

# シミュレーションによる家庭部門の エネルギー需要・CO<sub>2</sub>排出削減の要因分析 (その2)

2023年8月17日

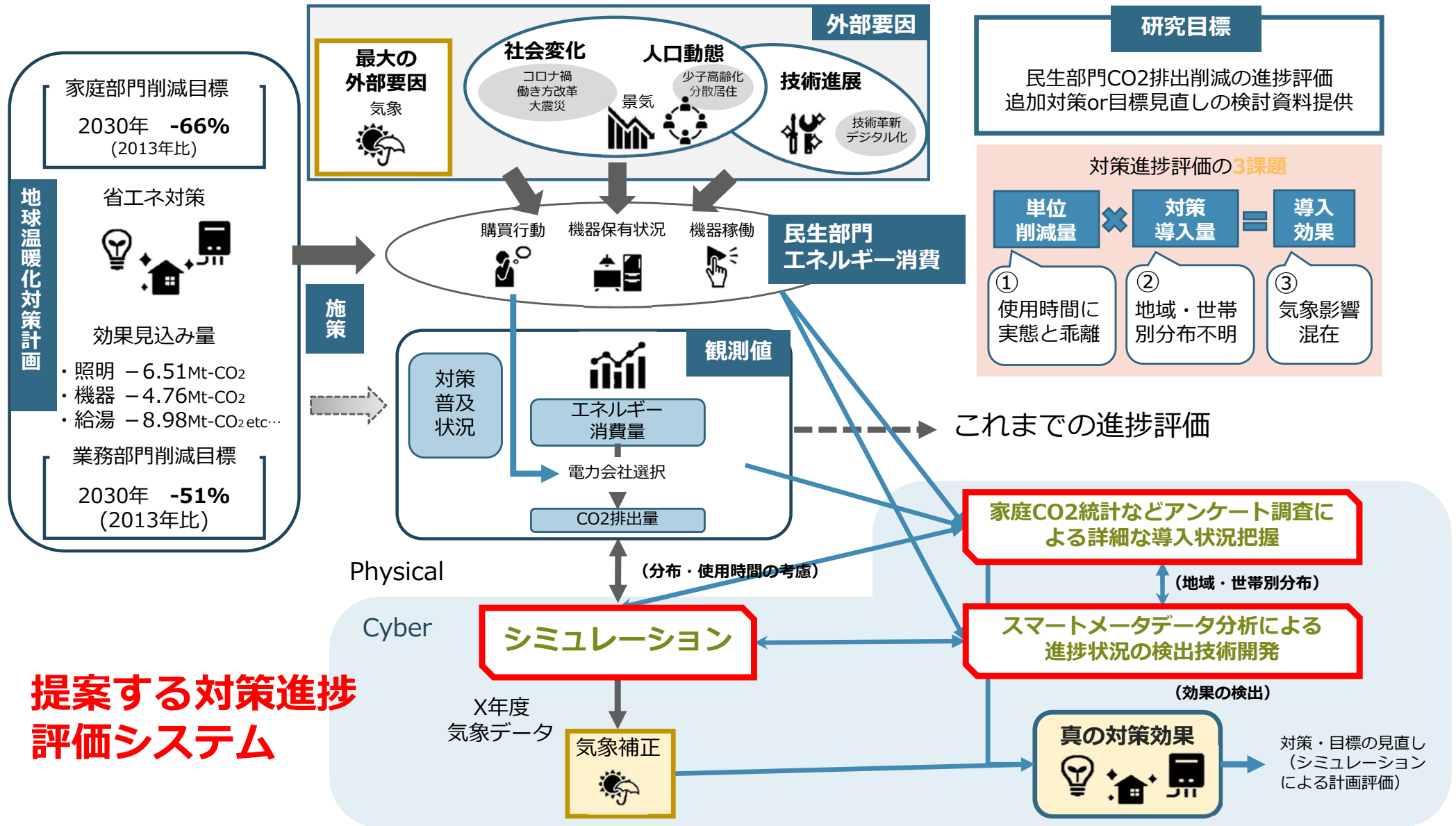
下田 吉之 (大阪大学)

この研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費「国および自治体の民生部門カーボンマネジメントシステムの開発」(JPMEERF20212005)により実施しています。



