



将来の電力需給シナリオに関する技術検討

デロイト トーマツ コンサルティング 合同会社

濱崎博、大屋昌士、大久保辰哉

1 本検討の目的と方法

1	本検討の目的と方法
2	前提条件
3	シミュレーション結果

【検討目的】

マクロ環境や省エネ、電化が将来の電力需要に与える影響を特定する

検討目的

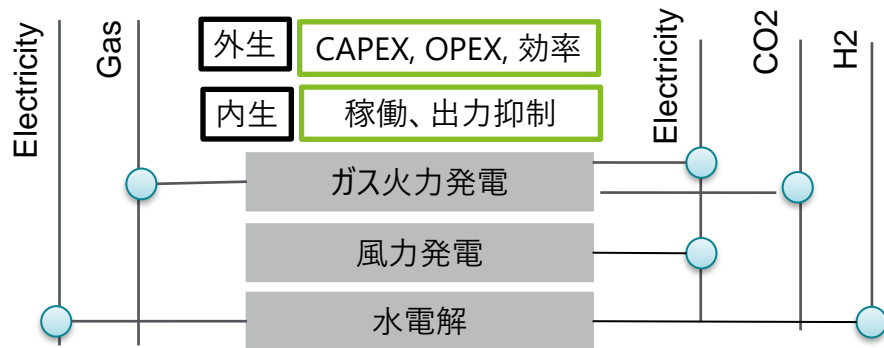
	第2回検討会 (R5/11/30)	第3回検討会 (R6/1/24)	第4回検討会 (TBD)
目的	<ul style="list-style-type: none">■ 将来の電力需要の変動幅と変動要因を特定	<ul style="list-style-type: none">■ マクロ環境（人口等）の変化や省エネ、電化が将来の電力需要に与える影響を特定	TBD
分析サマリ	<ul style="list-style-type: none">■ 2050年カーボンニュートラルの実現を前提とし、エネルギー自給率に対する電力需要の変動幅および変動要因を分析した■ 既存非電力需要の電化のほか、国内における水素製造が新たに必要となり、これらが電力需要の大きな変動要因となりうる■ その他、既存電力需要に対する変動要素（GDPや人口、産業構造、自家発、省エネ）やデータセンター、半導体工場による産業構造の変化、需要の価格弾力性といった変動要素については今後詳細検討する必要がある	<ul style="list-style-type: none">■ 2050年カーボンニュートラルを前提で、特に自家消費や電化が進む■ このときの世界観としては<ul style="list-style-type: none">➢ 戸建住宅の半数に太陽光や燃料電池が導入され、自家消費が進む➢ 民生部門では厨房、給湯や暖房の機器の電化が進む➢ 運輸部門では自動車保有台数の約7-8割が電気自動車となる	TBD
ディスカッションポイント	<ul style="list-style-type: none">■ 前提条件やシミュレーション結果の妥当性■ 今後深堀すべき項目	<ul style="list-style-type: none">■ マクロ環境や省エネ、電化、自家消費に関する前提条件やシミュレーション結果の妥当性	TBD

