



首都圏におけるエネルギーの脱炭素化に 向けた調査研究

— 業務部門及び自動車の電化に着目した分析 —

気候変動・環境エネルギー研究科 片野 博明



1. 研究の背景と目的
2. 機器の電化促進に関する分析
 - 2-1. 業務部門
 - 2-2. 自動車部門
3. 再生可能エネルギーの大量導入に関する分析
4. まとめ



1. 研究の背景と目的

2. 機器の電化促進に関する分析

2-1. 業務部門

2-2. 自動車部門

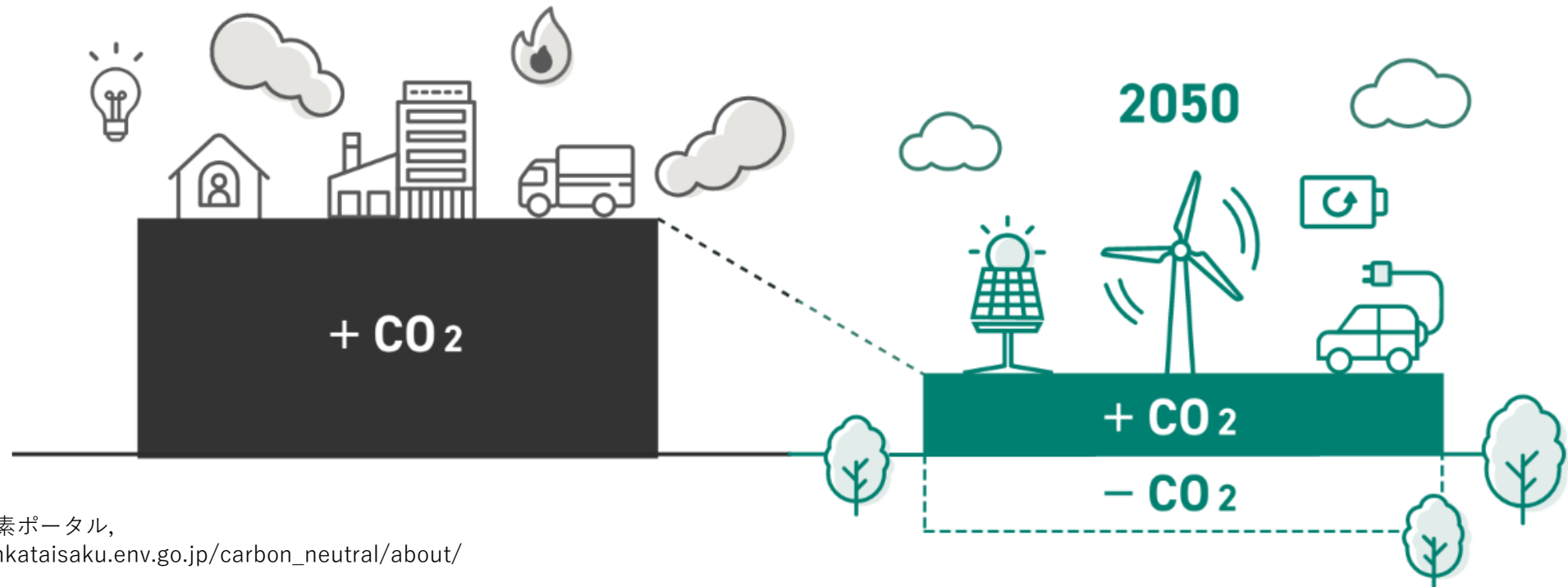
3. 再生可能エネルギーの大量導入に関する分析

4. まとめ

1-1. カーボンニュートラルとは



- 2015年 パリ協定が採択（2°Cより十分低く保つ、1.5°Cに抑える努力を追求）
- 2019年 東京都は、2050年までに「ゼロエミッション東京」の実現を宣言
- 2020年 日本政府は2050年までに、カーボンニュートラルを目指すことを宣言



出典：環境省，脱炭素ポータル，
https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/about/

温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させること

1-2. 第7次エネルギー基本計画（案）



V. 2040年に向けた政策の方向性

2. 需要側の省エネルギー・非化石転換

(1) 基本的考え方

《一部抜粋》

今後、**2050年カーボンニュートラルに向けて**更に排出削減対策を進めていく上では、需要サイドの取組として、**徹底した省エネルギーに加え、電化や非化石転換**が占める割合も今まで以上に大きくなると考えられる。

このため、電化が可能な分野においては、S + 3Eのバランスを確保しつつ、**まずは電源の脱炭素化と電化を推進**していくことが求められる。

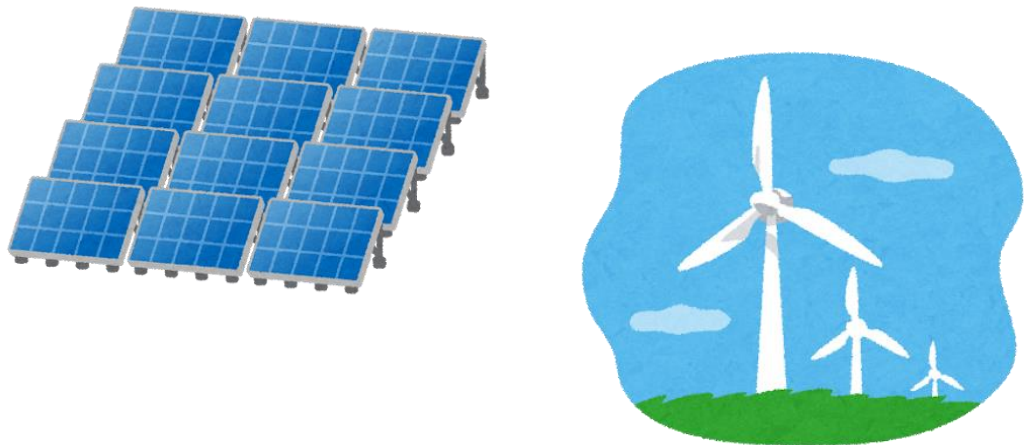
出典：経済産業省，第7次エネルギー基本計画（案），

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/opinion/2024_public.html

1-3. 本発表の着眼点



エネルギー供給事業者



電源の脱炭素化

再生可能エネルギーを
主力電源として最大限導入

供給

エネルギー需要家



業務部門



運輸部門



家庭部門



産業部門

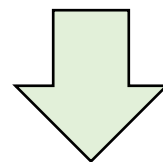
- ・ 需要側に変化は必要？
- ・ 機器の電化の効果は？
- ・ 変化に要する期間は？

1-4. 本発表の目的



カーボンニュートラルの達成に向けて、
電源の脱炭素化（排出係数ゼロ）を前提とした場合に、

- 需要側が電化を促進したら
エネルギー消費量やCO₂排出量はどう変わるのか？
- 電化にはどのくらいの時間がかかるのか？



脱炭素対策、機器選択を検討する際の重要な基礎情報となる。

対象地域：首都圏1都7県（東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県、茨城県、栃木県、群馬県、山梨県）
対象部門：業務部門、自動車部門



