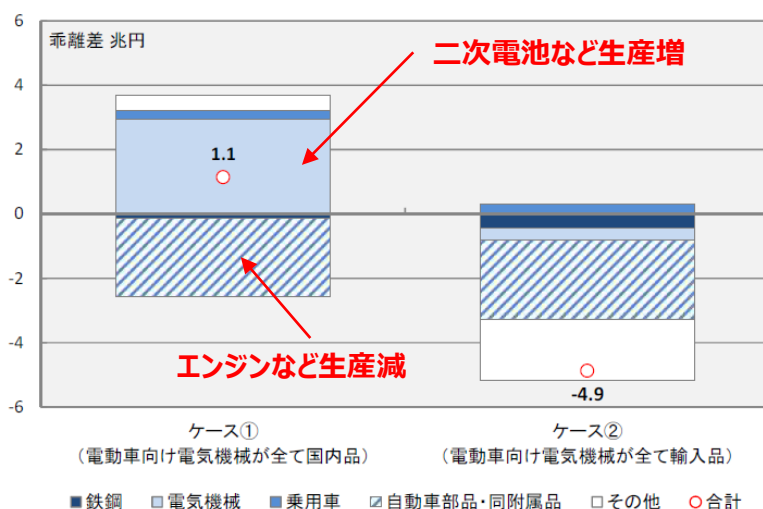


図1 部門別の生産波及効果（乖離差）

（注）乖離差は、各ケースの生産波及効果を、2016年実績から差し引いたものである。乗用車は、車種別の乗用車部門を合計したものである。その他は個別に掲載されている部門以外の合計であり、表7のその他部門とは異なる点に留意されたい。

（注）間瀬貴之（2019）「産業連関表における電動車部門の推計と電動車の生産台数シェア上昇のシミュレーション分析」から抜粋。上図の基準となる標準ケースでは、2016年の生産に占める電動車の割合について、ハイブリッド車が19.7%、電気自動車が0.3%、ケース①とケース②ではハイブリッド車が40.0%、電気自動車が30.0%、内燃機関車が30%と想定。さらに、ケース①では電動車向け電気機械が全て国内品、ケース②ではそれらが全て輸入品と想定。なお、ここでは電気自動車の二次電池車載容量を24kWhとしているが、近年は大容量化が進み、リーフで40～60kWh。そのため、二次電池生産増の影響は上図よりも上振れ。

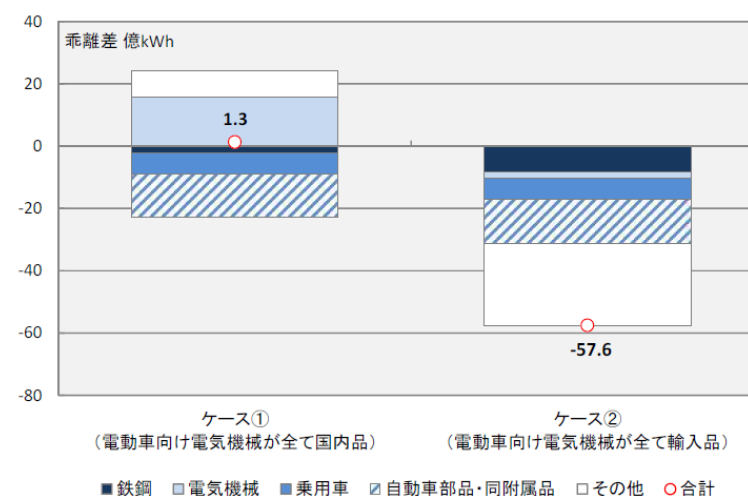


図2 ケース別の電力投入量（乖離差）

（注）乖離差は、各ケースの電力投入量を、2016年実績から差し引いたものである。乗用車は、車種別の乗用車部門を合計したものである。その他は個別に掲載されている部門以外の部門を合計したものであり、表8のその他部門とは異なる点に留意されたい。

論点Ⅲ：電化

長期需要想定における諸論点③：電化

6次エネ基における省エネの野心的な深掘り～電化技術の織込は僅か～

- 6次エネ基では、省エネについて、2015年長期見通しで見込んでいた5,000万kl程度から、6,200万kl程度まで野心的に深掘り。（左表）
- 6次エネ基では、それぞれの部門で、多くの省エネ技術を積み上げているが、電化技術の見込みは僅かであり、電力需要の増加分は149万kl（160億kWh）に留まる。（右表）

省エネ目標量と政府進捗評価

	2019年度 政府 進捗評価	2030年度	
		長期見通し	6次エネ基
産業部門	322	1,042	1,350
業務部門	414	1,227	1,376
家庭部門	357	1,160	1,208
運輸部門	562	1,607	2,306
合計	1,655	5,036	6,240

野心的な深掘り

（注）単位は原油換算万kl。また、6次エネ基が掲げている省エネの6,240万klのうち、電力需要のエネルギー削減量が2,038万kl（2,192億kWh）。

電力需要が増加する技術

部門	省エネルギー対策名	省エネ目標量	内訳	
		2030FY	電力	燃料
産業部門				
窯業・土石	ガラス溶融炉の導入	3.0	-0.3	3.3
業種横断・その他	産業HP（加温・乾燥）の導入	87.9	-19.9	107.8
家庭部門				
給湯	高効率給湯器の導入	264.5	-28.1	292.6
運輸部門				
車体対策	燃費改善・次世代自動車の普及	990.0	-101.0	1091.0

電化による電力需要増加分
149万kl(160億kWh)

（注）単位は原油換算万kl。経済産業省 資源エネルギー庁（2021）「2030年におけるエネルギー需給の見通し（関連資料）」から作成。

IPCC第6次評価報告書の日本に関するシナリオ

- IPCC第6次評価報告書の日本に関するシナリオにおいて、最終エネルギー消費に占める電力の割合（電化率）は、2050年に、産業部門が47%（26～66%）、民生部門が81%（56～100%）、運輸部門が32%（4～56%）まで上昇。電化の進展度合いは部門ごとにはばらつく。
- このように、CN社会実現に向けて、電源の脱炭素化に合せたエンドユース機器の電化が必要不可欠であり、長期需要想定において、電化需要をどの部門でどの程度見込むかが論点になるのではないかな。

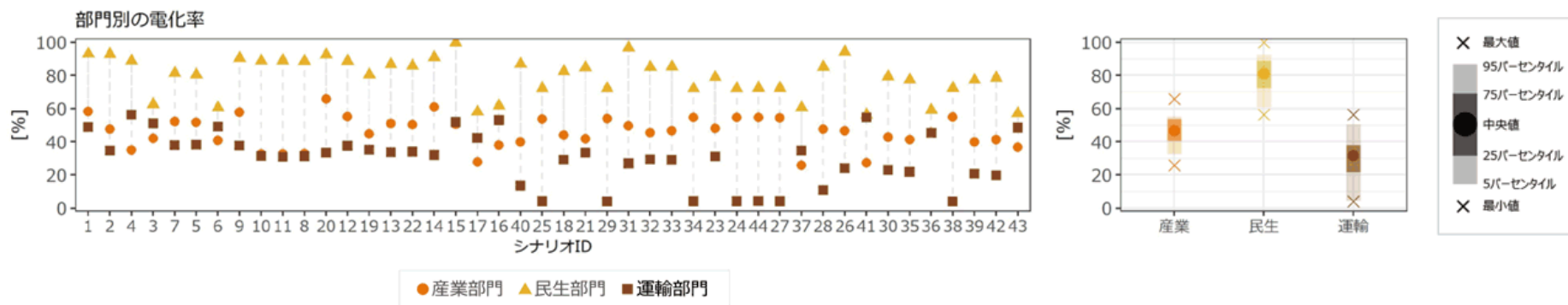


図11 CO₂ネットゼロ排出達成時の需要サイドのCO₂排出量と最終エネルギー消費、電化率

(注) 坂本将吾（2023）「脱炭素に向けた日本のエネルギーシステム転換—IPCC第6次評価報告書のシナリオ群における共通性と多様性—」から抜粋。また、2020年の電化率は産業部門が24%、民生部門が56%、運輸部門が2%。