【モデル概要】

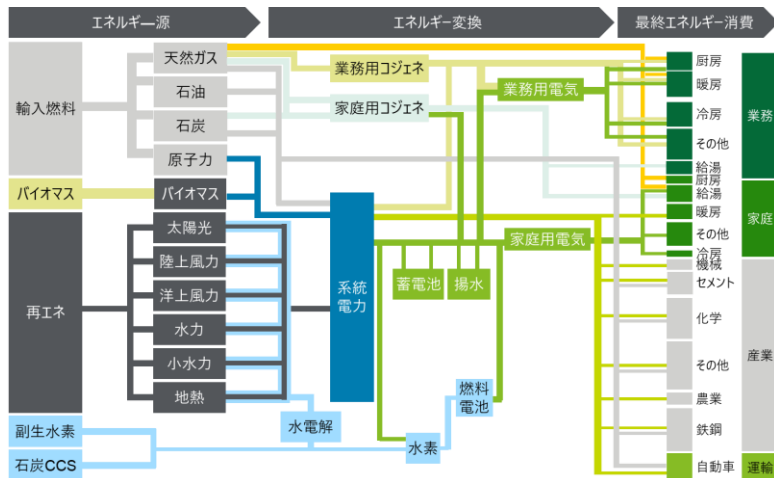
日本を高地域粒度で表現したモデルで将来のエネルギー需給の推計を行う

モデル概要

技術とコモディティーの組み合わせ

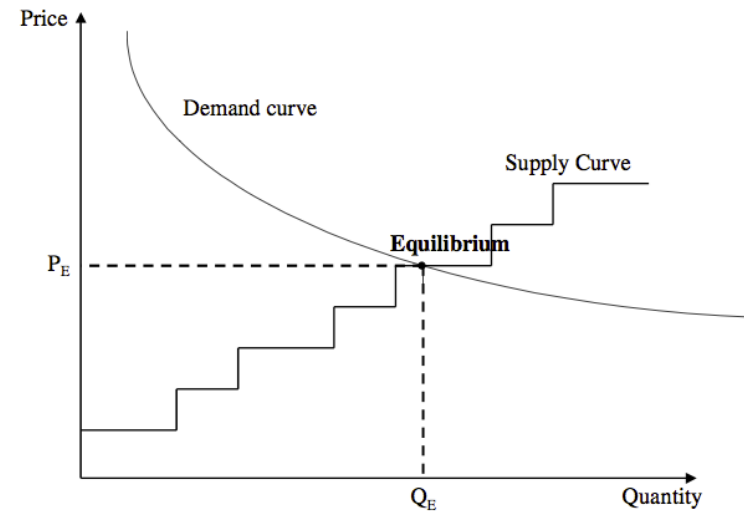


エネルギーを一つのシステムとして再現



シナリオを与え将来のエネルギーシステムを推計

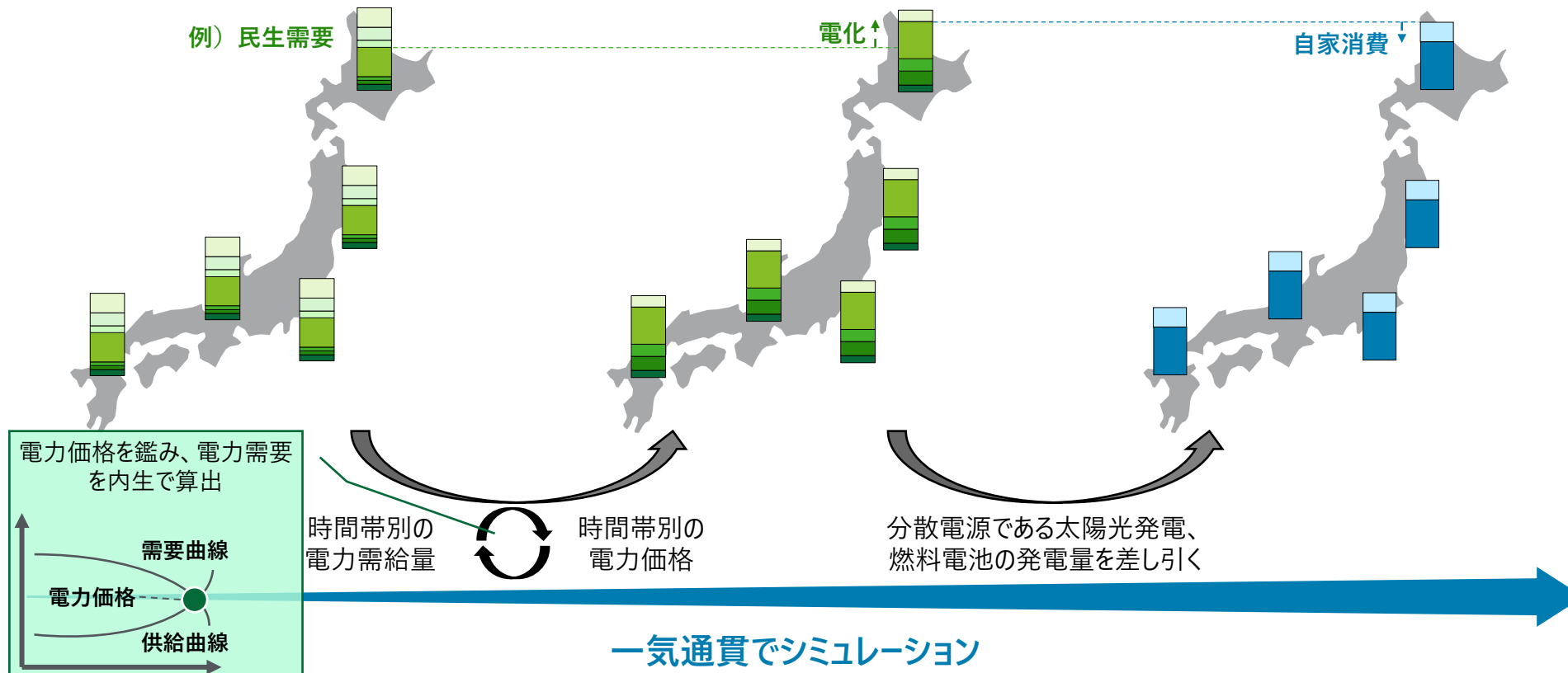
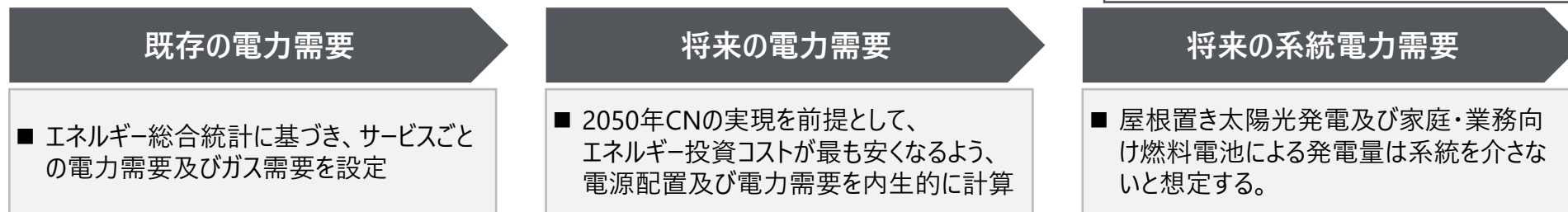
- カーボンニュートラルが達成されるかどうか
- CCSがどの程度利用できるのか
- 再生可能エネルギーの価格はどこまで下がるのか