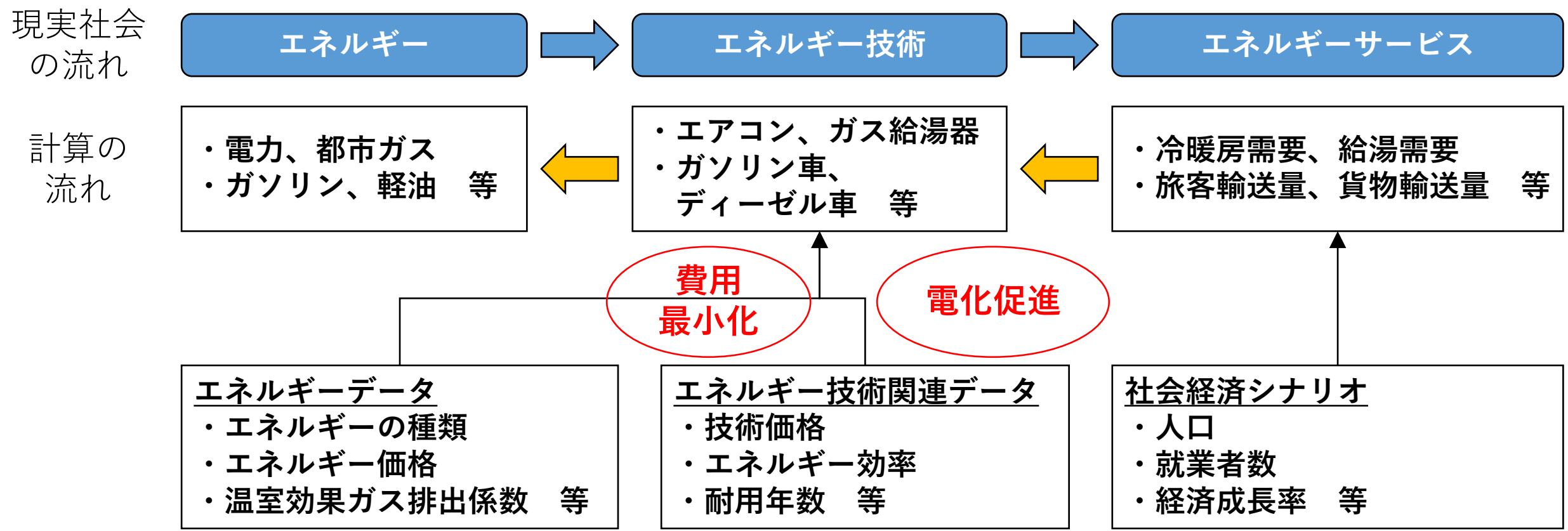
1. 研究の背景と目的
2. 機器の電化促進に関する分析
 - 2-1. 業務部門
 - 2-2. 自動車部門
3. 再生可能エネルギーの大量導入に関する分析
4. まとめ

2-1-1. 分析方法 ≪ 業務部門・自動車部門共通 ≫



- ▶ 技術選択モデルであるAIM/Enduse※を用いて分析
- ▶ 首都圏1都7県を対象に、基準年（2013年）から2050年までのエネルギー消費量やCO₂排出量がどのように変化するのシミュレーションを実施

※ M. Kainuma, Y. Matsuoka, T. Morita (2002) CLIMATE POLICY ASSESSMENT, Springer



2-1-1. 分析方法 《業務部門》



《エネルギーサービス需要の設定》

冷暖房需要、給湯需要、照明需要等は、将来人口に比例すると想定。

13.4%減少
(2013年比)