潜在的電化需要

- 経済性を考慮せずに電化技術が最大限導入される“技術ポテンシャル”の考え方にに基づき、電化需要の潜在的な規模を評価。結果、潜在的電化需要は日本全体で4,100億kWh。
- 機器の入れ替わりには時間を要するため、潜在電化需要がすべて実現するには相当の時間が必要。また、電化の進展度合いは、経済性、政策、規制などの要因によって左右。そのため、CN社会実現に向けて、電化の政策的位置付けを明確化した上で、まず、電化需要を想定することが必要ではないか。
 - ✓ 電化の位置づけや取り組みについては電力中央研究所 社会経済研究所「電力経済研究（No.69）」を参照（<https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/periodicals/no69.html>）

部門	潜在的電化需要	概要
産業	約1,300億kWh	・中野他（2020）を参考に、現在すでに実用化されているヒートポンプ（HP）などを活用し、空調やボイラ用途などを最大限電化したと仮定。工程の副産物を用いる場合などは一部除外。
家庭・業務	家庭：約500億kWh 業務：約500億kWh	・暖房・給湯などの全て用途において、 燃料が全て電力に代替 。
運輸	約1,800億kWh	・ 自動車・バスが全て電気自動車に置き換わる 。一方、航空部門、船舶部門、鉄道部門の燃料の転換は織り込まず。

（注）潜在的電化需要の評価は各部門の生産量や、今後の技術動向などにも左右されるため、上表の結果は幅を持って解釈されたい。

産業部門における電化ポテンシャル

- 中野他（2020）では、産業部門における電化ポテンシャルについて、ケース①現状である程度の妥当性を持って想定される技術が最大限普及した場合と、ケース②コストが大きく低減した超長期の状況を想定した場合の2ケースを提示。
- 産業部門電化ポテンシャルは930～6,460億kWh。なお、この結果には水素や合成メタンの製造により生じる電力需要が含まれている点には留意。

表4 シナリオ別の電化ポテンシャル（TWh）

業種	電力消費量'16	電力消費量①	電力消費量②	電力消費量増分①	電力消費量増分②	概要
紙・パルプ	31	57	62	26	31	①古紙パルプの乾燥工程、空調を電化。②加えて、木材パルプの乾燥工程のうち黒液を使わない一部分をHPに
無機化学	11	21	23	10	11	①直接加熱（焼成）・ボイラ（濃縮、他生産工程）の90%を電化、②直接加熱、ボイラともに100%を電化
有機化学	30	45	295 *502	15	265 *473	①ボイラのうち洗浄・乾燥等の全てと反応・溶解、濃縮・蒸留工程の一部が電化、②ボイラの全電化と原料代替
医薬品	3	15	15	12	12	①②ともに、ボイラのすべてが電化
石油・石炭製品	2	2	7	0	5	②一部の蒸気駆動が電気駆動に置換
窯業・土石	18	21	26	3	8	ガラス溶融の①10%、②20%が全電気溶融に転換
鉄鋼（高炉）	58	68	353 *352-396	10	295 *294-338	①空調、ボイラ用途を電化。②製造プロセスを水素還元 に転換。参考ケースは電解採取
鉄鋼（電炉）	12	14	14	2	2	圧延前加熱の電化
非鉄金属	13	21	23	9	10	HP によるボイラの代替に加え、①プロセス直接加熱の 8割が電化、②すべてが電化
輸送機械	26	31	32	5	5	塗装工程は蒸気が全て HP に置換。浸炭工程も全て電気 熱源による真空浸炭へ置換
合計	204 [140]	297 [242]	850 [816]	93 [102]	646 [676]	

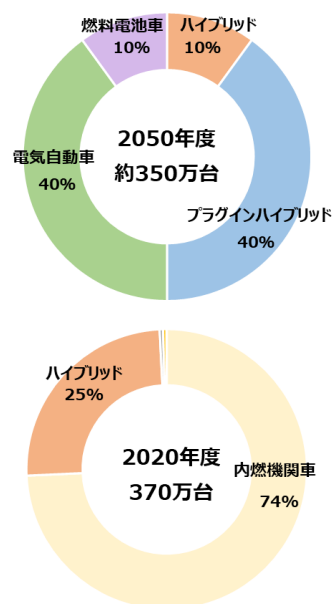
注：2016年の電力消費量は総合エネルギー統計から引用。①現状である程度の妥当性をもって想定される技術が最大限普及したケース、②コストが大きく低減した超長期の状況を想定したケース、の2ケースを試算。*は参考ケース。[]内は系統電力であり、プロセスの電化に伴って自家発が廃止され、系統需要が増加する場合を想定している。

（注）中野一慶、浜渦純大、永井雄宇、西尾健一郎、田頭直人（2020）「将来の社会像検討のための産業部門のエネルギー利用と電化ポテンシャル調査」から抜粋。赤枠は加筆。

乗用車の保有車は徐々に入れ替わる

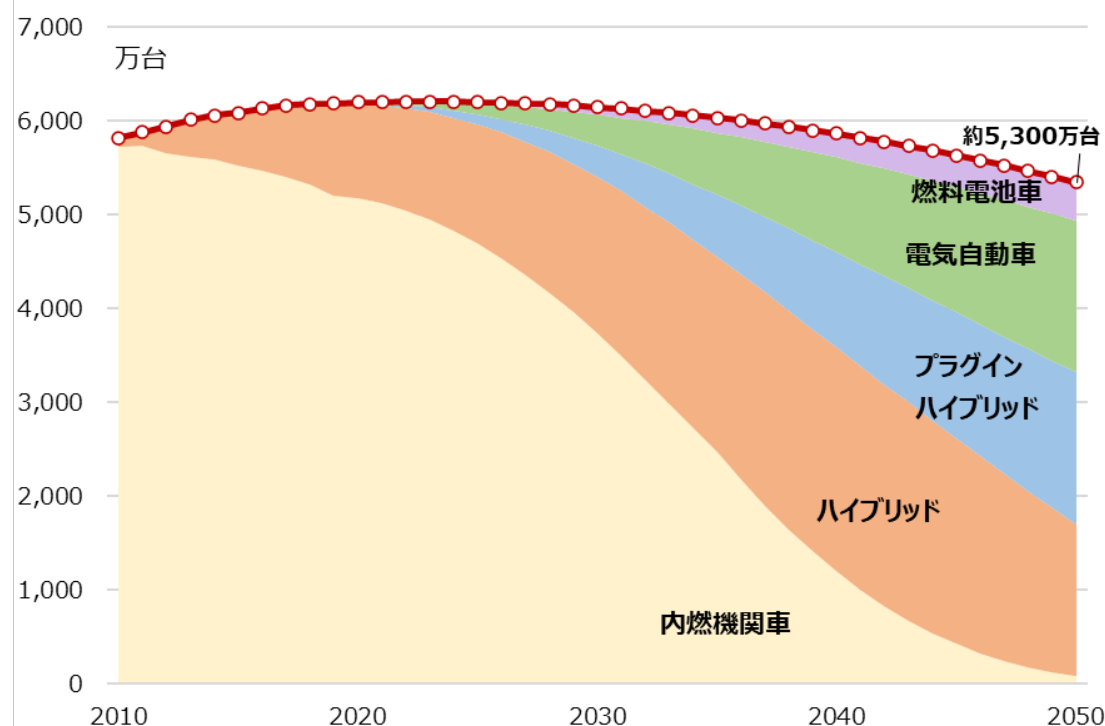
- 保有状況の入れ替えに時間がかかることを示すため、左図のように、2050年度の新車販売に占める割合を想定して、保有状況を独自に試算。結果、世帯数の減少に伴い保有台数は約5,400万台まで減少、その保有状況は販売台数に応じて徐々に入れ替わり、2050年の保有台数は、電気自動車とプラグイン・ハイブリッド車、ハイブリッド車が約1,600万台（構成比：30%）、燃料電池車が約400万台（同比：8%）、内燃機関車が約80万台（同比：1.5%）。