【検討方法】

2050年カーボンニュートラルを前提としてコスト最小化のもと電力需要を内生的に計算する

将来の系統電力需要に対する分析イメージ



2 前提条件

1	本検討の目的と方法
2	前提条件
3	シミュレーション結果

【シナリオの考え方】

2050年カーボンニュートラルの実現を前提として、 エネルギー自給率を分岐要素としたシナリオを想定し、将来の電力需要を推計する

想定したシナリオ

■ 2050年カーボンニュートラルの実現を前提として以下の3ケースをシミュレーション

- Low（自給率低位ケース）
 - ・ 経済効率性の観点から、エネルギーシステムの推計を行うケース
- Middle（自給率中位ケース）
 - ・ 海外燃料を輸入しつつも、自給率向上のために国内再エネを一定程度導入するケース
- High（自給率高位ケース）
 - ・ 国内再エネなど国産エネルギーを積極的に導入するケース

シナリオ名	シミュレーション条件	
	CO2削減目標*1	エネルギー自給率*2
Low（自給率低位ケース）	2030年：46%削減（2013年比） 2050年：カーボンニュートラル	コスト最小化計算（制約なし）
Middle（自給率中位ケース）		2050年：自給率30%以上
High（自給率高位ケース）		2050年：自給率40%以上

*1 CO2削減目標は2030年から2050年にかけて線形的に設定（2040年では2013年比で73%削減）

*2 エネルギー自給率の算定にあたり、再エネ（バイオマスは除く）や原子力については効率率は100%とし、発電電力量を一次エネルギー供給量に換算

【基礎的需要の考え方】

家庭部門は人口、業務部門は延床面積、産業部門は鉱工業生産指数の過去トレンドにしたがって基礎的需要が変化すると想定した

基礎的需要の考え方

需要種別		算定根拠	算定方法
基礎的需要	家庭用	<ul style="list-style-type: none"> ■ 単位人口あたりkWh：2.00TWh/百万人（2019年度実績値） ■ 人口：2040年113百万人、2050年105百万人（社人研出生中位・死亡中位） 	単位人口あたりkWh × 人口
	業務用	<ul style="list-style-type: none"> ■ 単位業務床面積あたりkWh：0.17TWh/百万m²（2019年度実績値） ■ 業務床面積：2040年2155百万m²、2050年2279百万m² （2012~2019年の年平均変化率+0.56%/年が2050年まで継続すると想定） 	単位業務床面積あたりkWh × 業務床面積
	産業用（鉄鋼）	<ul style="list-style-type: none"> ■ 単位鉱工業指数あたりkWh：3.4TWh/IIP（2019年度実績値） ■ 鉱工業指数：2040年103、2050年104 （2012~2019年の年間平均変化率+0.14%/年が2050年まで継続すると想定） ※ 2019年の鉱工業指数を100とする	単位鉱工業指数あたりkWh × 鉱工業指数
	産業用（化学）		
	産業用（セメント）		
	産業用（その他）		
	運輸用（自動車）	<ul style="list-style-type: none"> ■ 電気自動車の2019年度電力需要はほぼ0であり、基礎的需要としては計上せず （電気自動車による電力需要増分は電化分として計上） 	-
運輸用（自動車以外）	<ul style="list-style-type: none"> ■ 電車の2019年度電力需要17TWhを基礎的需要として計上 	-	

【追加的要素の考え方】

各部門のエネルギー消費原単位の過去トレンドにしたがって省エネが進むと想定し、自家消費や電化による電力需要の変動分はコスト最小化のもと内生的に計算した

追加的要素の考え方

需要種別		算定根拠	算定方法
追加的要素	省エネ（家庭）	■ 単位人口あたりエネルギー消費量： 1990~2019年の年間平均変化率-0.72%/年が2050年まで継続すると想定	-
	省エネ（業務）	■ 単位業務床面積あたりエネルギー消費量： 1990~2019年の年間平均変化率-0.69%/年が2050年まで継続すると想定	-
	省エネ（産業）	■ 単位鉱工業指数あたりエネルギー消費量： 1990~2019年の年間平均変化率-0.24%/年が2050年まで継続すると想定	-
	自家消費（民生）	■ 太陽光発電と燃料電池の自家消費を想定	自家消費量はコスト最小化のもと内生的に計算
	自家消費（産業）	■ 自家消費量は現状から変化しないと想定	-
	電化（民生）	■ 給湯や空調、調理における電化を想定 （給湯用および空調用ヒートポンプのCOPを3.0に設定）	電化による需要増分はコスト最小化のもと内生的に計算
	電化（産業）	■ 化石燃料ボイラの電化を想定 （産業用ヒートポンプのCOPを3.0に設定）	
	電化（運輸）	■ 電気自動車を想定	
	産業構造変化	■ 2050年にデータセンターの電力需要が110TWh増加すると想定 （各都道府県の人口で按分し、電力需要を上乗せ）	-
	自家発動向	■ 想定なし	-
	新技術（水電解）	■ 水電解に要する消費電力を考慮	新技術の消費電力はコスト最小化のもと内生的に計算
	新技術（CCS）	■ CCSに要する消費電力を考慮	

【各変動要素の考え方】

マクロ環境の変化や省エネによる系統電力需要の現状からの変化を推計し、
自家消費や電化による変動分を上乗せすることで将来の系統電力需要を推計した

各変動要素の考え方

項目			需要の変動要因	今回の想定方法
エネルギー 需要	電力需要	系統電力	基礎的需要 マクロ環境の変化	人口や業務床面積、鉱工業指数の 過去トレンドにしたがって推移すると想定
			省エネ 既存機器の効率改善等	エネルギー消費原単位の過去トレンド にしたがって機器効率が改善されると想定
		自家用電力	自家消費 自家発電機器の導入拡大	太陽光発電や燃料電池の導入量を コスト最小化のもと内生的に計算
	非電力需要	電化 カーボンニュートラルに向けた 電力機器の導入拡大 (機器交換による効率改善の省エネ効果も含む)	電力機器の導入量を コスト最小化のもと内生的に計算	