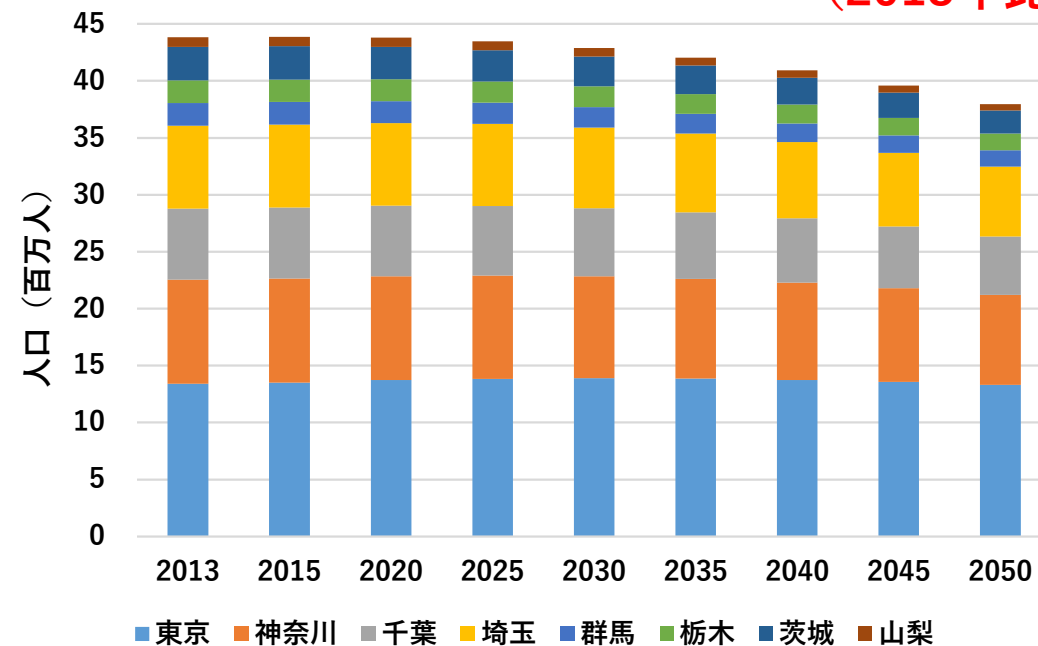
《ケース設定》

現状維持ケース

脱炭素対策は設定せず、費用最小の条件で、毎年、機器が選択されるケース。

電化促進ケース

2030年から化石燃料を消費する機器の新規導入を停止し、機器の電化を促進するケース。

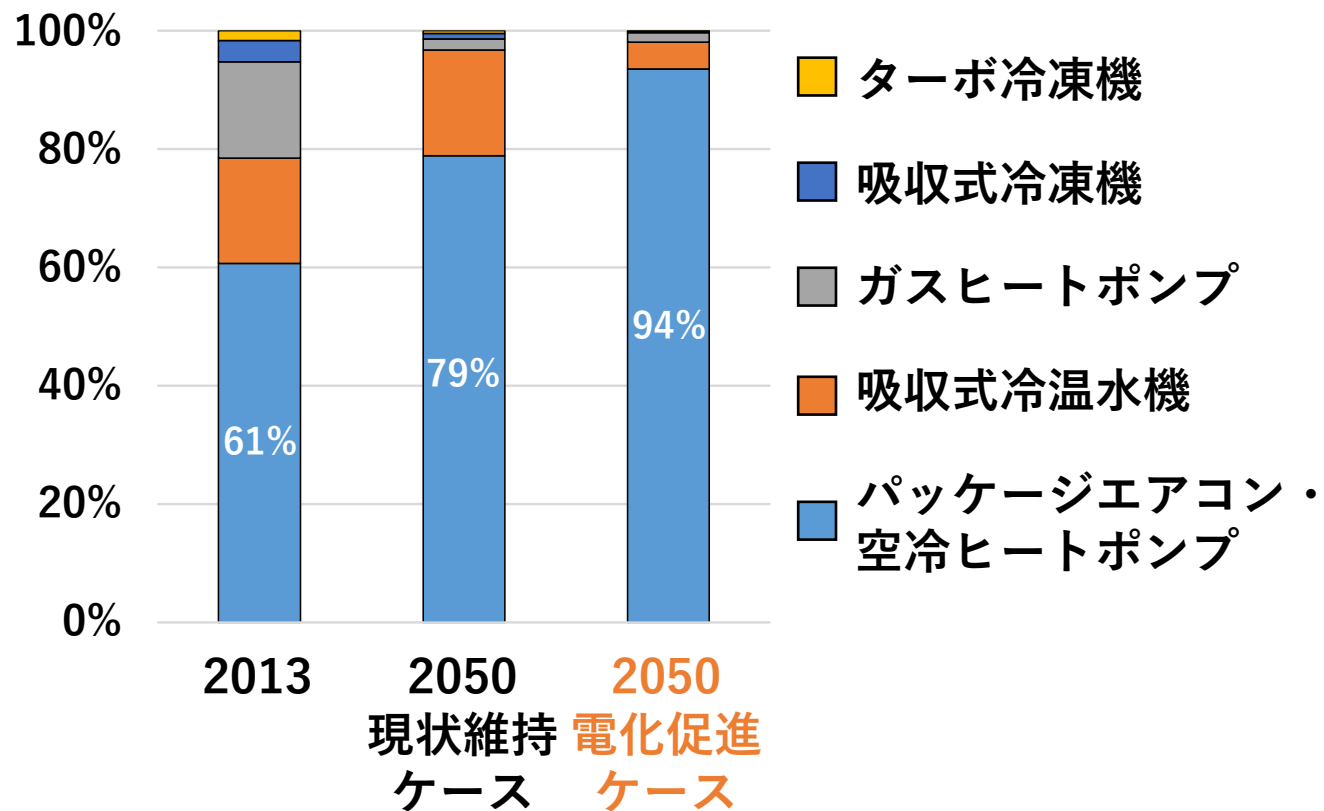


首都圏の将来人口の想定

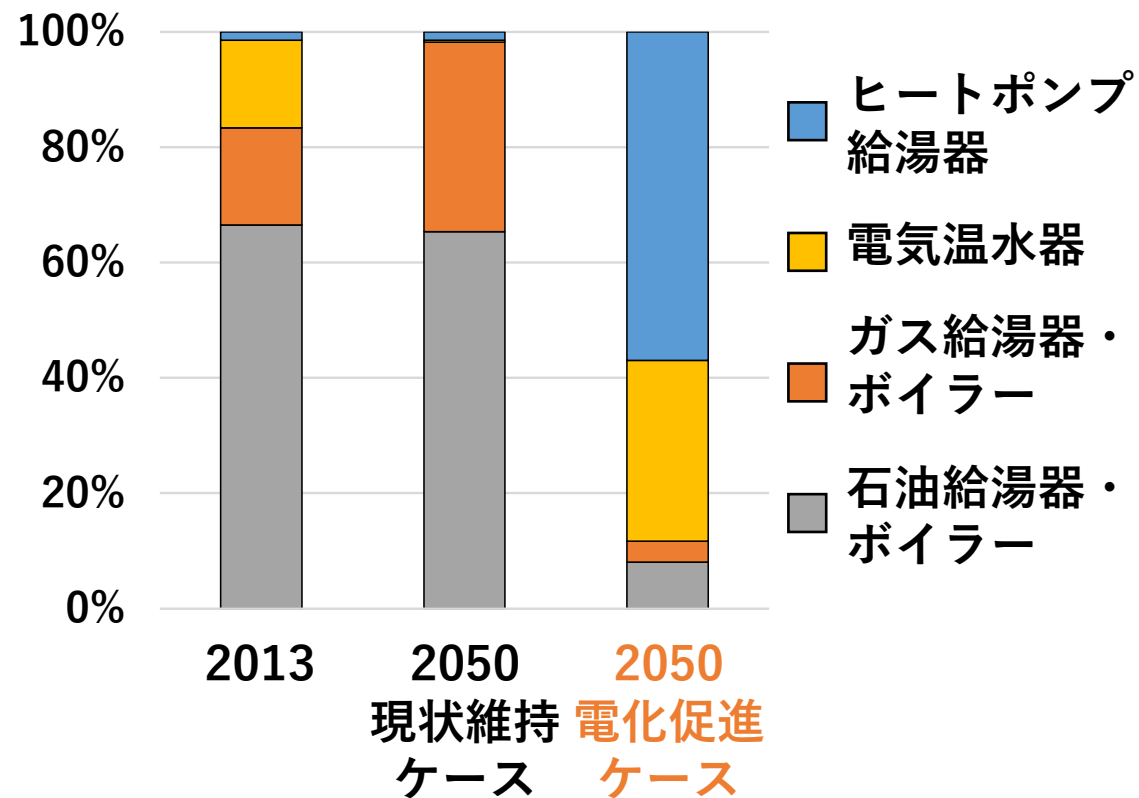
出典：日本の地域別将来推計人口（平成30年推計）
国立社会保障・人口問題研究所

※特定4部門（電気ガス熱供給水道業、情報通信業、他サービス業、業種不明・分類不能）は別途推計を実施。
※データセンターの増加等による大規模な需要の変化は未考慮。

2-1-2. 分析結果 ≪ 業務部門 ≫



冷房機器割合の経年変化



給湯機器割合の経年変化

- 電化促進ケースでは、パッケージエアコン・空冷ヒートポンプとヒートポンプ給湯器、電気温水器の普及割合が大幅に増加する。

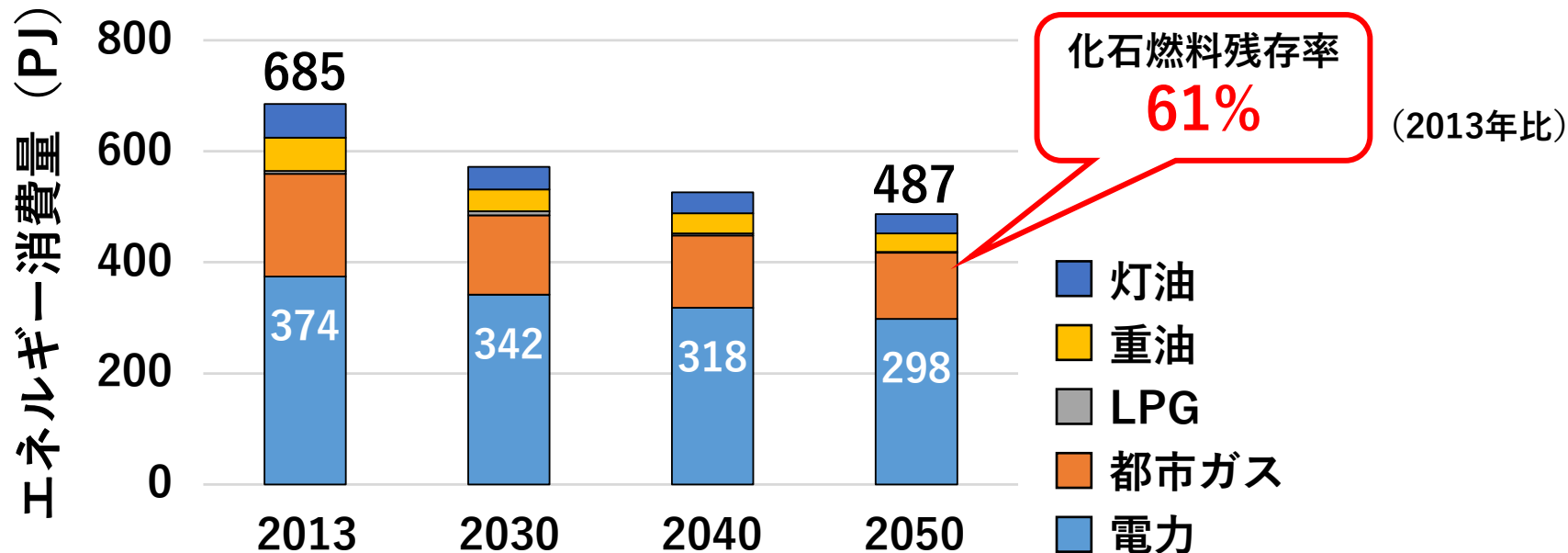
2-1-2. 分析結果

《業務部門》