新車販売台数



（注）2020年度の新車販売の内、電気自動車、プラグインハイブリッド、内燃機関車が占める割合は1%未満。また、2020年度は新型コロナウイルス感染拡大により新車販売が大幅に落ち込んだが、2010年代後半は400万台を超える水準。

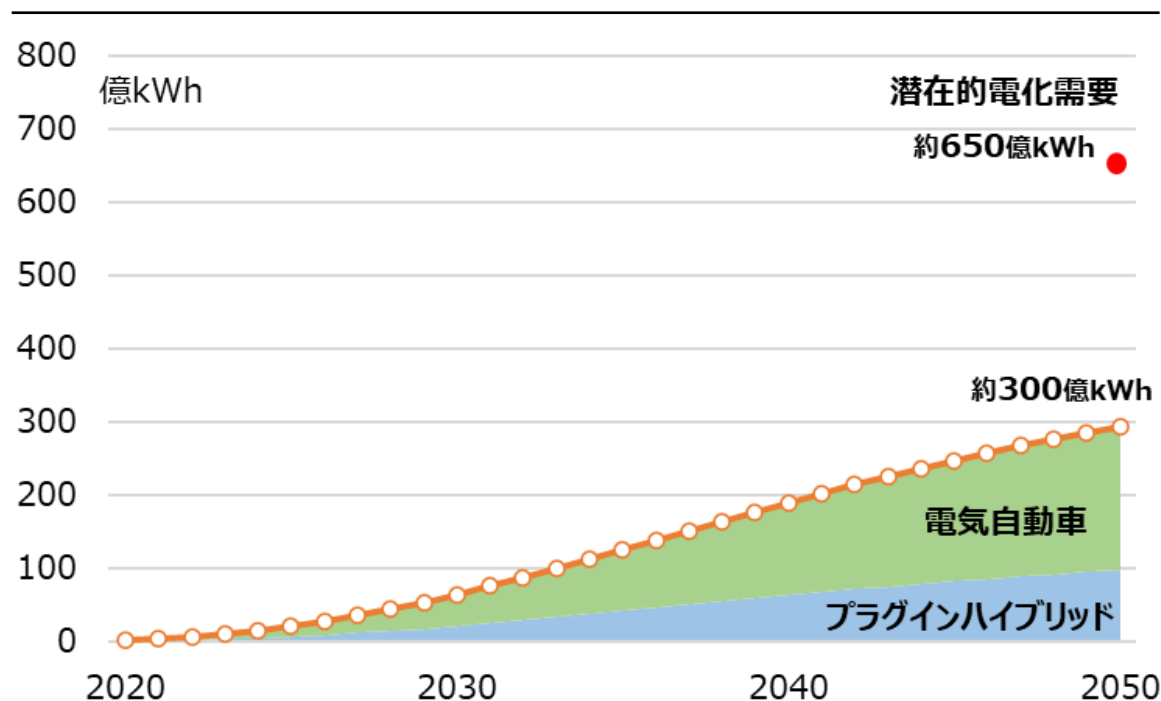
保有台数



乗用車の充電需要に関する潜在的電化需要のうち、 どの程度が実現可能か？

- 乗用車の保有台数は、2050年度に電気自動車、プラグインハイブリッドともに、約1,600万台。これらに応じた充電需要はあわせて約300億kWh。
- 仮に、2050年度の乗用車保有台数約5,300万台が全て電気自動車に替わる場合には、充電需要は約650億kWh（潜在的電化需要）。

充電需要



(注) プラグインハイブリッドの走行距離のうち、ガソリン走行と電気走行を、それぞれ5割と想定しているため、2050年度の充電需要は電気自動車の方がプラグインハイブリッドより大きい。

その他の論点

データセンターにおける消費電力量は将来にわたり増加

- 科学技術振興機構 低炭素社会戦略センターはデータセンターにおける消費電力量を推計。現在の計算負荷の増大傾向が将来にわたり継続、現在入手可能な最新機器を用いた（将来の技術進歩を織り込まない）と仮定した場合（下図：As is）の消費電力量は2050年に12兆kWh、現行技術の改善（CPUにおけるマルチコア技術、微細化技術など）を織り込んだ場合（Modest）では5,000億kWh、さらにアクセラレータ技術の進展などを織り込んだ場合（Optimistic）では1,100億kWh。
- データセンターにおける消費電力量について、情報量の増加を前提に、将来の技術進歩を織り込まない場合には膨大な電力が必要になるが、技術進歩が進めば将来にかけての増加幅が縮小するように、前提によるところが大きい。