3 シミュレーション結果

1	本検討の目的と方法
2	前提条件
3	シミュレーション結果

【算定結果】

自家消費は民生部門で大きく進み、電化は民生部門と運輸部門で大きく進展する

系統電力需要の算定結果

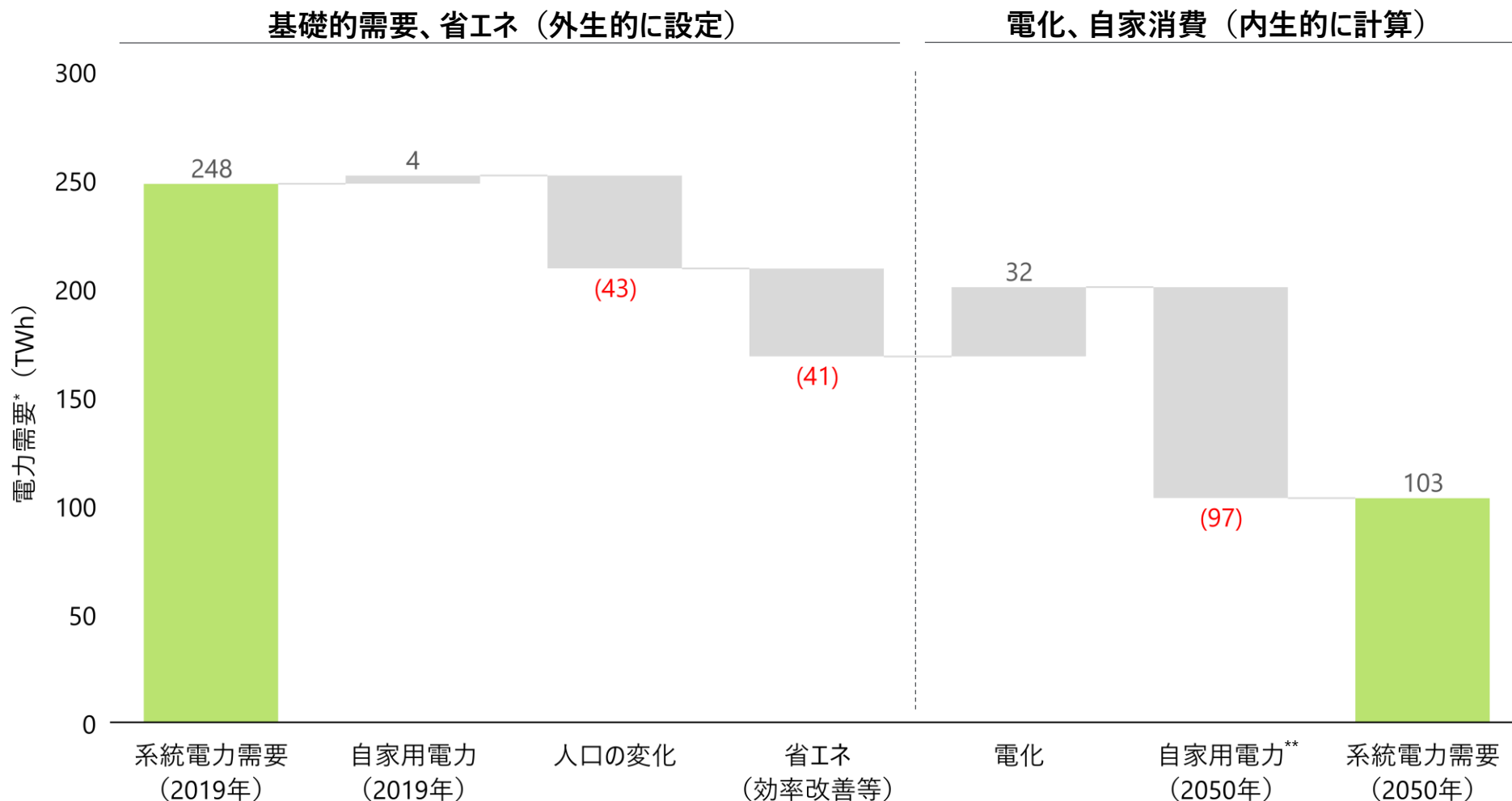
変動要素		系統電力需要*の変化量 (TWh)					
		2040年			2050年		
		Low	Middle	High	Low	Middle	High
基礎的需要	人口の変化 (家庭)	-26			-42		
	業務床面積の変化 (業務)	+38			+57		
	鉱工業指数の変化 (産業)	+8			+12		
追加的要素	省エネ (民生)	-76			-111		
	省エネ (産業)	-16			-24		
	自家消費 (民生)	-49	-50	-49	-141	-145	-133
	自家消費 (産業)	+0	+0	+0	+0	+0	+0
	電化 (民生)	+53	+52	+52	+119	+126	+134
	電化 (産業)	+15	+15	+15	+16	+16	+16
	電化 (運輸)	+45	+42	+45	+67	+66	+68
	産業構造変化	+44	+44	+44	+96	+96	+96
	自家発電向	+0	+0	+0	+0	+0	+0
	新技術 (水電解)	+9	+9	+9	+36	+62	+164
新技術 (CCS等)	+7	+7	+4	+8	+5	+2	
合計		+52	+46	48	92	+117	+238