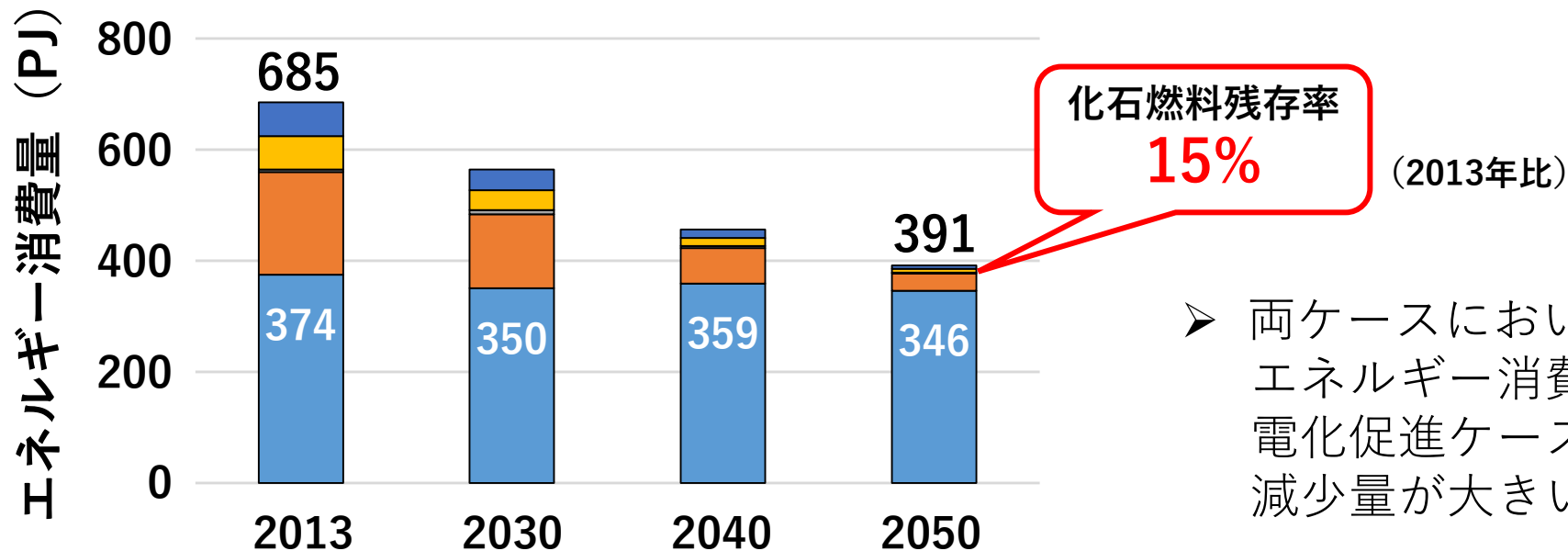
エネルギー消費量の推移



現状維持
ケース



電化促進
ケース

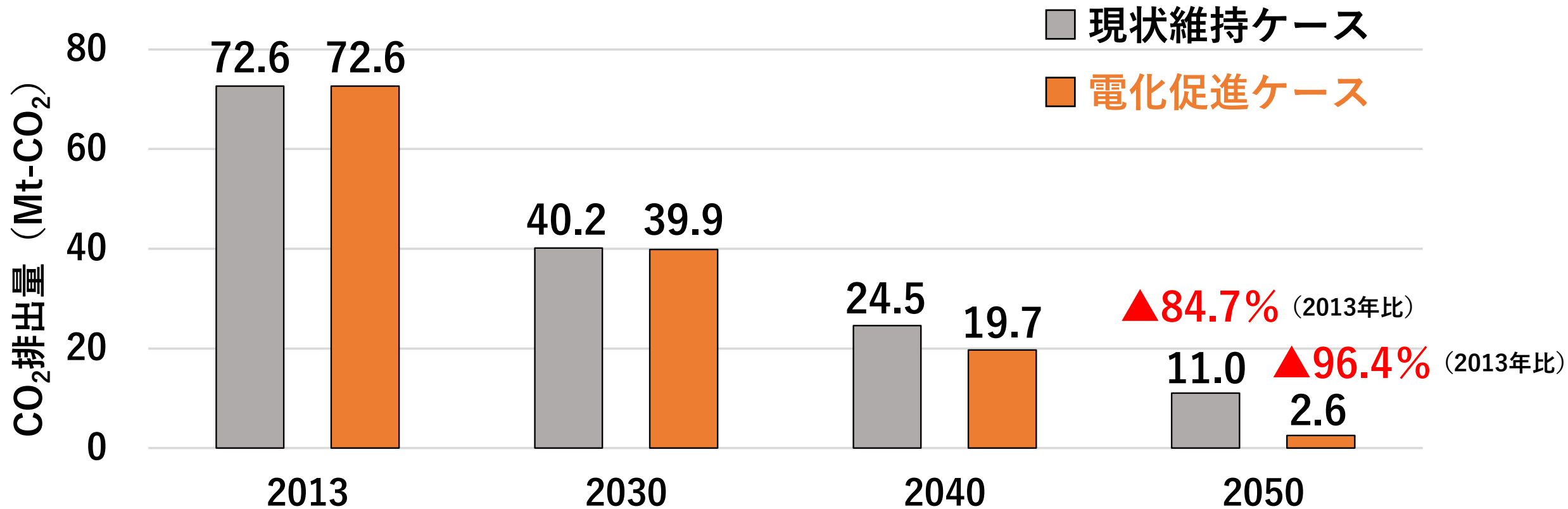


➤ 両ケースにおいて、エネルギー消費量は減少。電化促進ケースの減少量が大きい。

2-1-2. 分析結果 << 業務部門 >> CO₂排出量の推移



2050年の電力の排出係数をゼロとした場合

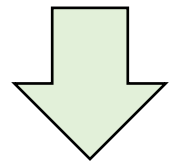


- 耐用年数が10年を超える機器が多いため、電化促進の効果が大きく表れるには10年以上を要する。



≪電化の課題≫

- 設置スペースや重量、電源容量確保等が必要。
- 設備の故障や不具合が発生してから、緊急避難的に交換するケースが多く、既設と同じタイプの機器を選択しがち。



新築・改築時の積極的な電化、計画的な機器更新を進めるとともに、電化を促すインセンティブ等の検討も必要。



1. 研究の背景と目的
- 2. 機器の電化促進に関する分析**
 - 2-1. 業務部門
 - 2-2. 自動車部門**
3. 再生可能エネルギーの大量導入に関する分析
4. まとめ