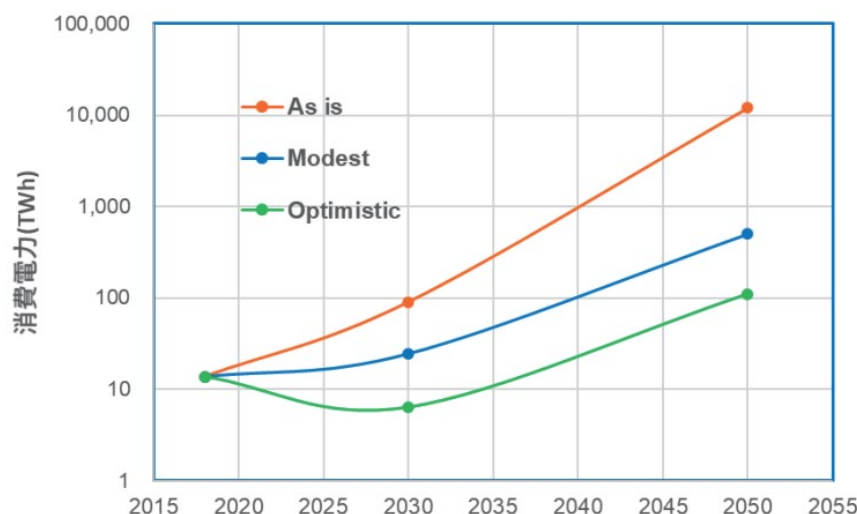


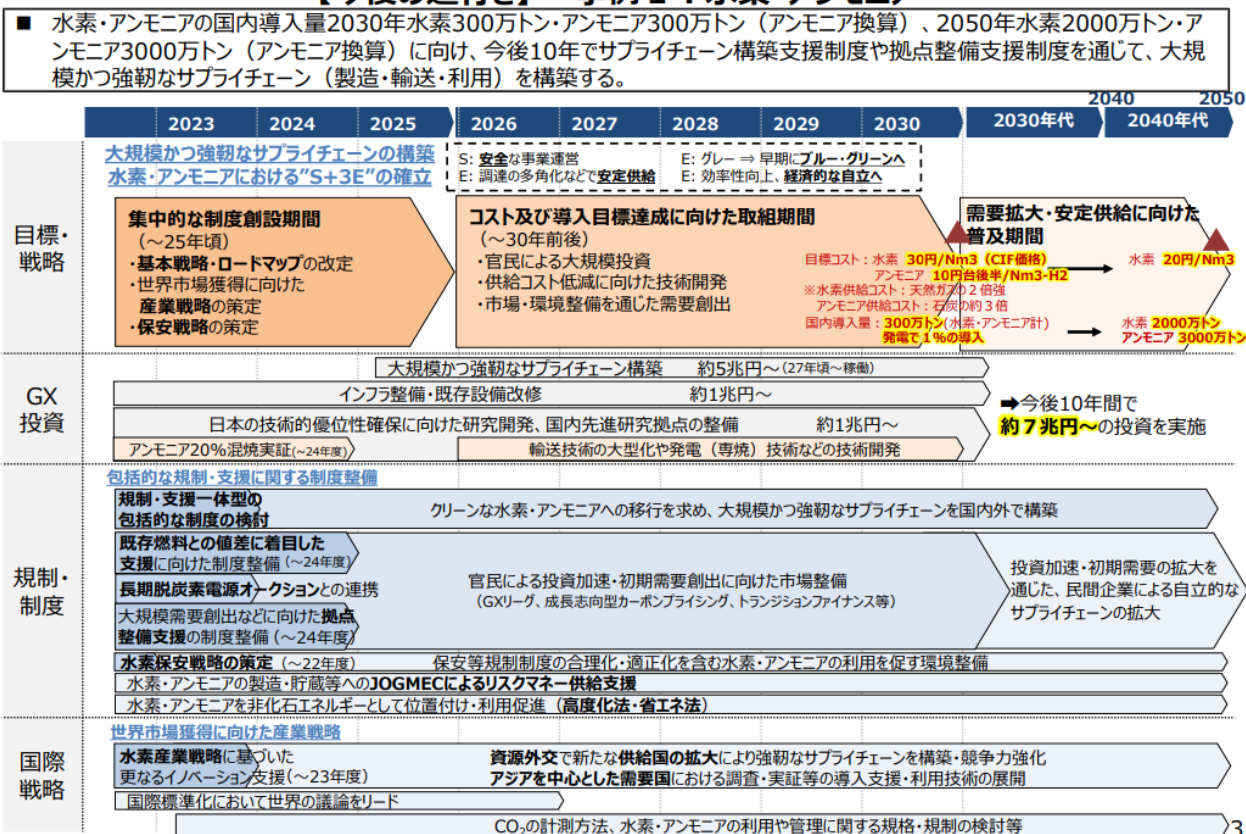
図 12 国内データセンター消費電力推定 (TWh)

(注) 国立研究開発法人 科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター（2022）「情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響（vol.4）ーデータセンター消費電力低減のための技術の可能性検討ー」から抜粋。

政府目標の2050年水素導入量（2,000万トン）

- 政府は2050年水素導入量2,000万トンを目指すとして、潜在国内水素需要として、発電部門で約500～1,000万トン、鉄鋼業で約700万トン、運輸部門で約600万トンを見込む。なお、水素製造原単位は約40～50kWh/kgであり、仮に、政府目標2,000万トンを全て国内で製造すれば、約8,000～10,000億kWh。

【今後の道行き】 事例1：水素・アンモニア

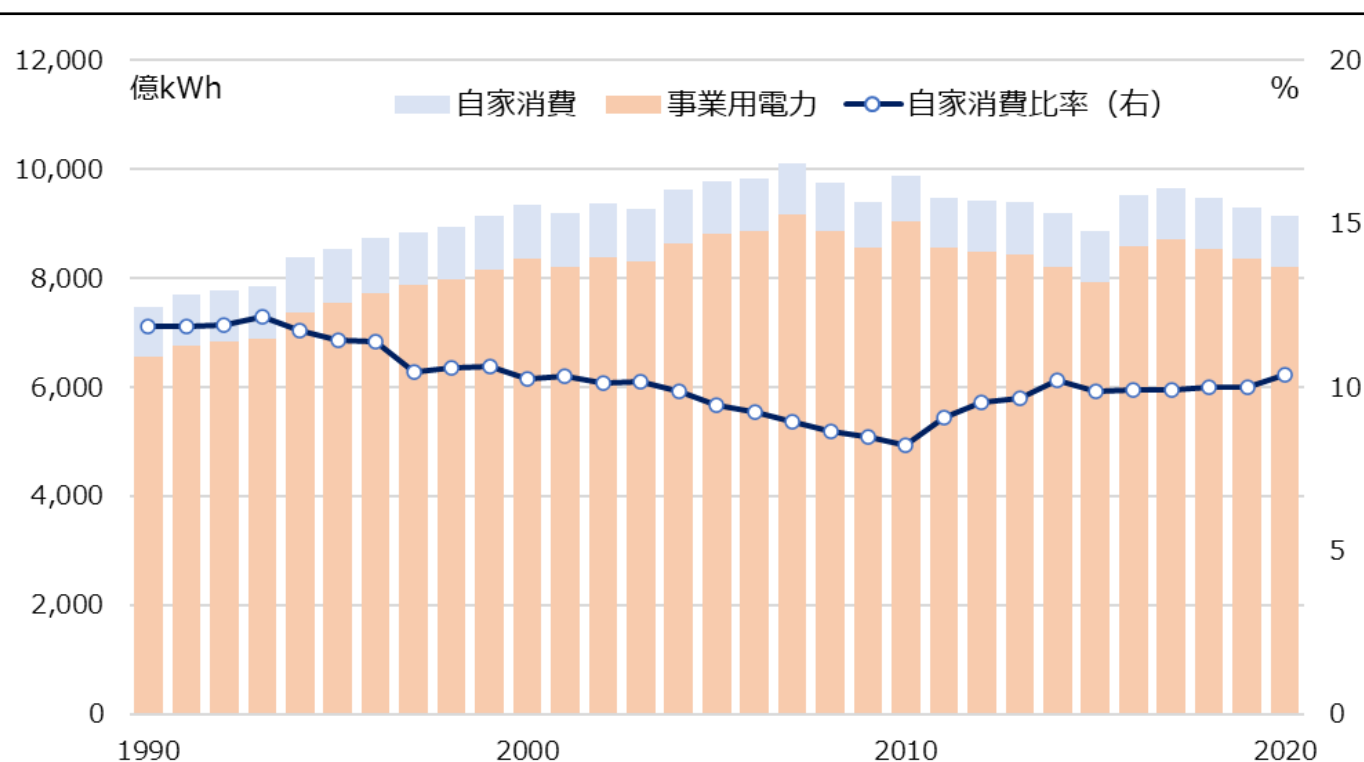


（注）経済産業省（2023）「GX実現に向けた基本方針参考資料」から抜粋。

将来にわたる自家消費は？

- 電力需要に占める自家消費の割合は過去10年で10%程度で推移。大部分が火力であるが、将来的には企業の脱炭素社会実現に向けた取り組みとして、自家消費型再生可能エネルギーが拡大していく可能性がある一方、火力自家発電が縮小する可能性もある。