* 2019年度実績値は848TWh。変化量は使用端の数値を記載。

【家庭部門】

家庭部門では自家消費が進み、現状と比べて系統電力需要は減少する

家庭部門における系統電力需要（2050年、Middle）



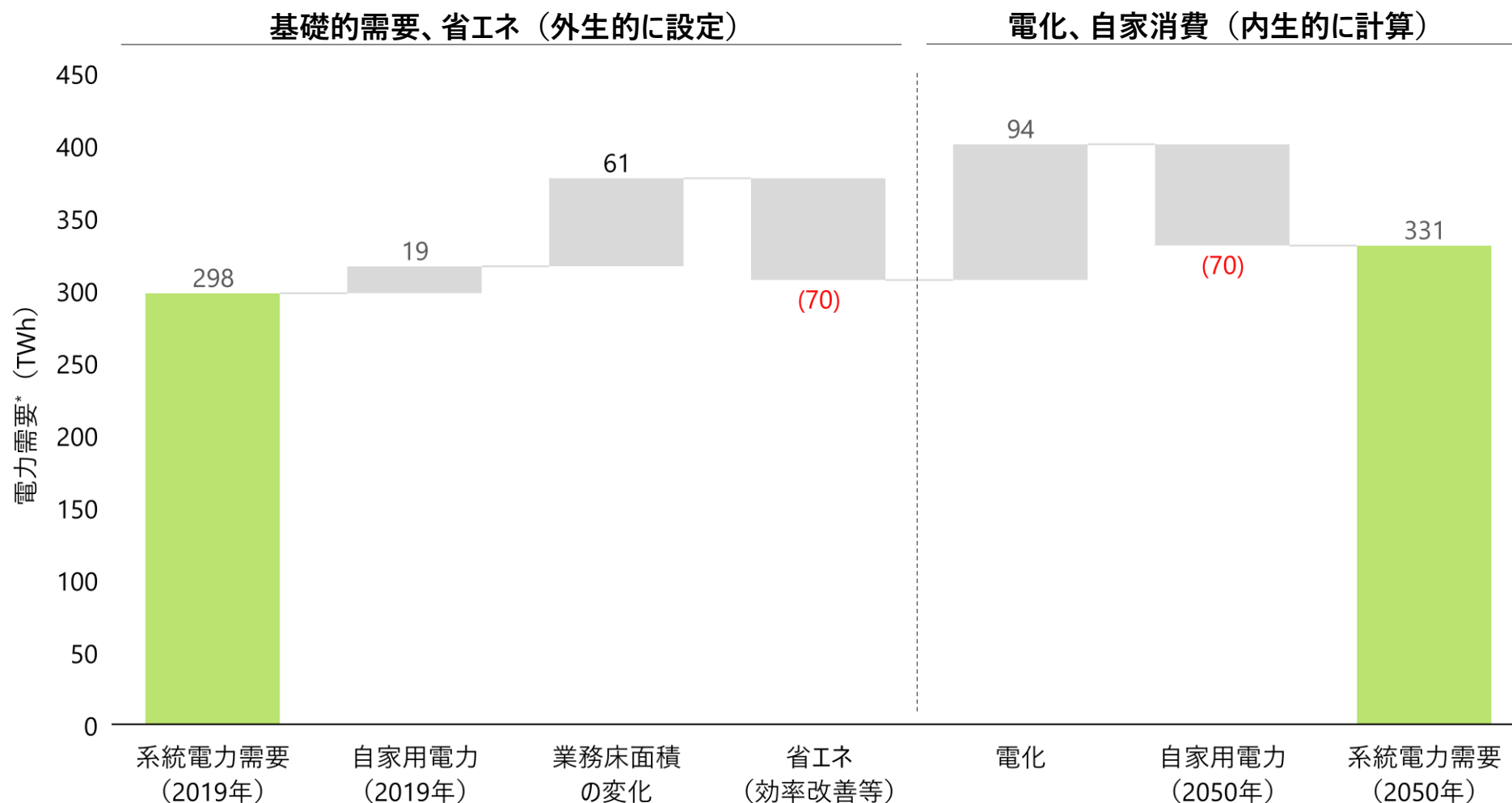
* 電力需要は使用端の数値を記載

** 戸建住宅の約5割に太陽光が設置。また水素インフラが十分整備され、戸建住宅の約4割に水素燃料電池が導入。安価な合成燃料が導入されれば、既存の機器やインフラが活用され、自家消費や電化の結果が変わりうる。

【業務部門】

業務部門では自家消費に比べて電化が進み、現状と比べて系統電力需要は増加する