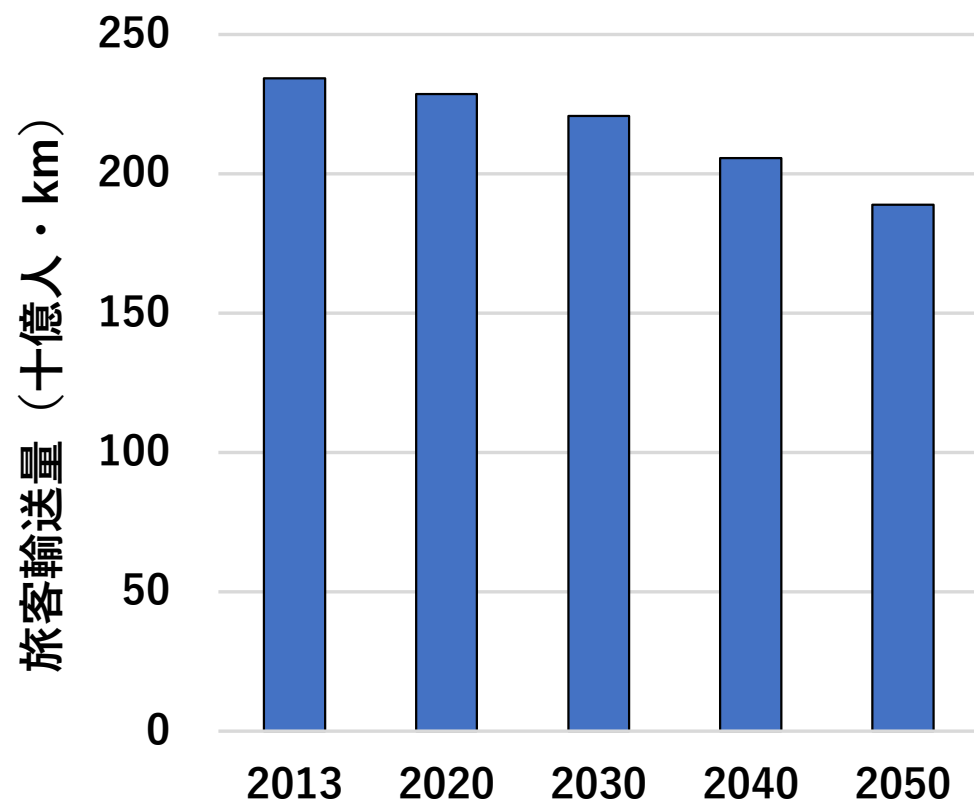
2-2-1. 分析方法 《自動車部門》



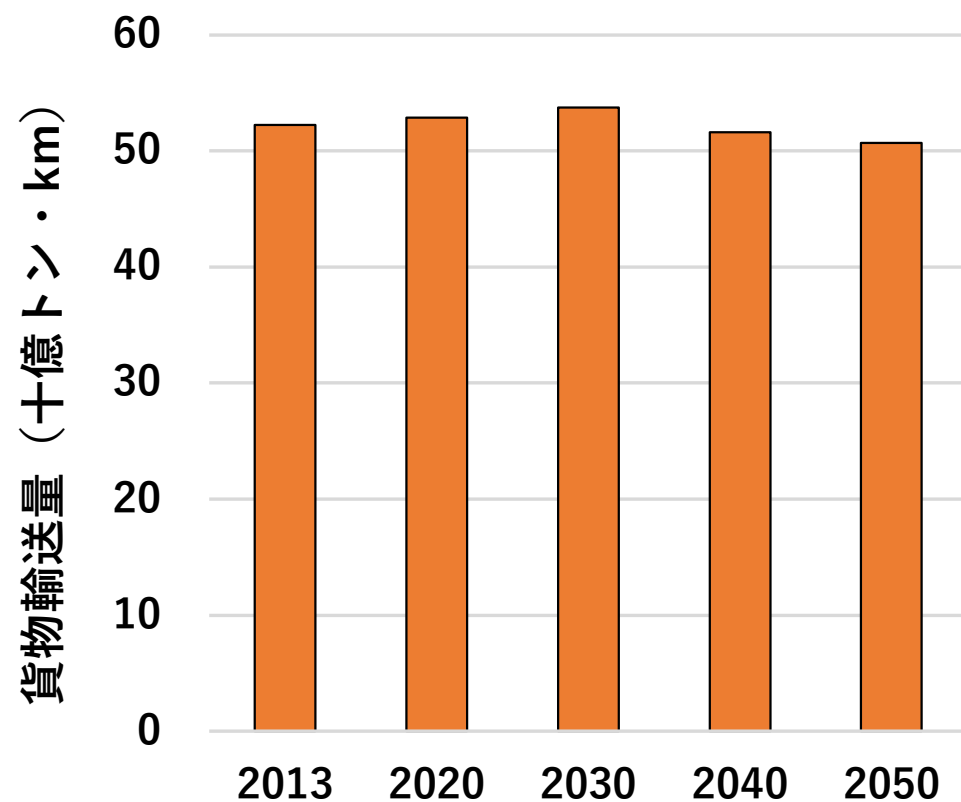
《エネルギーサービス需要の設定》

旅客輸送量、貨物輸送量は、将来人口や経済成長率を基に算出された全国の推計値※と同様の増減率を想定。

※国立環境研究所（2023）
2050年脱炭素社会実現に向けた排出経路分析



首都圏の旅客輸送量の想定



首都圏の貨物輸送量の想定

2-2-1. 分析方法 ≪自動車部門≫



≪ケース設定≫

現状維持ケース

ハイブリッド車 (HV)、プラグインハイブリッド車 (PHV)
電気自動車 (EV)、燃料電池自動車 (FCV)

2021年度から2023年度までの
車両増加率が、
将来も継続すると想定。

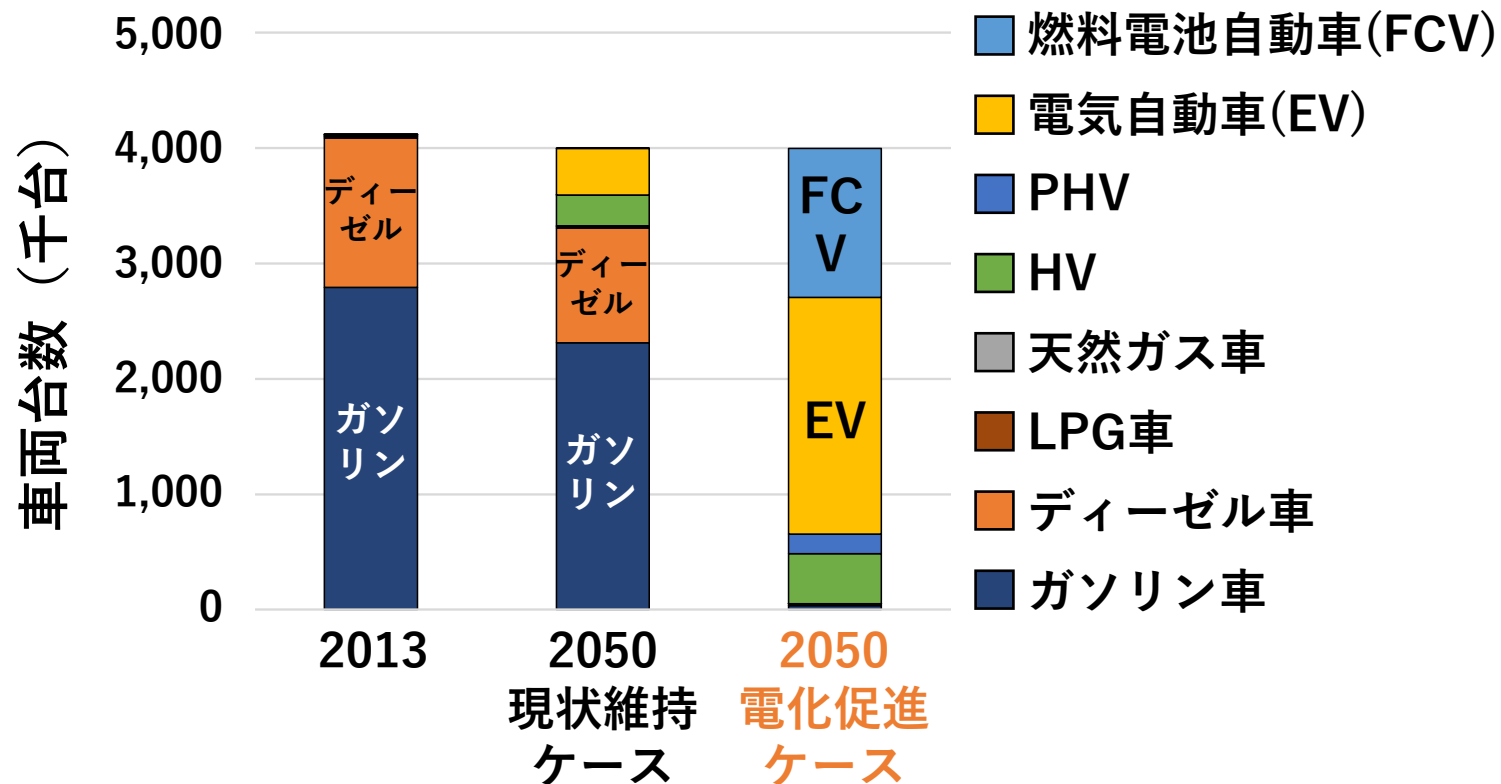
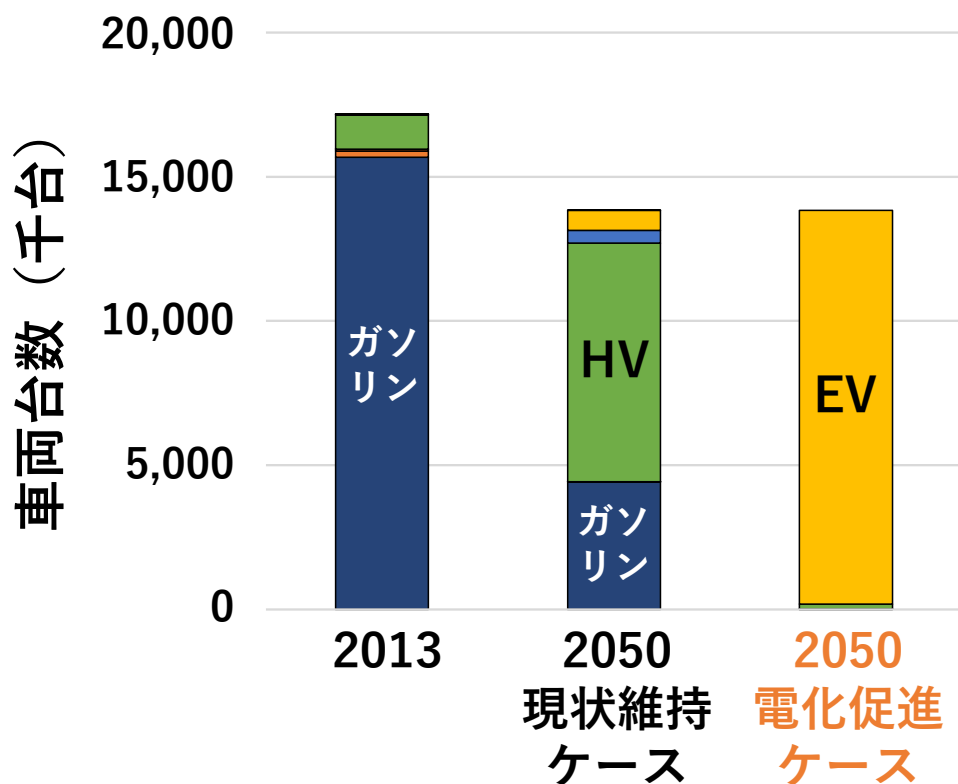
電化促進ケース