電力需要の推移



(注) 経済産業省 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」から作成。

エネルギー需給に関わるシナリオ分析事例紹介： EIA「Annual Energy Outlook 2023」①

- EIA（U.S. Energy Information Administration）では、「Annual Energy Outlook 2023(AEO2020)」において、下表に示すような前提条件（経済成長、原油価格など）についてシナリオを想定して、2050年までのエネルギー需給の見通しを作成。

Reference	1.9% annual GDP growth; Brent = \$101 per barrel (b) in 2050
Economic Growth	Low: 1.4% annual GDP growth High: 2.3%
Oil Price	Low: Brent = \$51/b in 2050 High: Brent = \$190/b in 2050
Oil and Gas Supply	Low: 50% lower oil and gas resource recovery and 50% higher drilling costs relative to the Reference case High: 50% higher oil and gas resource recovery and 50% lower drilling costs relative to the Reference case
Zero-Carbon Technology Cost (electric power sector)	Low: About 40% reduction in cost by 2050 High: No reduction in costs
Combination	Combinations of Economic Growth and Zero-Carbon Technology Cost cases

（注） EIA（2023）「Annual Energy Outlook 2023」から抜粋。

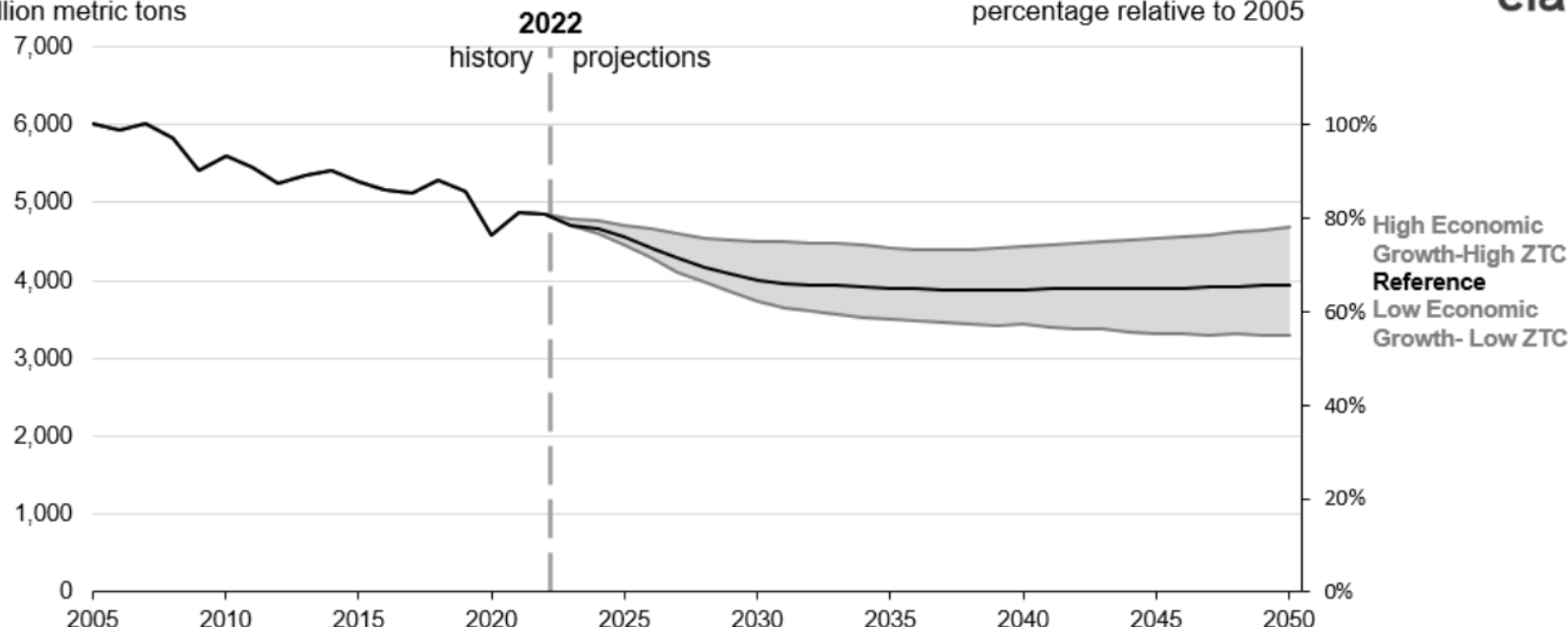
エネルギー需給に関わるシナリオ分析事例紹介： EIA「Annual Energy Outlook 2023」②

- AEO2023では、CO₂排出量について、低い経済成長と脱炭素技術費用（ZTC=Zero-Carbon Technology）が低減する場合に最も小さくなり、高い経済成長と脱炭素技術費用が変わらない場合に最も大きくなる。

Total energy-related carbon dioxide emissions

million metric tons

percentage relative to 2005



Data source: U.S. Energy Information Administration, *Annual Energy Outlook 2023* (AEO2023)

Note: Shaded regions represent maximum and minimum values for each projection year across the AEO2023 Reference case and side cases. ZTC=Zero-Carbon Technology Cost.

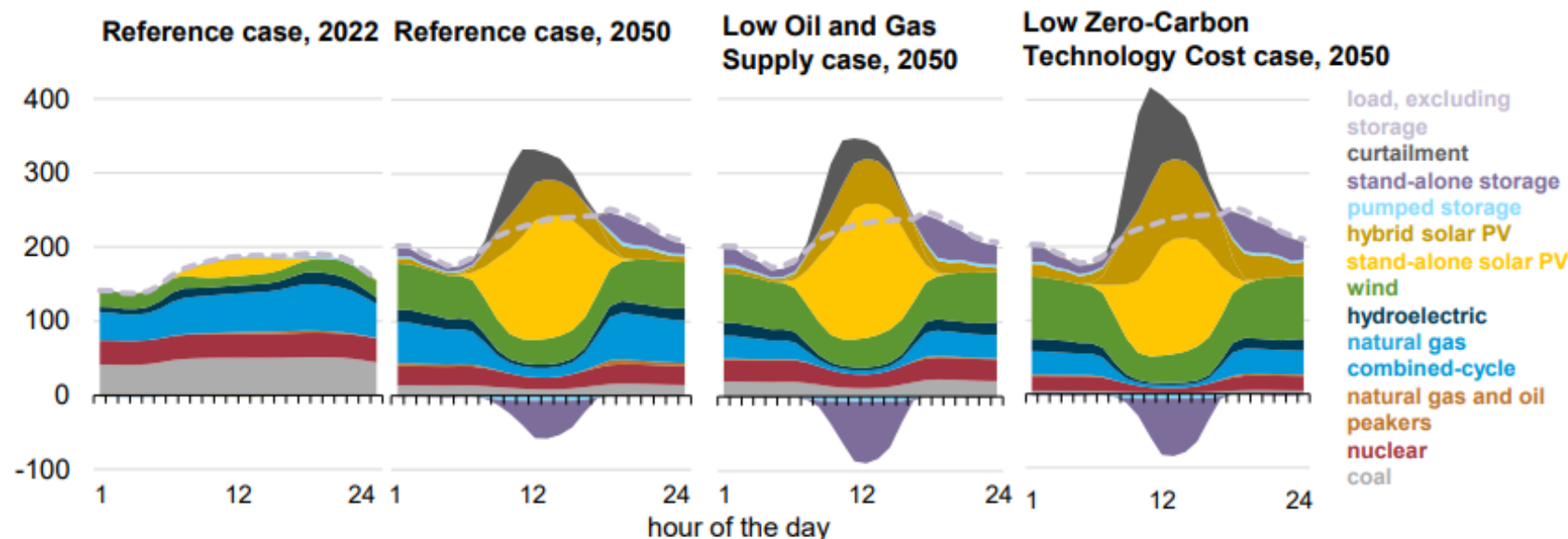
(注) EIA (2023)「Annual Energy Outlook 2023」から抜粋。