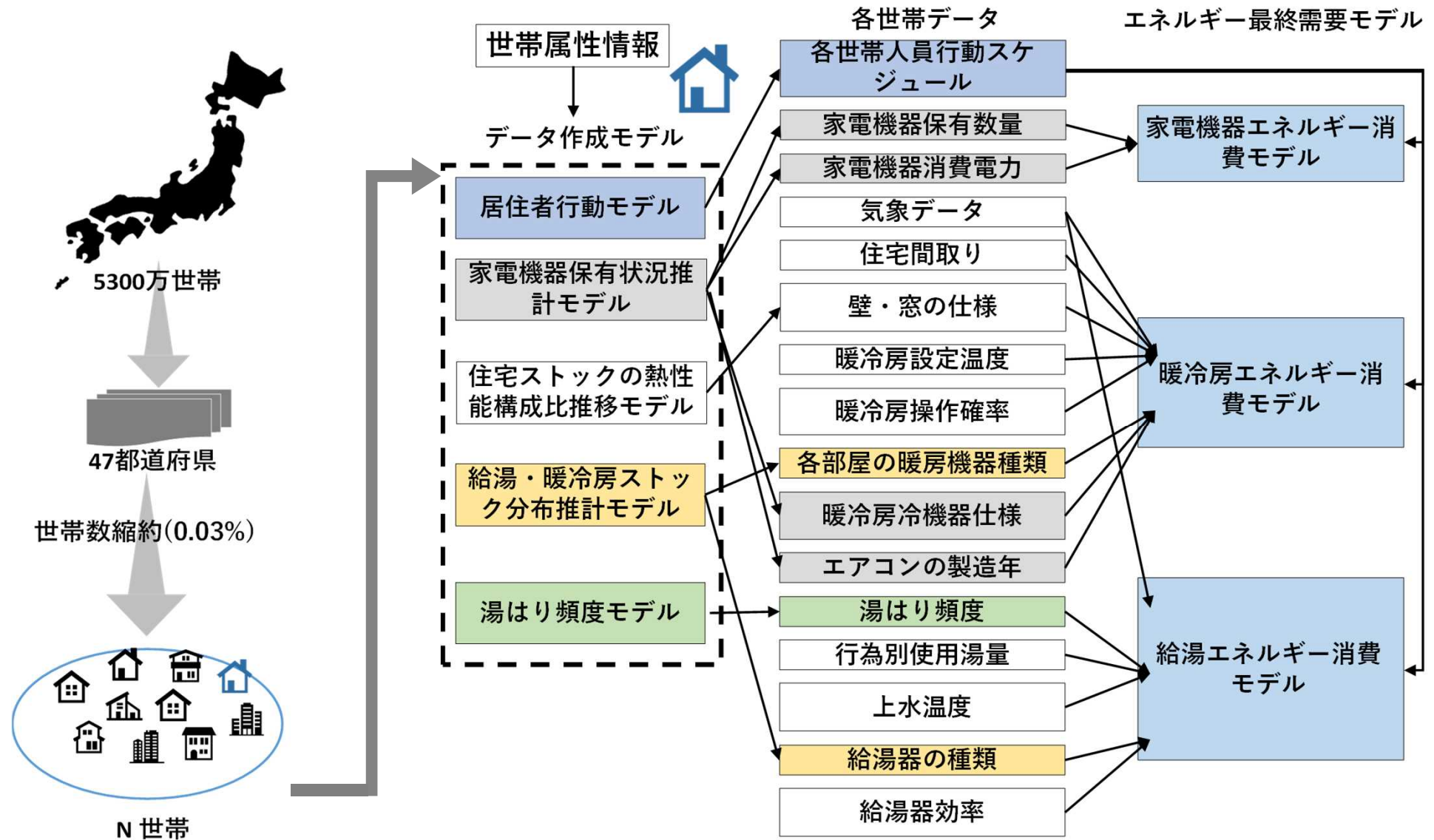
# 研究の全体像

国および自治体における民生部門温室効果ガス排出削減対策の進捗状況を正確に把握するため、以下**赤枠の3つのツール**を用いたカーボンマネジメントシステムを開発。



**提案する対策進捗評価システム**

# シミュレーションモデル (TREES)



- ✓ 1世帯ごとにエネルギー消費量を算出⇒積み上げて日本全国の消費量を算出
- ✓ 詳細に実態を再現したボトムアップモデル



# 2021年度までの進捗評価 推計内容

- 家庭部門の取組のうち、本推計では以下の4項目を考慮する

本推計で考慮する	考慮しない
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 高効率照明の導入</li> <li>✓ 高効率給湯器の導入</li> <li>✓ トップランナー制度</li> <li>✓ 新築住宅の省エネ化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 既存住宅の断熱改修</li> <li>✓ HEMS等によるエネルギー管理</li> <li>✓ 浄化槽の省エネ化</li> <li>✓ 家庭エコ診断</li> <li>✓ クールビズ / ウォームビズ</li> </ul>

- 各対策の**これまでの進捗状況**をシミュレーション条件に反映させる

各対策のシミュレーション条件の根拠

対策	根拠
①高効率照明の導入	地球温暖化対策計画の進捗（実績値）
②高効率給湯器の導入	地球温暖化対策計画の進捗（実績値）
③トップランナー制度	メーカーカタログ（消費電力など） 家庭CO <sub>2</sub> 統計（製造年別保有台数）
④新築住宅の省エネ化	熱性能ストックモデル（住宅の寿命、着工数など）



# 2021年度までの進捗評価 設定条件

## ① 高効率照明の導入

地球温暖化対策計画より累積導入台数の実績値を引用

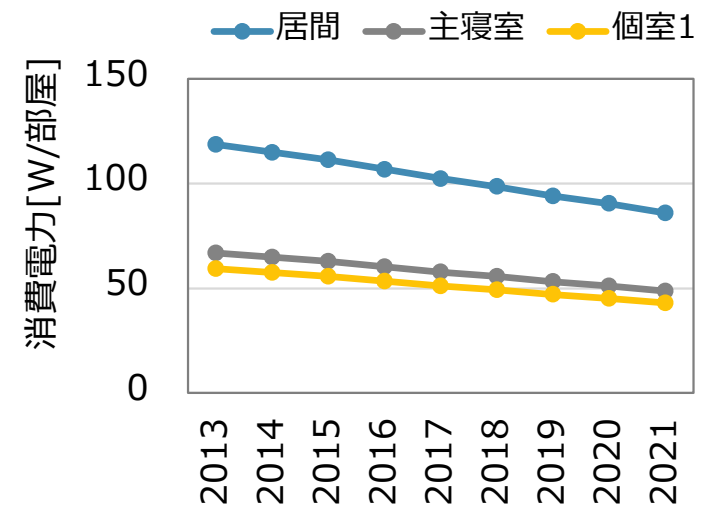
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
累積導入台数 [億台]	0.6	1.0	1.4	1.9	2.4	2.8	3.3	3.7	4.2
LED導入率	7%	12%	17%	24%	30%	35%	41%	46%	52%

- 日本照明工業会の調査による2020年度のLED化率**46%**をもとに、家庭部門における照明ストック台数を概算

⇒ **約8億台** (TREES設定とも概ね一致)

⇒ これをもとに**各年のLED導入率**を決定

- メーカーカタログより消費電力を決定



部屋別の照明消費電力  
(戸建てタイプ5)