2030年以降は、
新規販売車両の台数に
制約がかかることを想定。

ガソリン車
ディーゼル車
LPG車
天然ガス車 } 0%

車種	車両タイプ	新規販売車両の割合
軽乗用車	HV・PHV	2030年：上限50% ⇒ 2040年以降：0%
	乗用車	EV・FCV
バス	HV・PHV	2035年：上限50% ⇒ 2045年以降：0%
	軽貨物車	EV・FCV
貨物車 特種車	HV・PHV	2035年：上限50% ⇒ 2045年以降：0%
	EV	上限20%
	FCV	上限なし

2-2-2. 分析結果 ≪自動車部門≫



旅客車両台数の経年変化

貨物車両台数の経年変化

- 現状維持ケースでは、大半がガソリン車、ディーゼル車、HVとなる。
- 電化促進ケースでは、
 - ・ 旅客自動車の概ね100%がEVとなる。
 - ・ 貨物自動車の80%程度がEV・FCVとなり、HVやPHVが20%程度となる。

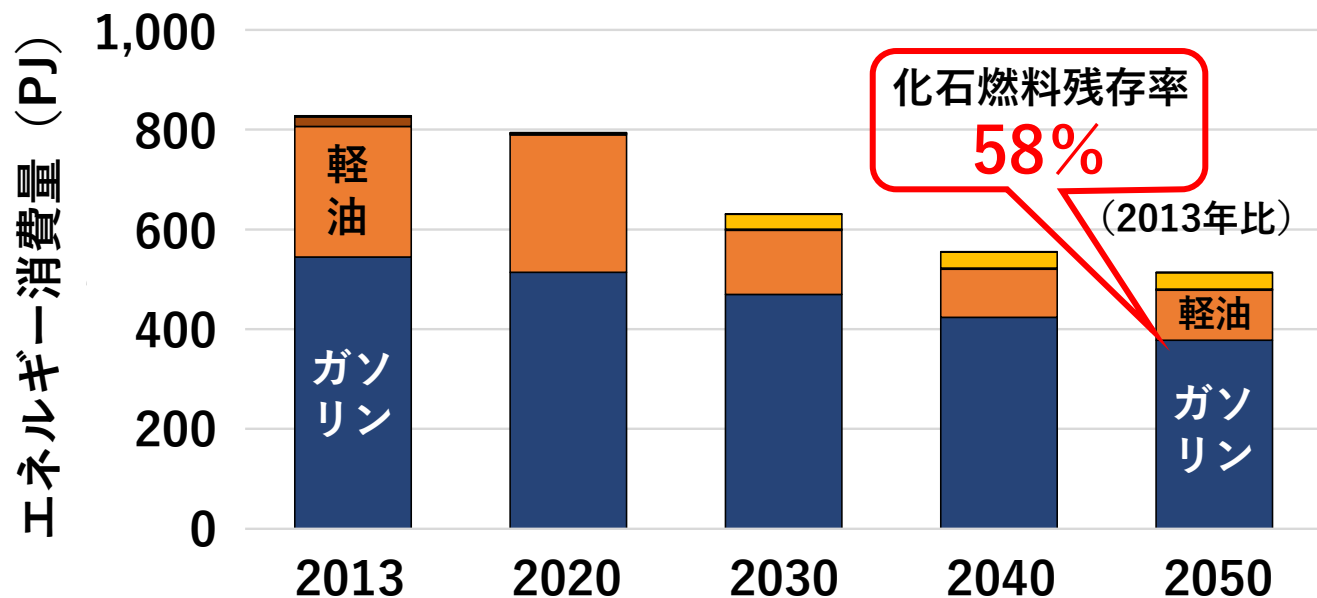
2-2-2. 分析結果

《自動車部門》

エネルギー消費量の推移

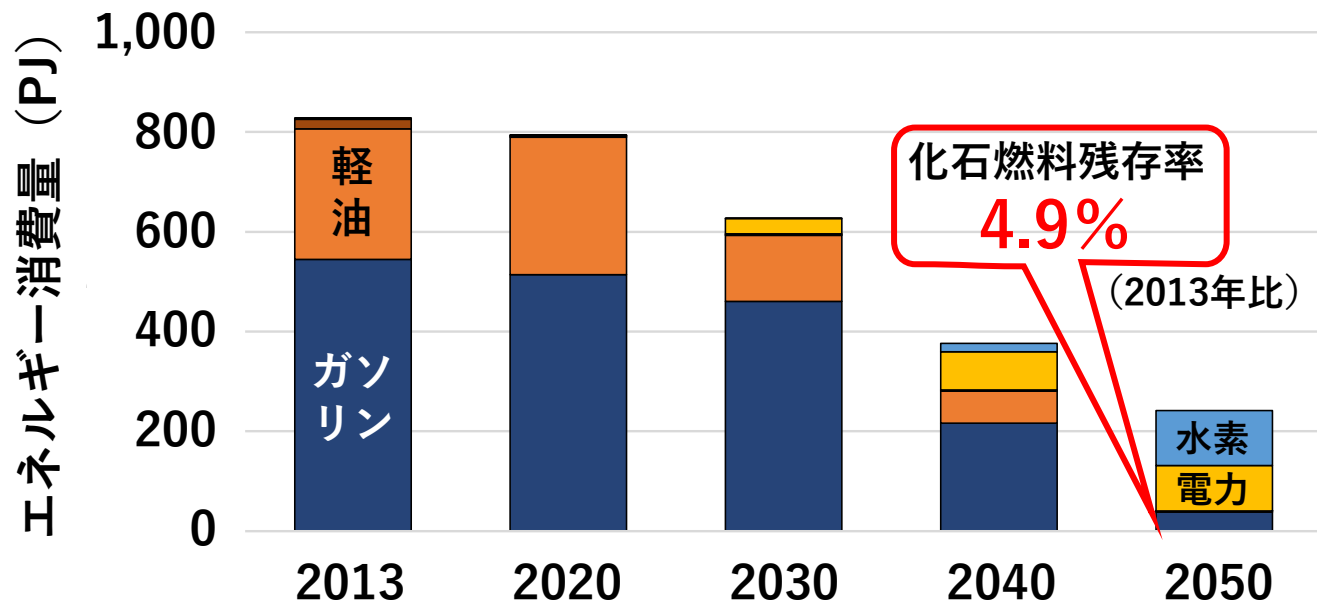


現状維持
ケース



■ 水素
■ 電力
■ 天然ガス
■ LPG
■ 軽油
■ ガソリン

電化促進
ケース



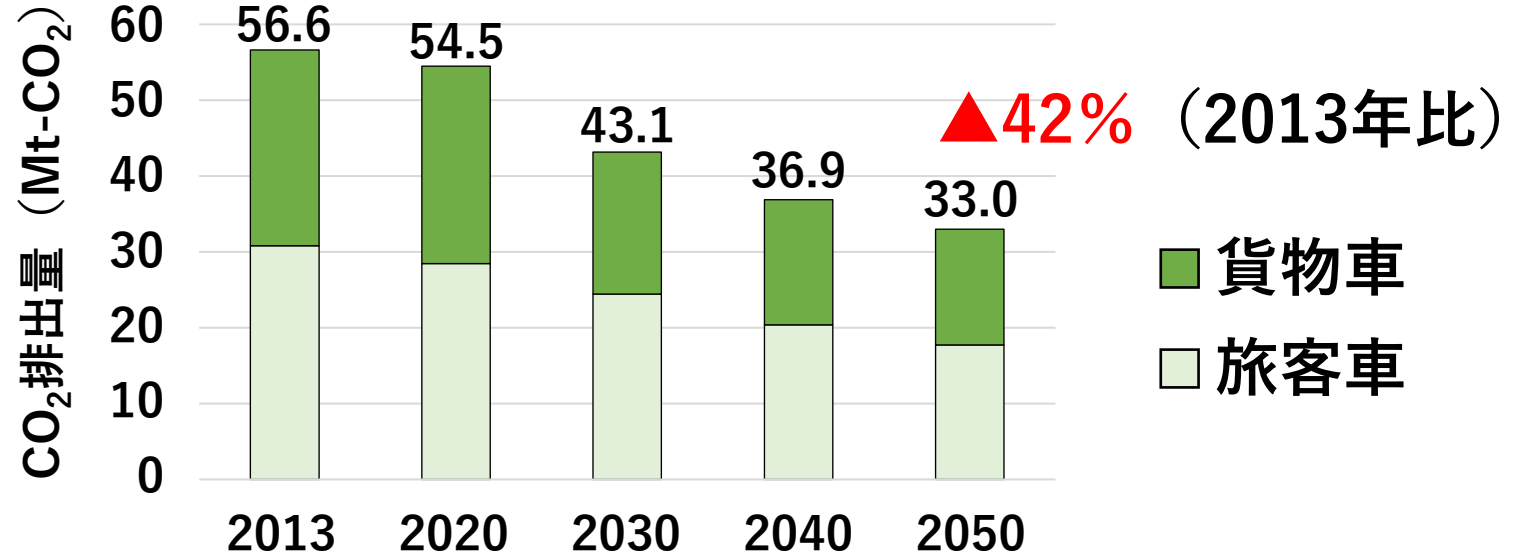