エネルギー需給に関わるシナリオ分析事例紹介： EIA「Annual Energy Outlook 2023」③

- 電源確保という視点からは供給力（kW）の評価も必要。EIAでは、下図のように、ロードカーブに応じた、電源種別ごとの供給力も評価。

Hourly U.S. electricity generation and load by fuel for selected cases and representative years

billion kilowatthours



Data source: U.S. Energy Information Administration, *Annual Energy Outlook 2023* (AEO2023)

Note: Negative generation represents charging of energy storage technologies such as pumped hydro and battery storage. Hourly dispatch estimates are illustrative and are developed to determine curtailment and storage operations; final dispatch estimates are developed separately and may differ from total utilization as this figure shows. Standalone solar photovoltaic (PV) includes both utility-scale and end-use PV electricity generation.

(注) EIA (2023)「Annual Energy Outlook 2023」から抜粋。

エネルギー需給に関わるシナリオ分析事例紹介： 国内外諸機関

- 下表は国内外諸機関の2050年における最終エネルギー消費と電力需要。
- 日本経済などの前提条件が異なるため、単純な比較は難しいが、発電量は1.3～1.6兆kWhと幅がある。

2050年における最終エネルギー消費と電力需要の比較

機関名	最終エネルギー消費	電力需要
地球環境産業技術研究機構	9.3EJ ^{*注}	発電量：1.4兆kWh弱 電力最終消費：25%増（2015年比） DACCS用の電力需要：総発電電力量の3%程度
国立環境研究所	6.7～7.7EJ ^{*注}	発電量：1.4～1.6兆kWh 電力最終消費は横ばい 水素製造用の需要：6,000億kWh程度
日本エネルギー経済研究所	7.5EJ ^{*注}	発電量：1.3兆kWh 電力最終消費：2019年比で微減 DACCS用の電力需要：2,000億kWh
IEA (WEO:Announced Pledge)	7.3EJ	発電量：1.3兆kWh 電力需要：1.1兆kWh
電力広域的運営推進機関 (マスタープラン)	8.3EJ ^{*注}	年間総電力量 ^{*注} ：12,485億kWh [内訳]従来需要：8,050億kWh、電化進展：2,607億kWh、 水素製造により生じる電力需要：1,340億kWh、 DACCS用の電力需要：488億kWh、

(注) 経済産業省 資源エネルギー庁（2021）「2050年シナリオ分析の結果比較」、電力広域的運営推進機関（2023）「広域系統長期方針（広域連系系統のマスタープラン）別冊（資料編）」、IEA「World Energy Outlook 2022」から作成。「2050年シナリオ分析の結果比較」からは経済成長の前提の記載がある機関の最終エネルギー消費と電力需要を掲載。最終エネルギー消費（地球環境産業技術研究機構、国立環境研究所、日本エネルギー経済研究所、OCCTO）については掲載されている数値を基に筆者が計算。また、OCCTOのマスタープランの最終エネルギー消費や電力需要には、推計上、電力の自家消費が含まれないと思われる。