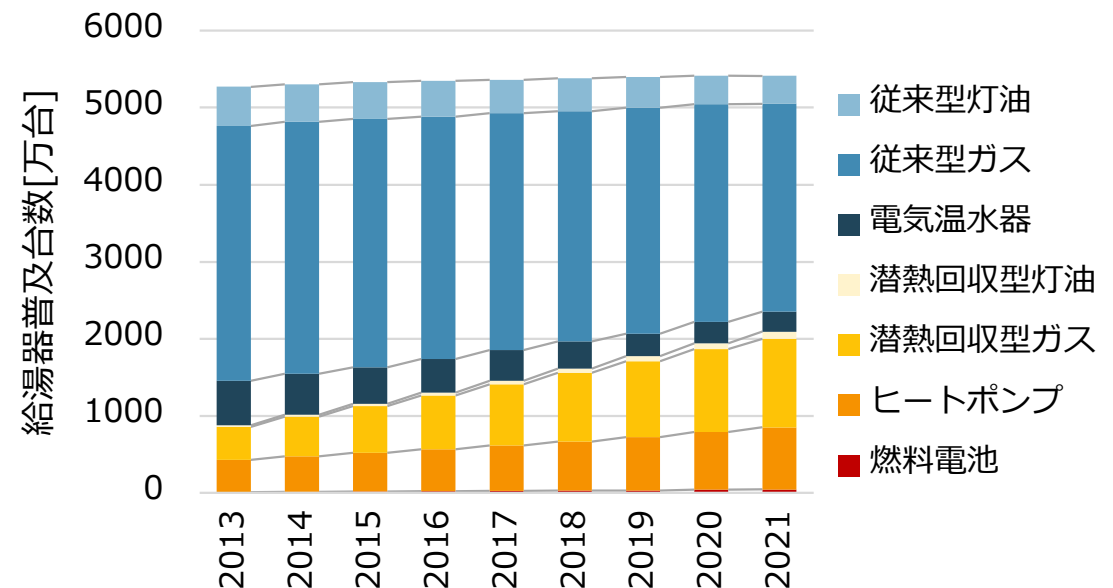
# 2021年度までの進捗評価 設定条件

## ②高効率給湯器の導入

地球温暖化対策計画より累積導入台数の実績値を引用

年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
HP給湯機 [万台]	422	463.5	504.3	546.7	591.4	639.5	691.9	745.9	806.4
潜熱回収型 給湯器[万台]	448	540.6	635.8	735.2	842.1	946.6	1051.4	1152.5	1243.8
燃料電池[万台]	7.2	11.3	15.4	19.5	23.5	27.6	31.3	42.2	43.3

- 上記3種の高効率給湯器の導入台数を決定し、残りを従来型給湯器、電気温水器とする  
⇒ アンケート調査をもとに、  
地域・世帯特性を考慮して配分
- **毎年の世帯数変化によるストック  
総数の変化も考慮**