- 水素：109.8PJ (91.5万トン)
⇒2050年の水素等導入目標
(2,000万トン程度) の4.6%
- 電力：91.5PJ (25.4TWh)
⇒2021年度の首都圏全体の
年間電力消費量の9.6%

2-2-2. 分析結果 ≪自動車部門≫ CO₂排出量の推移

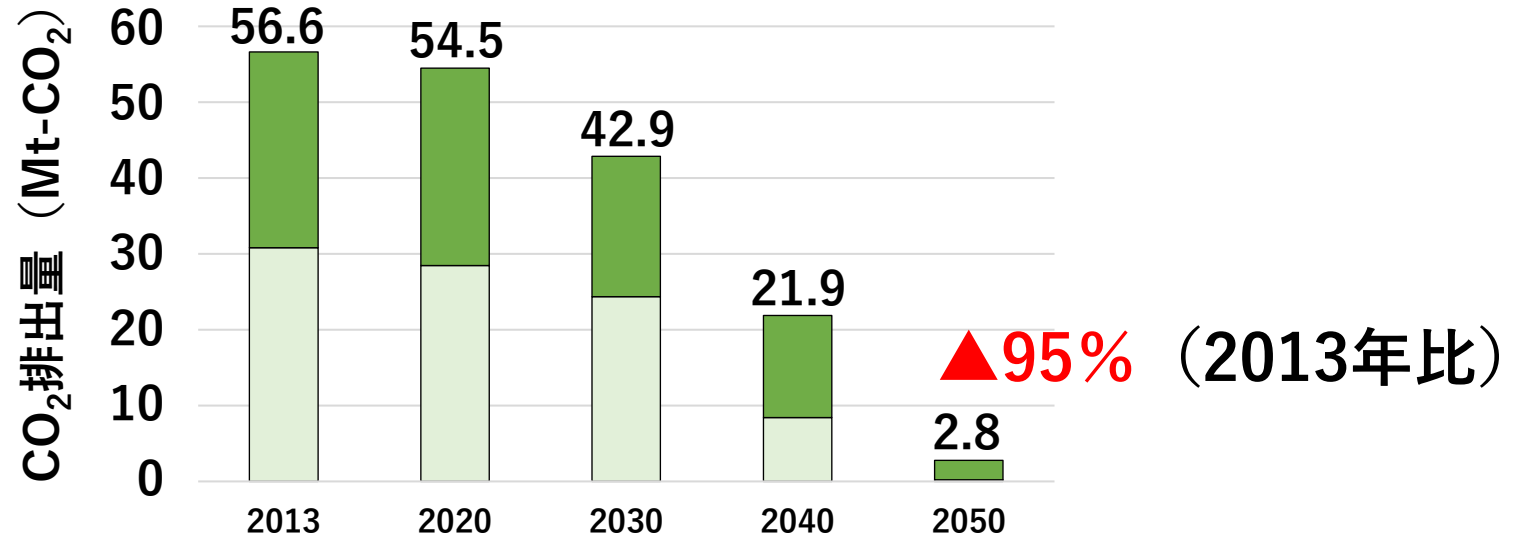


2050年の電力及び水素の排出係数をゼロとした場合

現状維持
ケース



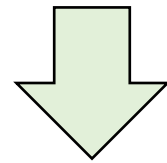
電化促進
ケース





≪電化の課題≫

- 車両価格の低減
- 充電・水素供給インフラの整備
- 航続距離の拡大など（特にバス・貨物車）



**車両やインフラ設備の技術開発促進と導入支援、
車両の使い方に適したインフラ整備が必要。**



1. 研究の背景と目的
2. 機器の電化促進に関する分析
 - 2-1. 業務部門
 - 2-2. 自動車部門
- 3. 再生可能エネルギーの大量導入に関する分析**
4. まとめ

3-1. 分析方法

《再生可能エネルギーの大量導入に関する分析》



《計算のフロー》

前提条件

需要電力（2022年実績より10%増）

水力発電電力（現状固定）
揚水発電貯水量（現状固定）
地熱発電電力（現状固定）
原子力発電電力（年間需要電力量の約10%）
地域間連系線電力（年間需要電力量の約10%）