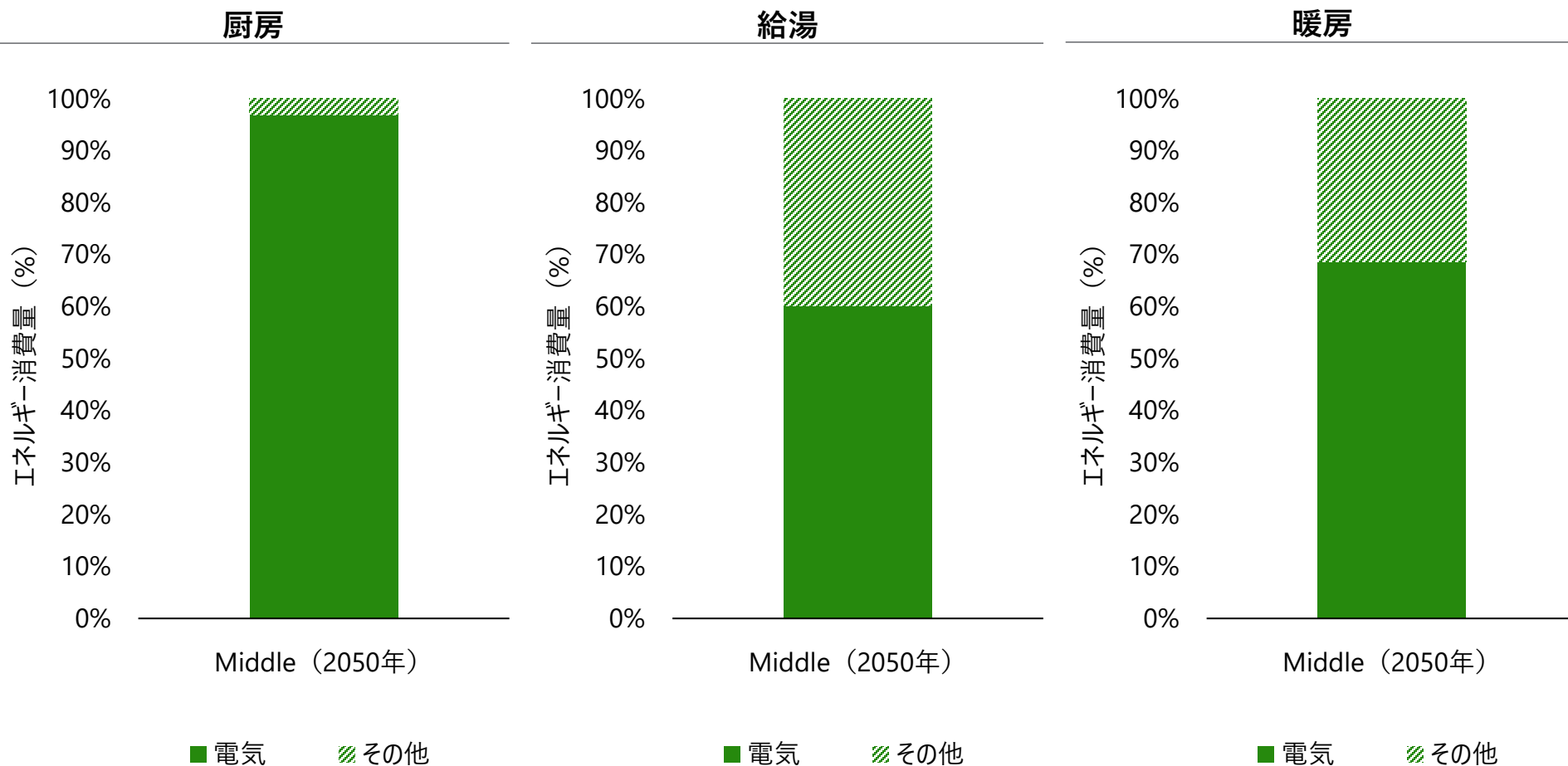
業務部門における系統電力需要（2050年、Middle）



* 電力需要は使用端の数値を記載

厨房、給湯、暖房の機器の電化が進展する

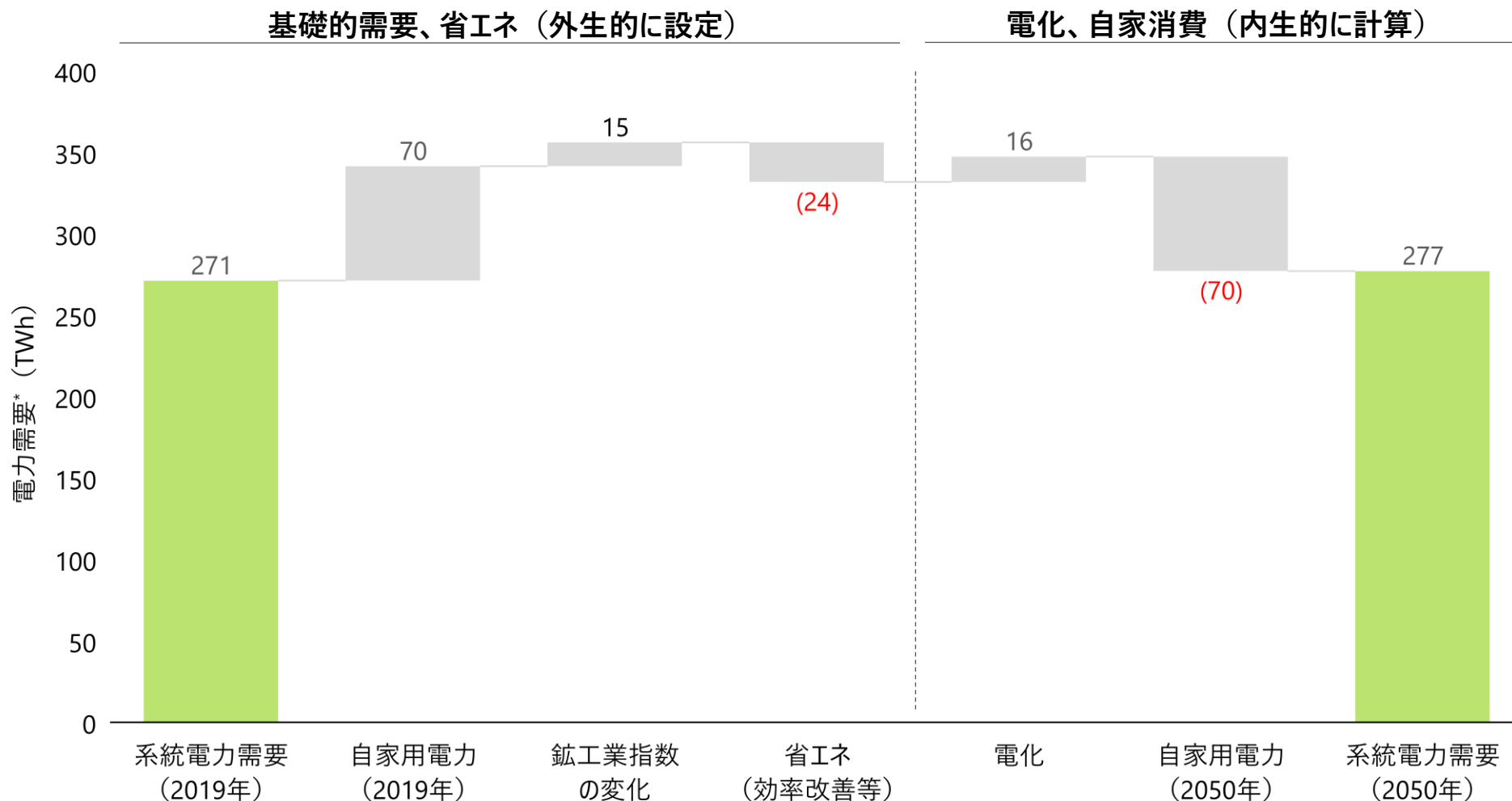
家庭部門における用途別のエネルギー消費量



【産業部門】

産業部門では現状化石燃料ボイラで賄われている熱需要が電化されると想定したものの、その電化分はそれほど大きくなく、系統電力需要は現状と同程度となる

産業部門における系統電力需要（2050年、Middle）