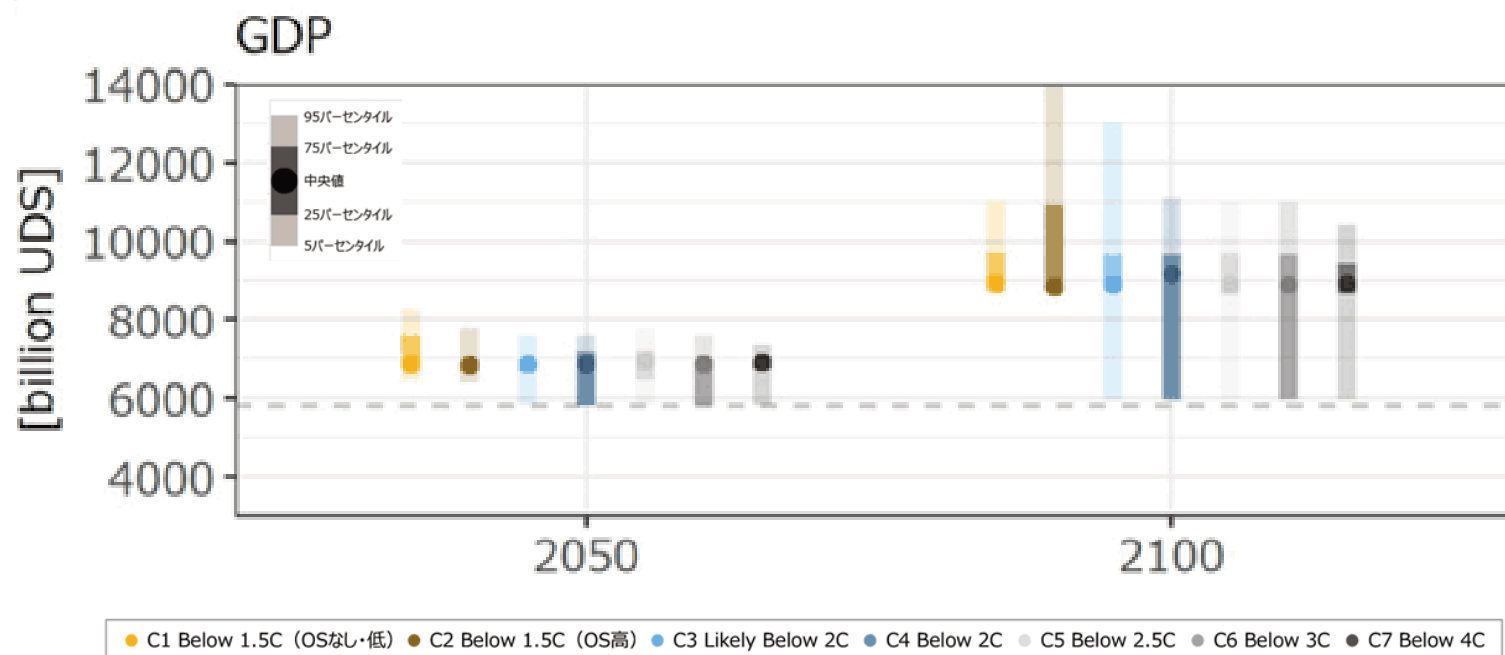
まとめ

- 長期需要想定における論点として考えられる、Ⅰ.経済成長、Ⅱ.産業構造、Ⅲ.電化などを整理。電気自動車のように論点Ⅰ～Ⅲに深く関わるような要因もある。
- 今後、シナリオ分析を行う上では、長期脱炭素電源オークションの目的が「長期的な安定供給確保を前提に2050年CN社会実現に必要な脱炭素電源への新規投資を促す」ことを踏まえ、将来展開が読みにくい事象を精査することが重要。
- 本報告では、諸論点について、需要量（kWh）を中心に整理したが、ロードカーブ（kW）の想定も必要。電気自動車や電気給湯器などの利用時間帯が日本全体のピークとずれるため、ロードカーブについての論点整理・議論も必要。
- 長期需要想定において将来を正確に予測することは難しく、当初の想定とは乖離が生じる可能性がある。そのため、実績との差異を定期的に検証して、長期需要想定を見直していくことが必要ではないか。
 - ✓ 需要想定に関しては、10年先までについては供給計画のための需要想定要領が定められている中で、本勉強会において新たに10年超の需給にかかる議論がされる。長期になるほど不確実性を考慮する重要性が高まるなど、その違いを意識しながら需要構造を分析していくとともに、分析手法の高度化に向けた知見も蓄積していくことが必要（西尾、2023）。

参考資料

IPCC第6次評価報告書における日本経済の前提

- ▶ 坂本（2023）はIPCC第6次評価報告書の日本に関するシナリオを整理。2050年のGDPは約7兆ドルであり、為替レートを120円/ドルと仮定すれば、円建換算約840兆円（2021年度からの年平均成長率：1.5%増）。



(注) 坂本将吾（2023）「脱炭素に向けた日本のエネルギーシステム転換—IPCC第6次評価報告書のシナリオ群における共通性と多様性—」から抜粋。

建物脱炭素化の促進手法の類型

- 中野他（2023）では、建物に関するロックイン問題解消に向けた、欧米における建物脱炭素取組の先進事例とその示唆を取りまとめ。なお、ロックイン問題とは、例えば、給湯器のように、ある製品やサービスが何らかのきっかけで市場の優位性を獲得すると、その優位性が、代替製品・サービスが利用可能になった後でも、長期にわたって固定化される現象。

表1 手法の種類に着目した先進事例の類型と主な事例

	先進事例にみられた主な促進手法	主な事例
規 制 的 手 法	新築電化義務：空調・給湯・調理用などの燃焼機器の設置を禁止する（応用例：建物・用途を限定して義務化、公共施設から義務化）	バークレー市、サンフランシスコ市、サンノゼ市
	新築電化推奨：電化・非電化建物の間で省エネ性能や実施事項の要求水準に差をつけることで、電化へと誘導する	サンフランシスコ市
	新築電化レディ義務：燃焼機器を設置する場合、将来的に容易に電化できる環境を整えるため、新築時に十分な電気容量の確保や事前配線を求める	カリフォルニア州、サンノゼ市
	新築建物の排出規制：新築建物のエネルギー性能を規制する際に、GHG 排出量に関する要件を加える	フランス
	既築建物の省エネ・排出規制：事業所などに対して従来よりも厳しい省エネ基準・排出上限を設定することで、燃料転換などの大規模改修を実質的に求める	ニューヨーク市、ワシントンDC、ボストン市
	燃焼機器の設置規制：ガス給湯器や石油ボイラー等、燃焼機器の設置を規制する	カールスバッド市、ドイツ
	再エネ政策との連携：エネルギー事業者向けの再エネ・代替エネ導入義務制度に、需要サイドの対策による排出削減効果を活用する	バーモント州
経 済 的 手 法	導入補助：低排出空調・給湯機器の導入を補助する（応用例：燃料転換を伴う場合の補助額優遇、低所得者向けの補助額優遇、中流向けの補助）	サクラメント市、カリフォルニア州他
	化石燃料インフラ接続への炭素課税：化石燃料の使用に対して課税をすることで、低排出なエネルギーへの転換を促す	バーリントン市
情 報 的 手 法	熱・輸送分野の国内排出量取引：燃料流通業者が排出権を取引する	ドイツ
	需要家教育：快適性・制御性などの便益にも訴求しながら、ヒートポンプ普及啓発キャンペーンを展開する（応用例：潜在的採用者へのターゲティング、専門家による無償の導入検討支援）	ボルダー市
	人材育成：燃焼機器・関連サービスの従事者がヒートポンプ普及などに関われるよう、労働力開発支援を行う	カリフォルニア州、シアトル市

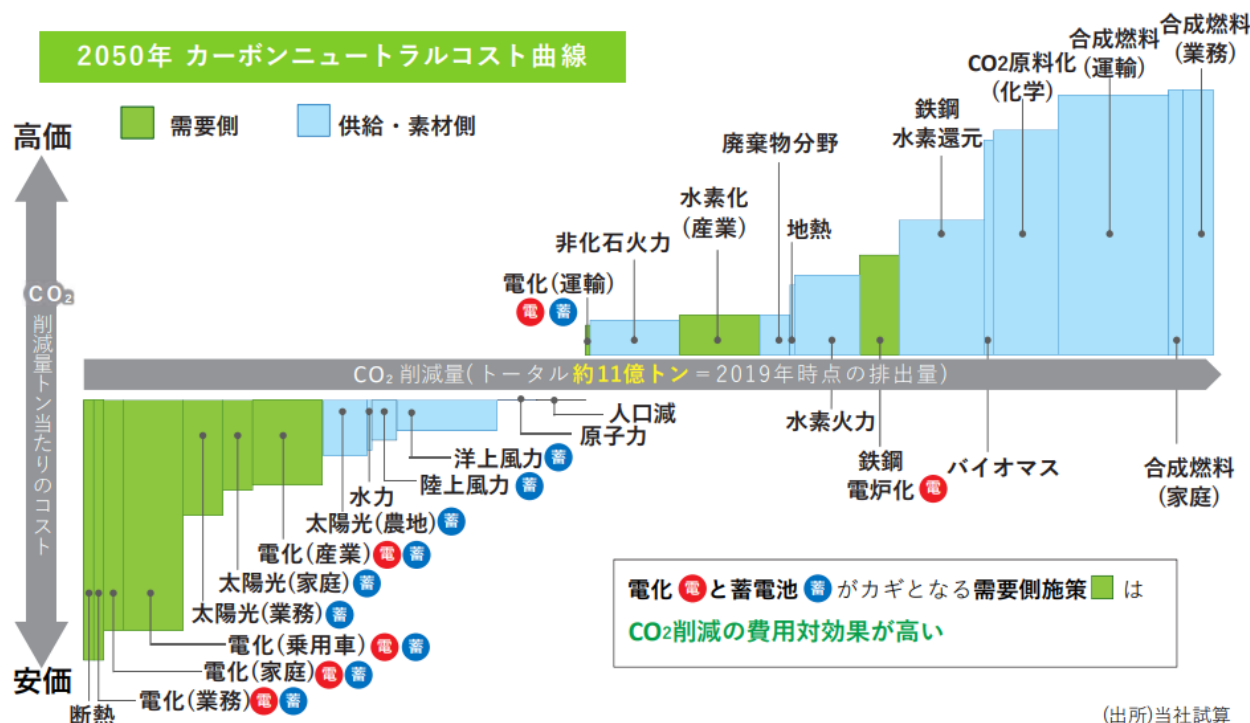
注：西尾・中野（2020）をもとに2022年12月時点の情報にアップデート

（注）中野一慶、西尾健一郎（2023）「建物脱炭素化に向けた取組の検討—欧米の最新動向に見られる対策の広がり—」から抜粋。

技術ごとの費用対効果の評価

- 技術ポテンシャルに対して、経済ポテンシャルは、費用対効果を考慮して経済合理性のある範囲で導入技術进行评估する考え方。経済ポテンシャル进行评估する場合には、技術導入に係る将来の費用を見通すことが必要。