# 2021年度までの進捗評価 設定条件

## ③ トップランナー機器の性能向上

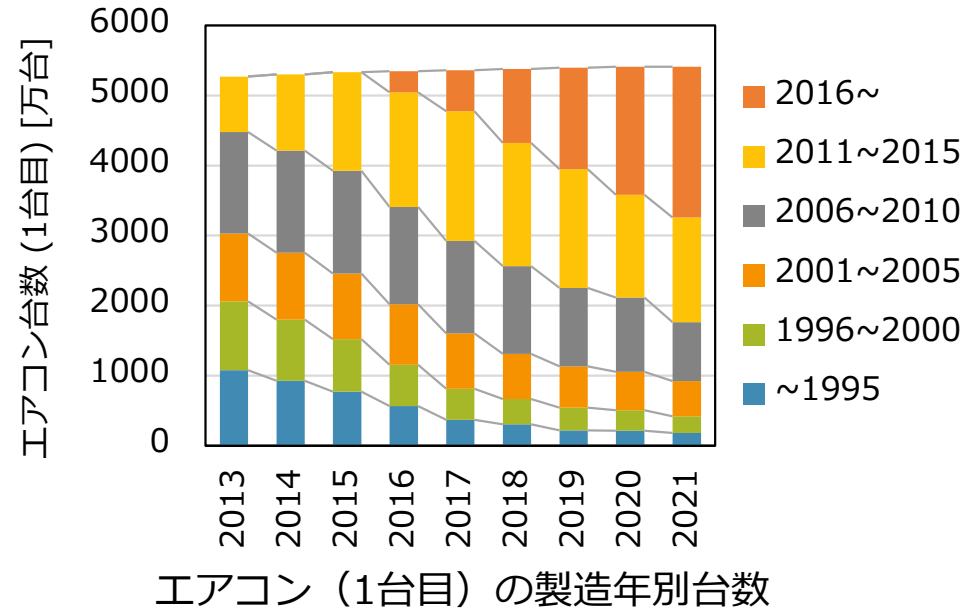
### 地球温暖化対策計画

トップランナー機器・試算方法は概要のみ

### 本推計

### エアコン・テレビ・冷蔵庫の性能向上

- ・メーカーカタログ
- ・家庭CO2統計：保有機器の製造年割合



## ④ 住宅の断熱性能向上

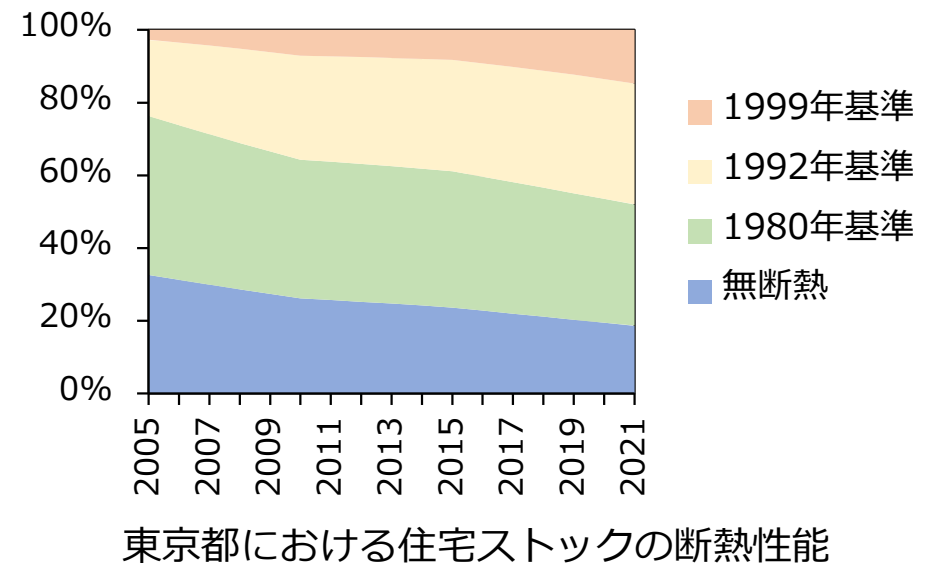
### 地球温暖化対策計画

毎年の新築の省エネ基準適合率（全国）

### 本推計

### 都道府県別住宅ストックの熱性能向上

熱性能ストックモデルで新築住宅の省エネ基準適合率、住宅寿命による入れ替わりを考慮



# 設定条件例 | エアコン

全国の家計におけるエアコン（1台目）の製造時期割合（家庭CO2統計より）

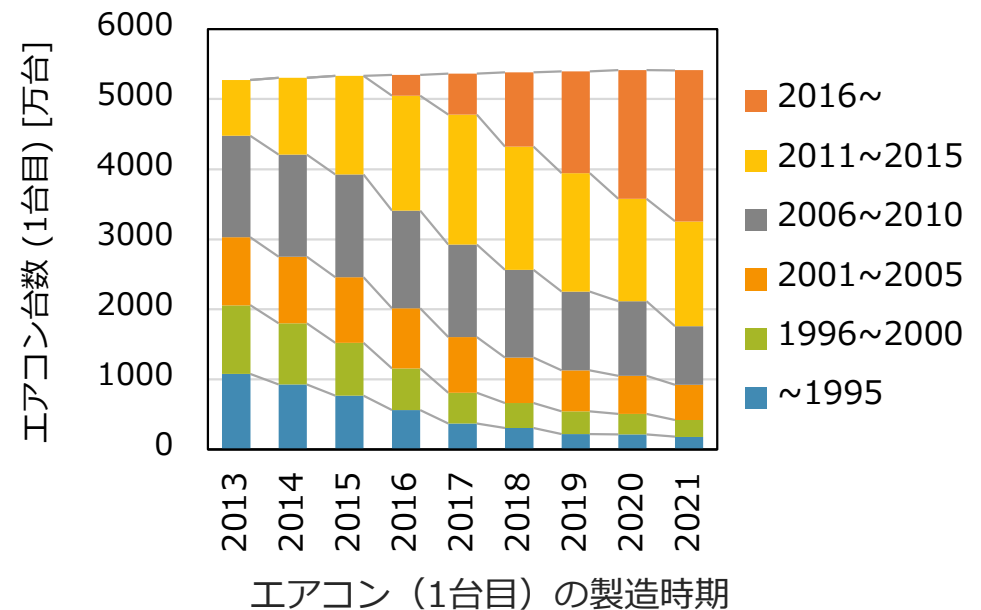
家庭CO2統計	製造年区分						
	~1995	1996~2000	2001~2005	2006~2010	2011~2015	2016~	不明
2017	6.2%	7.4%	13.3%	22.2%	31.1%	9.8%	10%
2018	5.1%	6.0%	10.8%	21.0%	29.4%	17.7%	9.9%
2019	3.6%	5.4%	9.7%	18.6%	28.0%	24.0%	10.7%
2020	3.5%	4.8%	9.0%	17.5%	24.1%	30.1%	10.9%
2021	3.4%	3.9%	7.0%	15.3%	23.7%	36.3%	10.3%