太陽光発電電力
風力発電電力

蓄電池容量

需要と
供給の
バランス維持

電力需給
バランス
モデル

火力発電の
年間発電量
最小

最適化計算結果

揚水発電
・汲上電力
・発電電力

蓄電池
・充電電力
・放電電力

火力発電電力

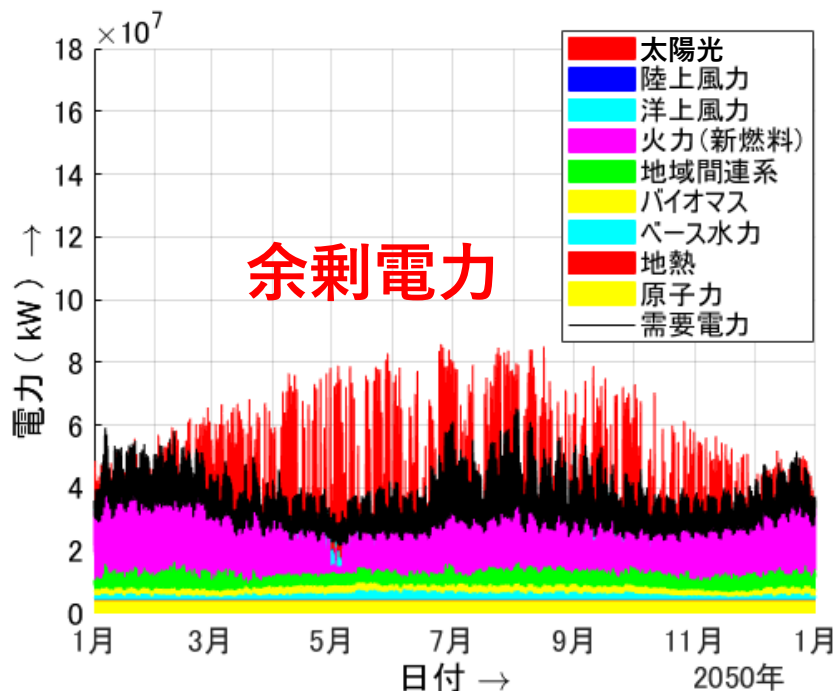
3-2. 分析結果

《再生可能エネルギーの大量導入に関する分析》



再エネ低位

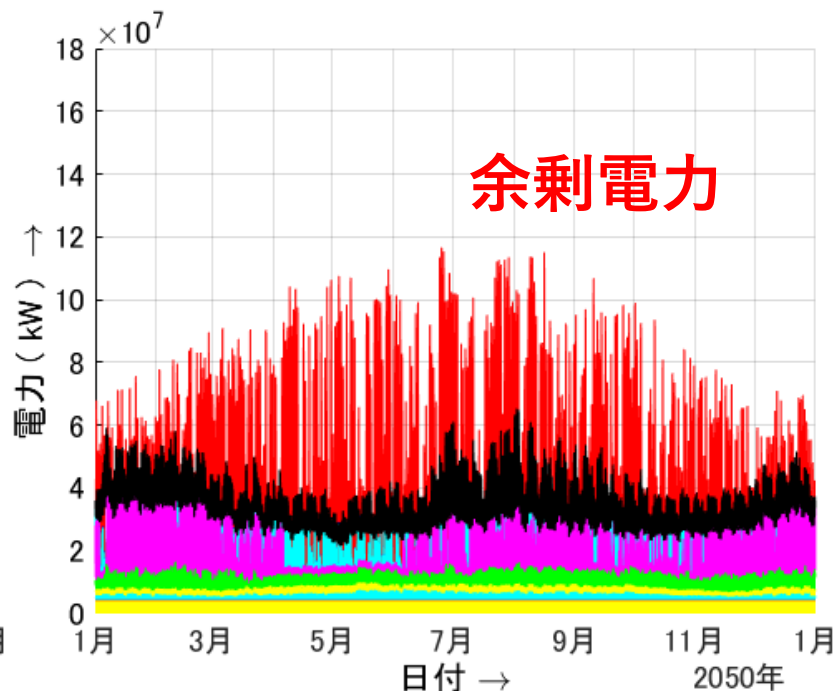
再エネ導入傾向を2050年まで延長
(再エネ比率 42%)



蓄電池容量：597GWh

再エネ中位

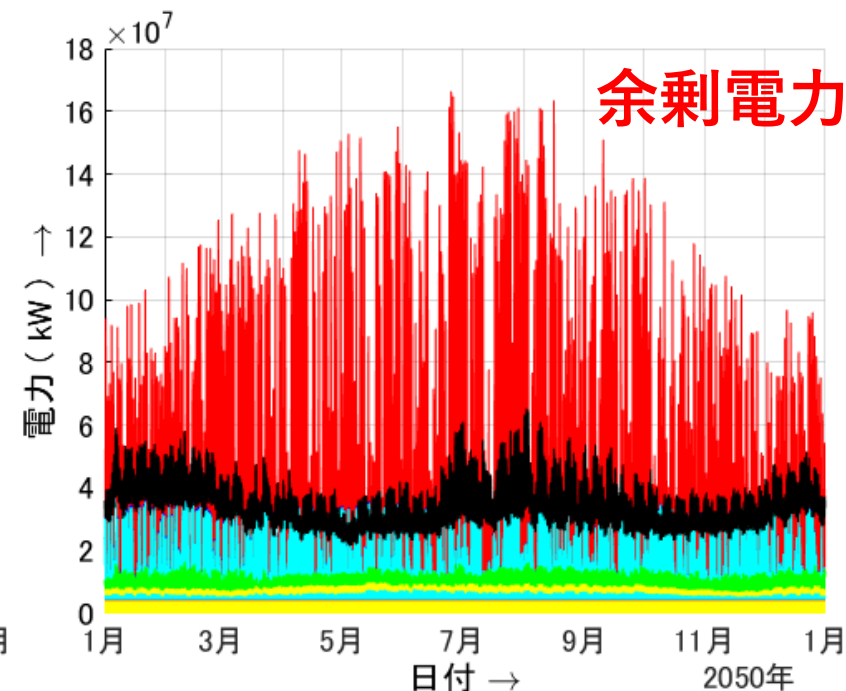
高位と低位の中間
(再エネ比率 61%)



蓄電池容量：4,233GWh

再エネ高位

2050年の火力発電 0%
(再エネ比率 80%)



蓄電池容量：25,089GWh

2050年の需要電力と発電電力の推計結果



- 再エネ比率を増加させると、必要な蓄電池容量は急激に増加。
- 電力の需給バランスを維持する適切な対策の組合せを、コストも考慮し、蓄電池以外にも検討する必要がある。
 - ✓ 電気自動車やヒートポンプ給湯器で余剰電力を有効利用
 - ✓ 再エネ電力の出力制御
 - ✓ 水素火力発電等の導入



1. 研究の背景と目的
2. 機器の電化促進に関する分析
 - 2-1. 業務部門
 - 2-2. 自動車部門
3. 再生可能エネルギーの大量導入に関する分析
4. **まとめ**

4. まとめ



①電化促進について

- 電源の脱炭素化だけでは、2013年比で60%程度の化石燃料が残存。
- 電源の脱炭素化及び機器の電化を促進することで、2013年比で95%以上のCO₂排出削減が可能。
- ただし、電化促進によるCO₂排出削減効果が大きく表れるには、10年以上を要するため、早期の取組みが必要。

②再生可能エネルギーの大量導入について

- 電源の脱炭素化を目指して、再エネの最大限導入を進めると、需給バランスの維持が課題になるため、コストを考慮した適切な対策の検討が必要。
 - ✓ 機器の電化促進（ヒートポンプ給湯器、電気自動車）が、需給バランスの維持にも寄与する可能性がある。



ご清聴いただきありがとうございました。

**本研究は、環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合
推進費（JPMEERF20231002）により実施しました。**