■ カーボンニュートラル社会を実現していくためには、中長期的に化石燃料への依存度を減らし、CO₂削減施策を総動員する必要があります。費用対効果を考えると、相対的に安価な需要側の取り組み(電化・太陽光・蓄電池の設置等)が有効です。



(注) 東京電力 (2022) 「長期的な安定供給とカーボンニュートラルの両立に向けた事業構造変革について」から抜粋。

電気自動車の充電需要に対する負荷変動対策の検証

- 大量に普及した電気自動車が一斉に夜間充電した場合には急峻なピークが発生。高木他（2013）では、その緩和策として、時間帯別料金の設定や、充電時間帯を分散させることを実施した場合のピーク負荷の変化を検証。

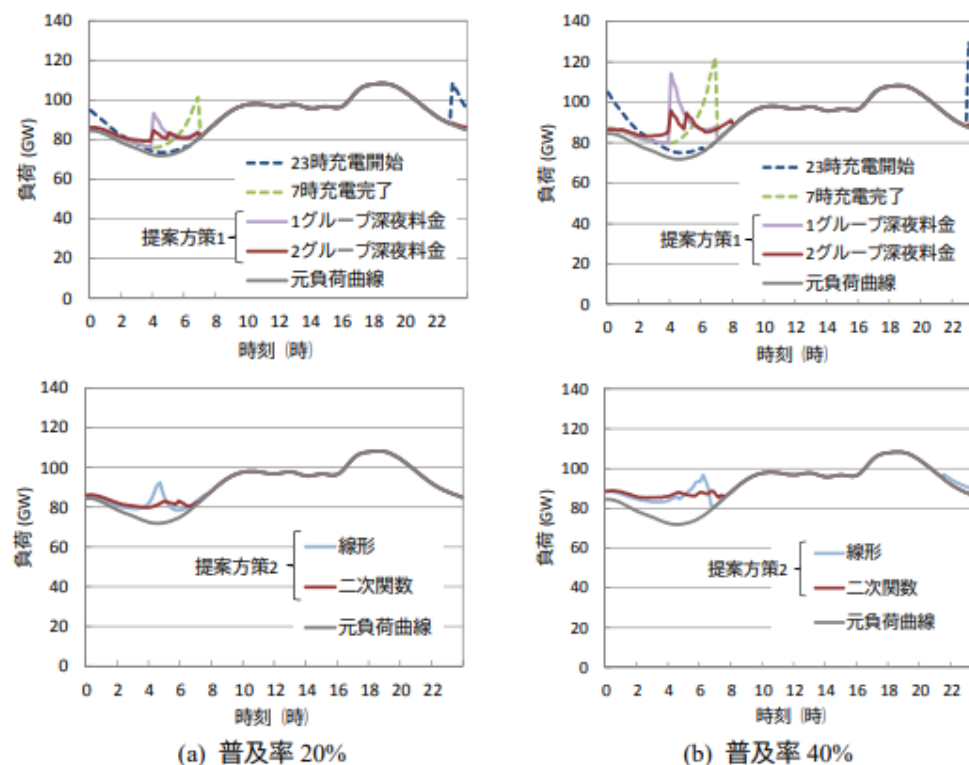


図1 EV充電による日負荷曲線の変化（中間期休日）

※EVの電費は7km/kWh、定格充電電力は3kWと仮定した。なお、1日の走行距離が150kmを超える場合、電気走行距離は150kmと設定している。

（注）高木雅昭、田頭直人、浅野浩志（2013）「電気自動車の夜間充電負荷に対する系統影響緩和策の提案－負荷変動対策の検証－」から抜粋。

参考文献

1. International Energy Agency (2022)「World Energy Outlook 2022」.
2. Energy Information Administration (2023)「Annual Energy Outlook 2023」.
3. 科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター (2022)「情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (vol.4)ーデータセンター消費電力低減のための技術の可能性検討ー」、<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2021-pp-01.pdf>.
4. 角和昌浩(2022)「シェルに学んだシナリオプランニング」、日本経済新聞出版.
5. 経済産業省 (2023)「GX実現に向けた基本方針」、https://www.meti.go.jp/press/2022/02/20230210002/20230210002_3.pdf.
6. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2021)「2050年シナリオ分析の結果比較」、総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会、第45回2021年7月13日開催、https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2021/045/045_004.pdf.
7. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2022)「安定供給に必要な供給力確保について」、電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会、第56回2022年11月24日開催、https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/pdf/056_04_01.pdf.
8. 坂本 将吾 (2023)「脱炭素に向けた日本のエネルギーシステム転換ーIPCC第6次評価報告書のシナリオ群における共通性と多様性ー」、電力経済研究、No69、https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/periodicals/69/periodicals69_01.pdf.
9. 高木雅昭、田頭直人、浅野浩志 (2013)「電気自動車の夜間充電負荷に対する系統影響緩和策の提案ー負荷変動対策の検証ー」、電力中央研究所報告書、Y12005、<https://criepi.denken.or.jp/hokokusho/pb/reportDetail?reportNoUkCode=Y12005>.
10. 電力中央研究所 社会経済研究所 (2023)「電力経済研究」、NO.69、https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/periodicals/69/periodicals69_all.pdf?v2.
11. 電力広域的運営推進機関 (2023)「広域系統長期方針 (広域連系系統のマスタープラン) 別冊 (資料編)」、https://www.occto.or.jp/kouikikeitou/chokihoushin/files/chokihoushin_23_01_02.pdf.
12. 東京電力 (2022)「長期的な安定供給とカーボンニュートラルの両立に向けた事業構造変革について」、<https://www.tepco.co.jp/press/release/2022/pdf2/220428j0101.pdf>.
13. 中野一慶、浜渦純大、永井雄宇、西尾健一郎、田頭直人 (2020)「将来の社会像検討のための産業部門のエネルギー利用と電化ポテンシャル調査」、エネルギー・資源学会論文誌、41巻3号、p.108-114、https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjser/41/3/41_108/_pdf/-char/ja.
14. 中野一慶、西尾健一郎 (2023)「建物脱炭素化に向けた取組の検討ー欧米の最新動向に見られる対策の広がりー」、電力経済研究、No69、https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/periodicals/69/periodicals69_06.pdf.
15. 西尾健一郎 (2023)「電力需要構造の分析にはどのようなアプローチが求められるか?」、電気新聞ゼミナール、2023年4月26日掲載.
16. 間瀬貴之 (2019)「産業連関表における電動車部門の推計と電動車の生産台数シェア上昇のシミュレーション分析」、電力中央研究所社会経済研究所ディスカッションペーパー、SERC18001、<https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/discussion/download/18001dp.pdf>.
17. 日本経済研究センター (2022)「30年代、マイナス成長常態化の恐れ」、第49回 (標準シナリオ) 中期経済予測.

(注) 上記のアクセス日は2023年4月23日。