## 製造時期の更新

- 2014~16は前後から推計
- 1~5台目のエアコンを対象

家庭CO2統計	TREES
1台目	居間
2台目	主寝室
3台目	個室1
4台目	個室2
5台目	個室3





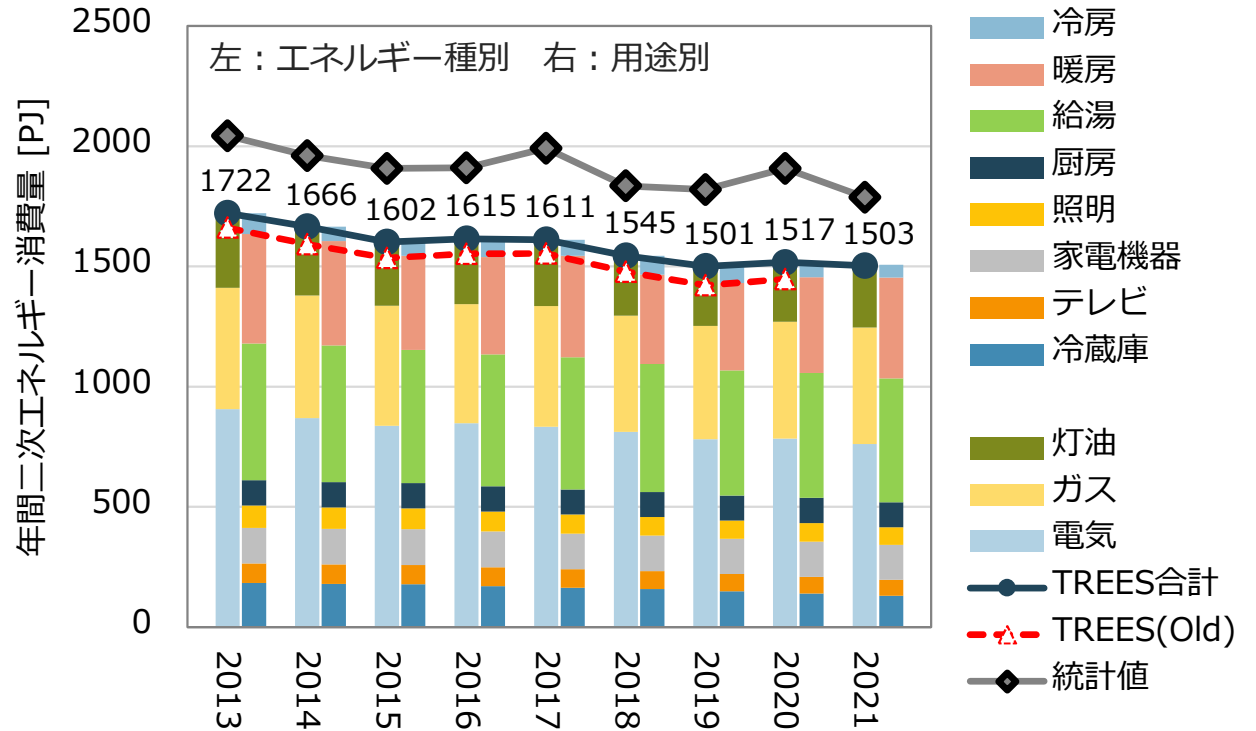
# 推計結果 | 家庭部門のエネルギー消費推移

## 総合エネルギー統計

### 年間のエネルギー総量を比較

- 昨年度の推計結果 (TREES Old) よりも統計に近づき、**増減の傾向も概ね一致**

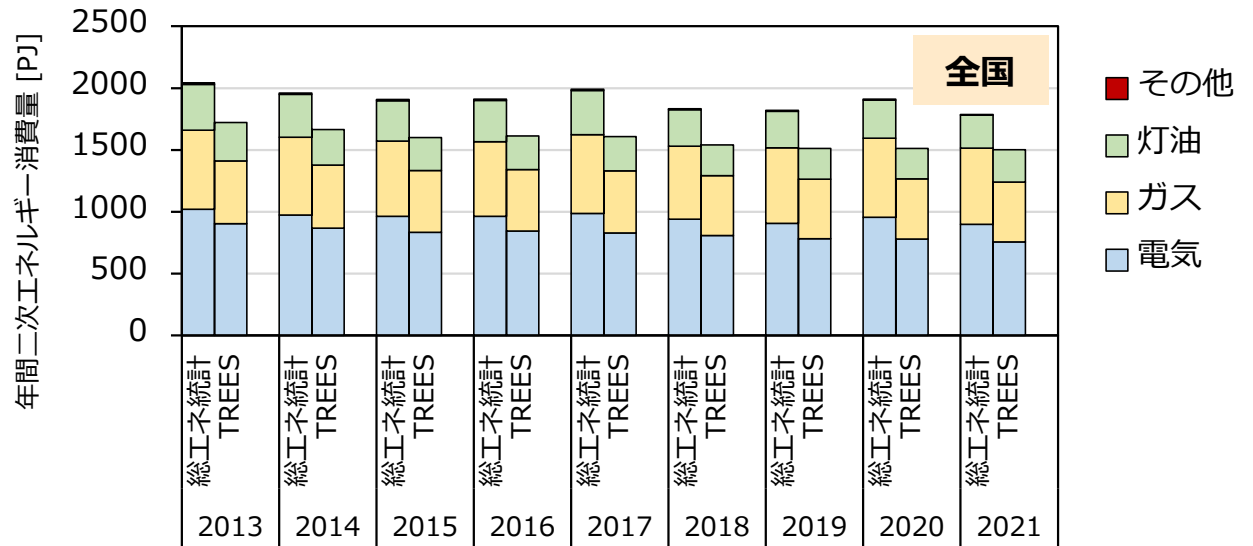
- 2013～2015年：減少
- 2015～2016年：増加
- 2017～2019年：減少
- 2020～2021年：減少