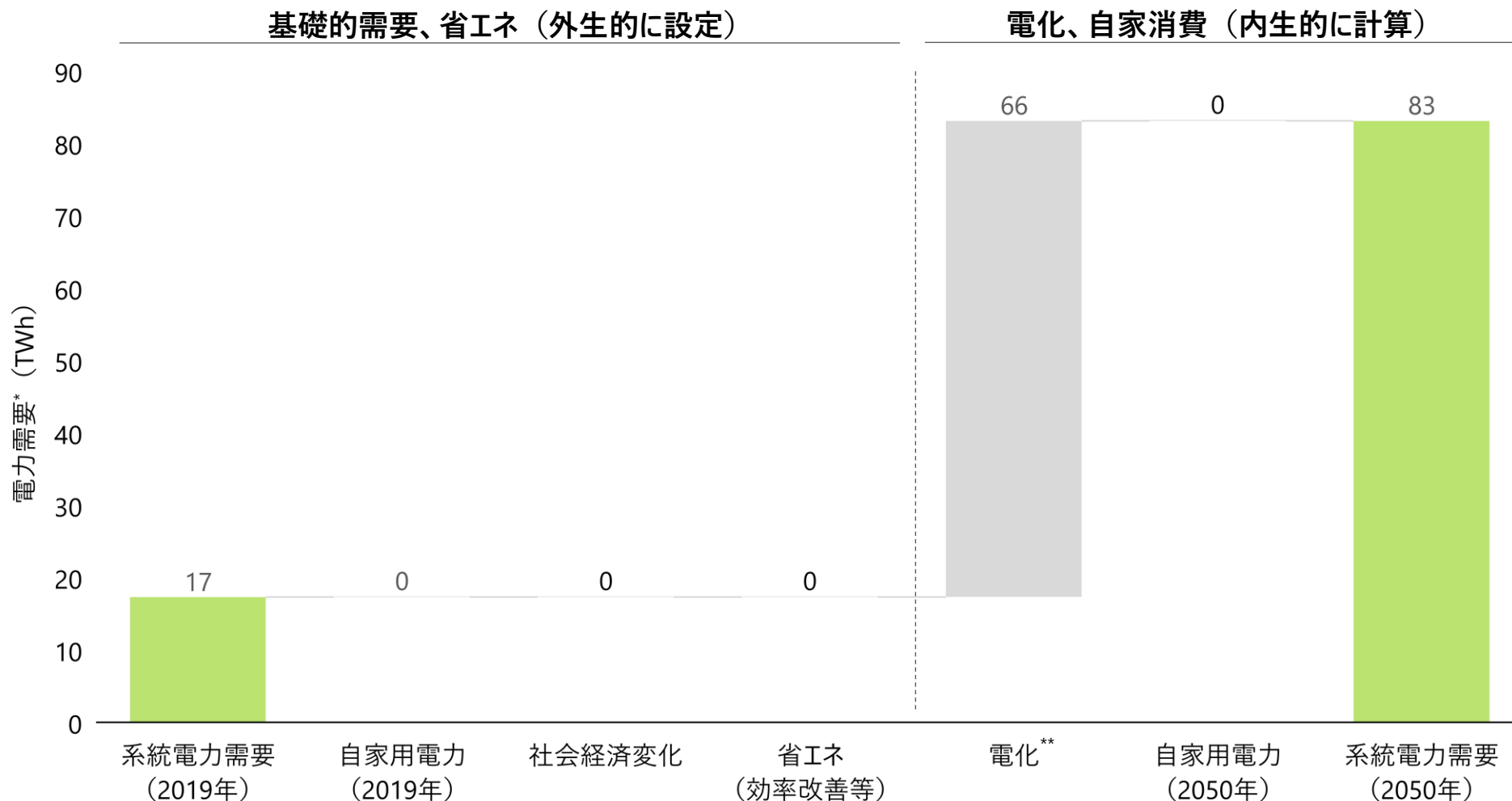


* 電力需要は使用端の数値を記載

【運輸部門】

運輸部門では電化が大きく進み、現状と比べて系統電力需要は増加する

運輸部門における系統電力需要（2050年、Middle）



* 電力需要は使用端の数値を記載

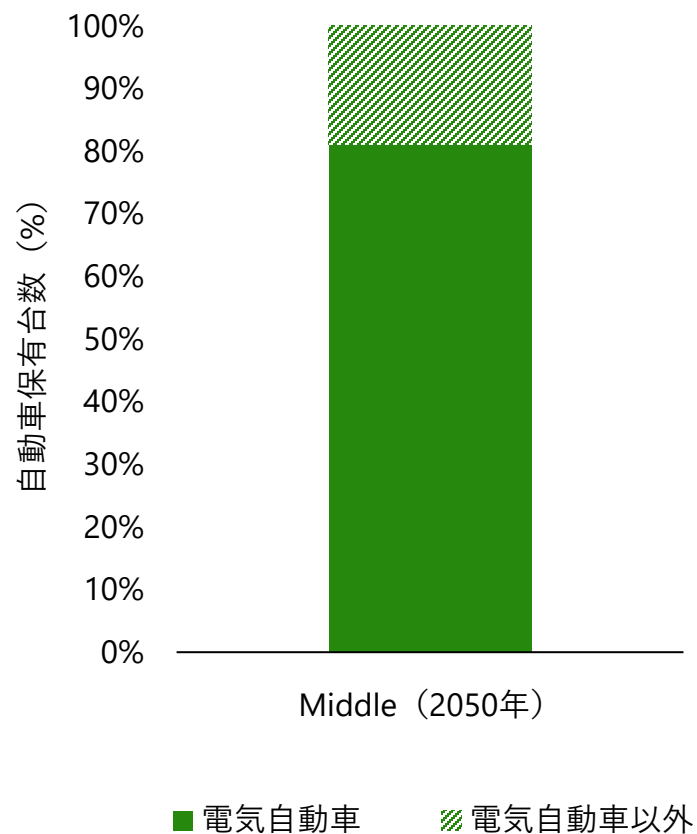
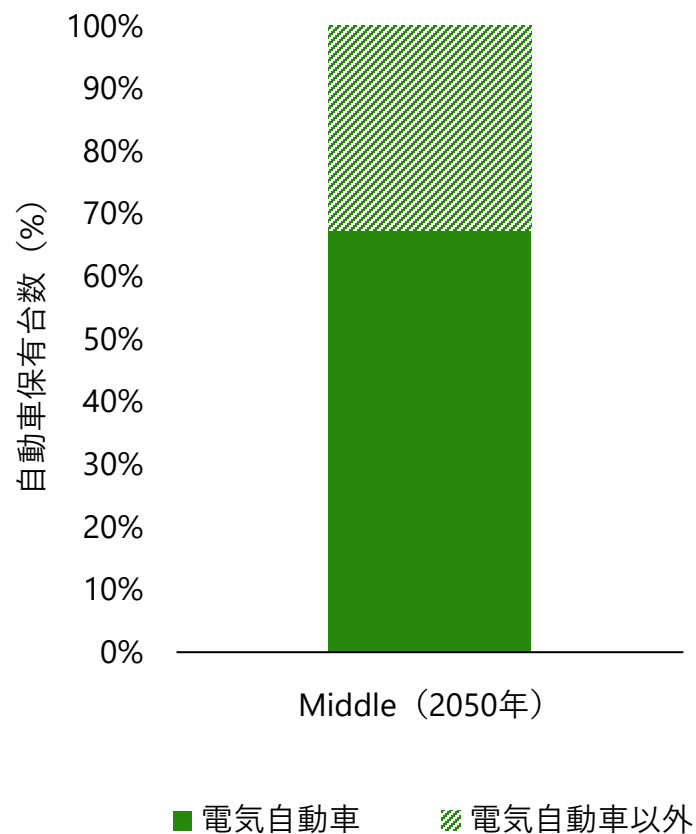
** 本シミュレーションでは自動車のみを対象としており、船舶や航空は考慮していない。そのため、モーダルシフトの影響も想定していない。

カーボンニュートラル実現に向けて自動車保有台数の約7-8割が電気自動車となる

自動車保有台数の構成

旅客

貨物



まとめ

- マクロ環境や省エネ、自家消費、電化が将来の電力需要に与える影響を分析した
- 2050年カーボンニュートラルを前提とすると、特に自家消費や電化が系統電力需要に与える影響が大きい
- このときの世界観としては、具体的に以下のようなものになる
 - 戸建住宅の半数に太陽光発電や燃料電池が導入され、自家消費が進む
 - 民生部門では厨房、給湯、暖房において電化が大きく進展する
 - 運輸部門では自動車保有台数の約7-8割が電気自動車となる