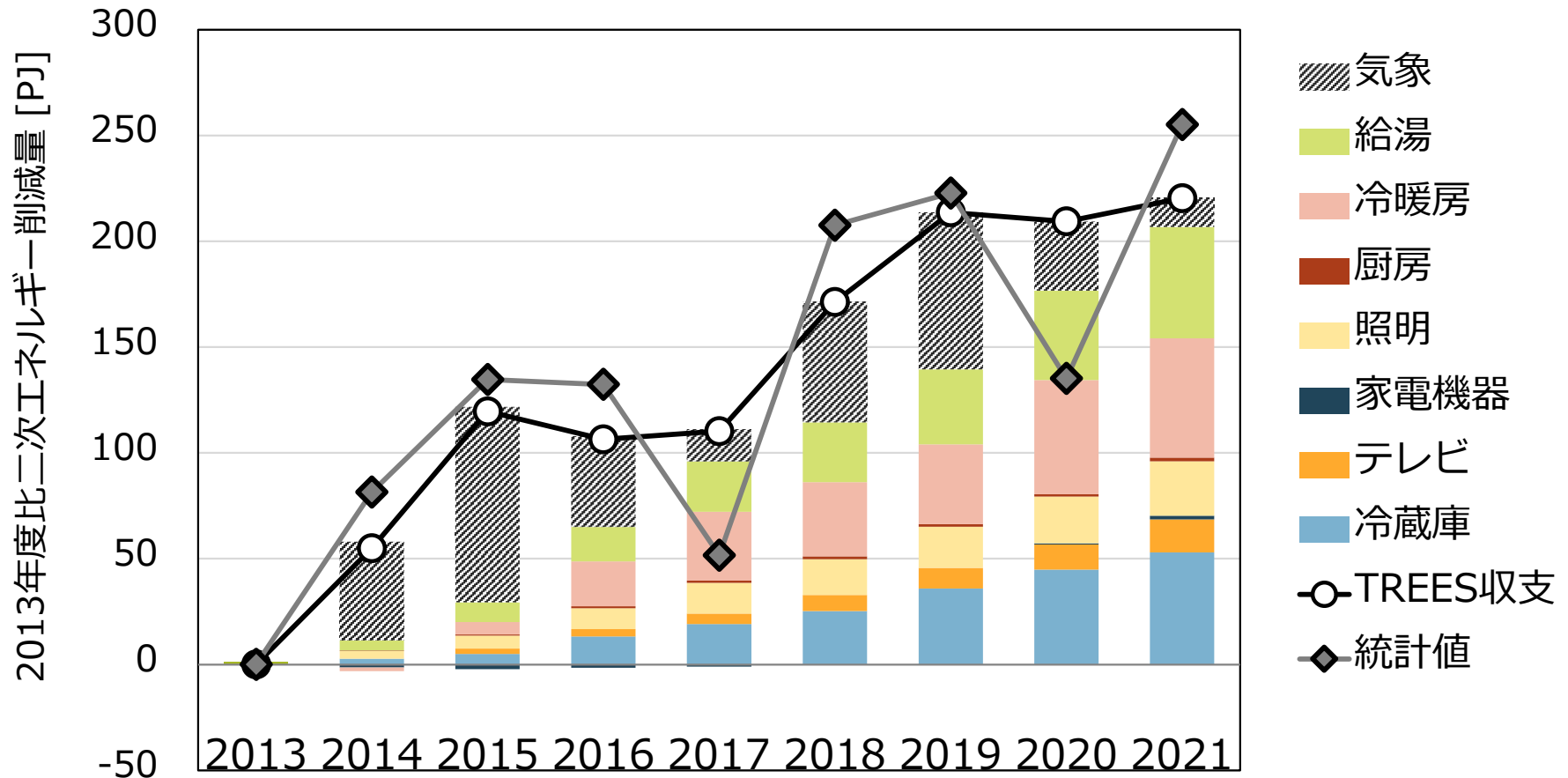
- TREES：統計値より16%小

シミュレーションの誤差に加えて、総合エネルギー統計で家庭部門に計上される項目として以下の未考慮要因

- ✓ 融雪電力
- ✓ 生業的農家
- ✓ 漁家
- ✓ 工務店等
- ✓ 集合住宅共用部



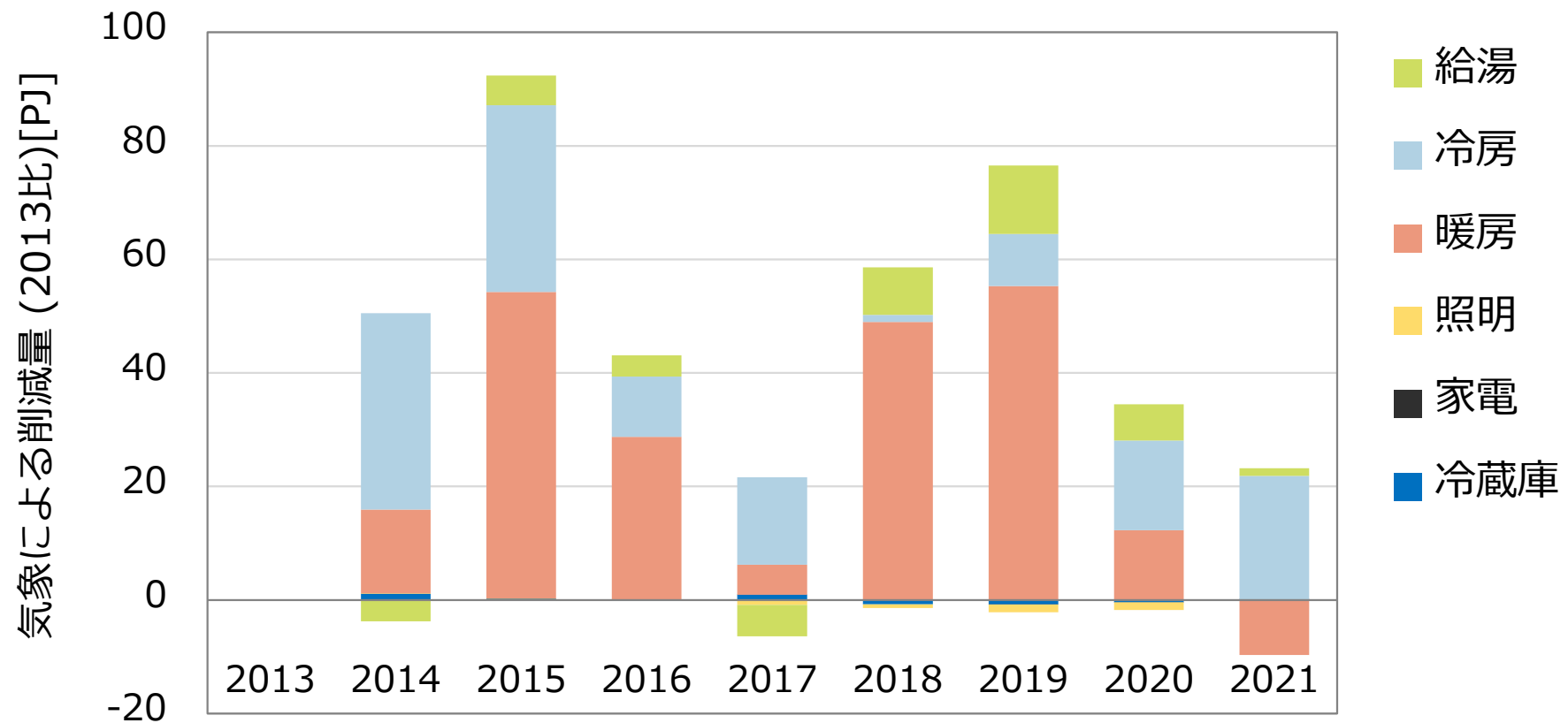
# 推計結果 | 2013年度比削減量



- ✓ **増減の傾向は統計値と近い**
- ✓ 毎年の増減は**気象**の影響を強く受けている
- ✓ 2017年度は特定地域で乖離が大きく、統計誤差の可能性も考えられる
- ✓ 2020,2021年度は統計値と大きく乖離 ← **新型コロナによる影響が未考慮**

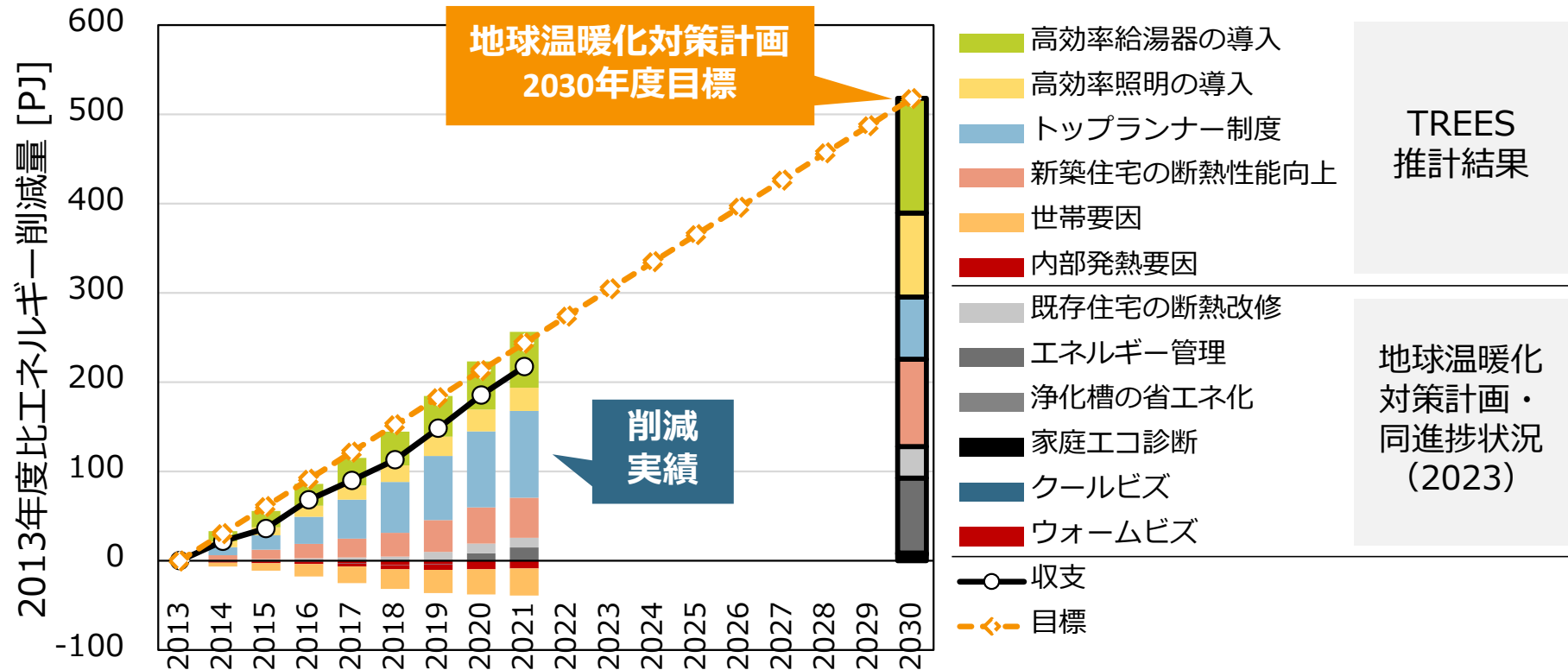


# 推計結果 | 2013年度比削減量 (気象要因分解)



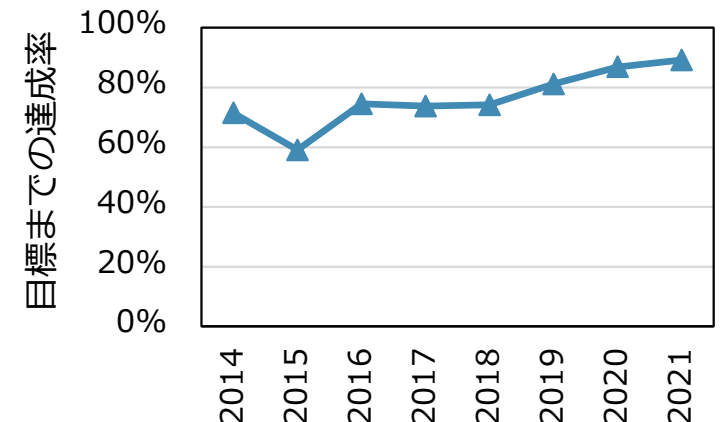
- ✓ 厳冬、暖冬、猛暑、冷夏など各年度の気象条件の特徴によるが、  
**気象変化は冷暖房及び給湯のエネルギー消費量に大きな影響を与える**
- ✓ 2014年度から2020年度までのすべての年度で削減量が正であることから、  
**2013年度は猛暑・厳冬であった可能性**

# 推計結果 | 2030年目標に向けた進捗評価



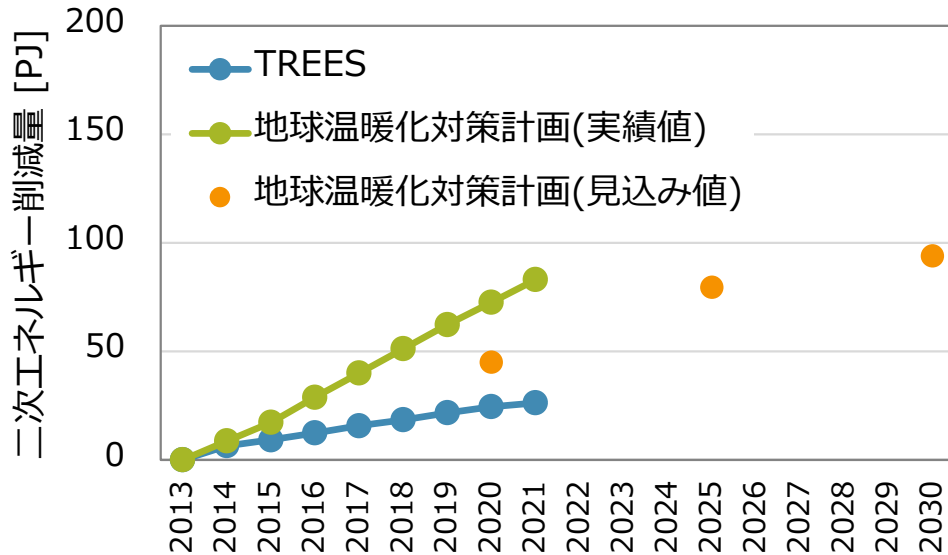
家庭部門の対策進捗実績 (TREES推計) と2030年度の政府目標

- ✓ 2013年度から2030年度目標を**直線**で繋いだ
- ✓ TREESで考慮した6項目の効果が**9割以上**
- ✓ **2030年度目標達成に向けた進捗状況は順調ではない可能性があるが、年々達成率は向上**



# 推計結果 | 2030年目標に向けた進捗評価

## 高効率照明の導入



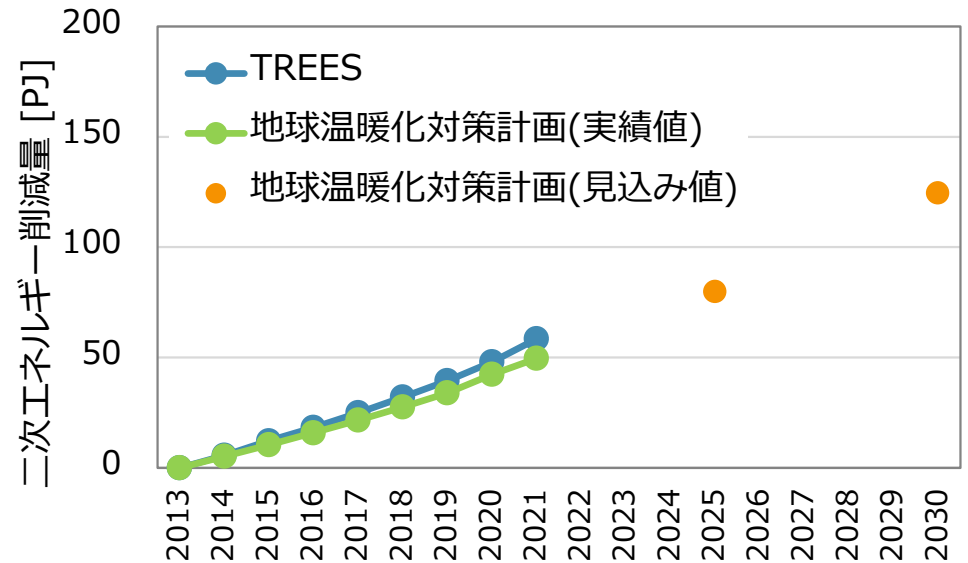
### LED導入進捗 (2020)

政府想定：80% (2030年度で100%)  
 日本照明工業会：ストックで**46%**

政府はすべての住宅照明ストックをLEDに変更することを想定していない可能性

➡ 評価指標の見直しが必要

## 高効率給湯器の導入



### 高効率給湯器の進捗 (2021)

2030年度の目標台数に対して

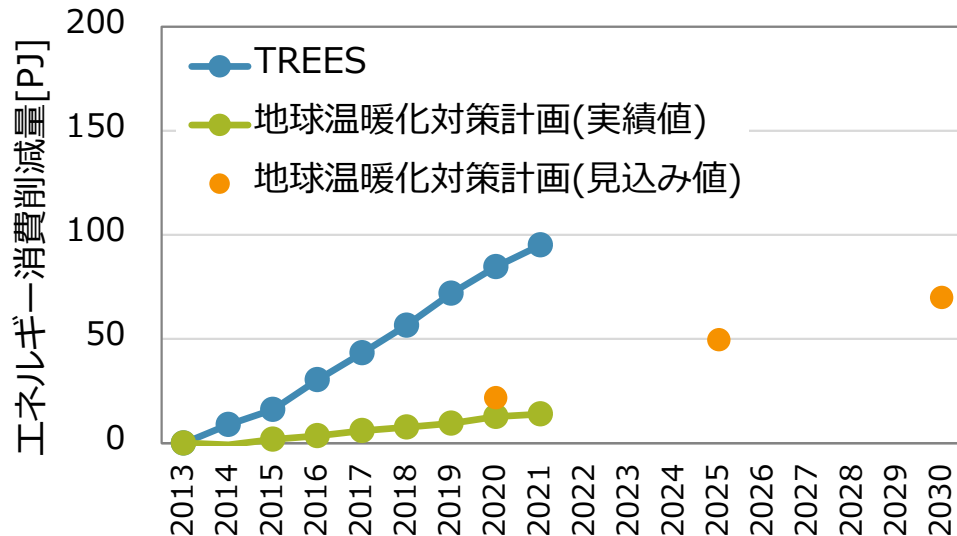
- ✓ HP給湯器：**51%**
- ✓ 潜熱回収型：41%
- ✓ 燃料電池：14%

順調なペースと言えるが、燃料電池と潜熱回収型給湯器の導入促進が必要



# 推計結果 | 2030年目標に向けた進捗評価

## トップランナー制度



## 進捗状況

TREESでは、政府の想定よりトップランナー機器への置き換えが進んでいる可能性

### 政府計算条件 (詳細不明)

機器効率、平均保有台数、平均使用年数を用いて複数の家電機器について推計

### TREES

家庭CO<sub>2</sub>統計における製造年別割合やメーカーカタログを使用し住宅別に機器を設定

新築住宅における省エネ基準適合の推進  
(住宅の省エネルギー化)

地球温暖化対策計画では、総合的な住宅の性能を表す省エネ基準への適合による削減効果としている

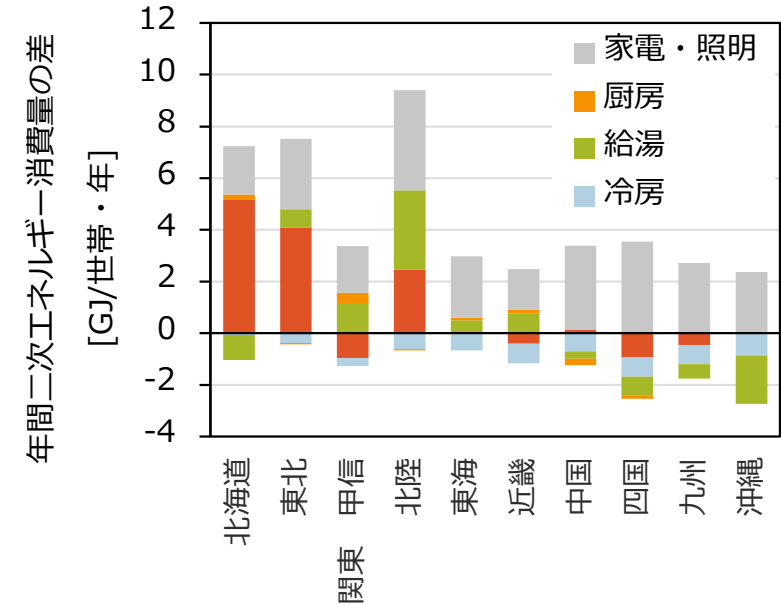
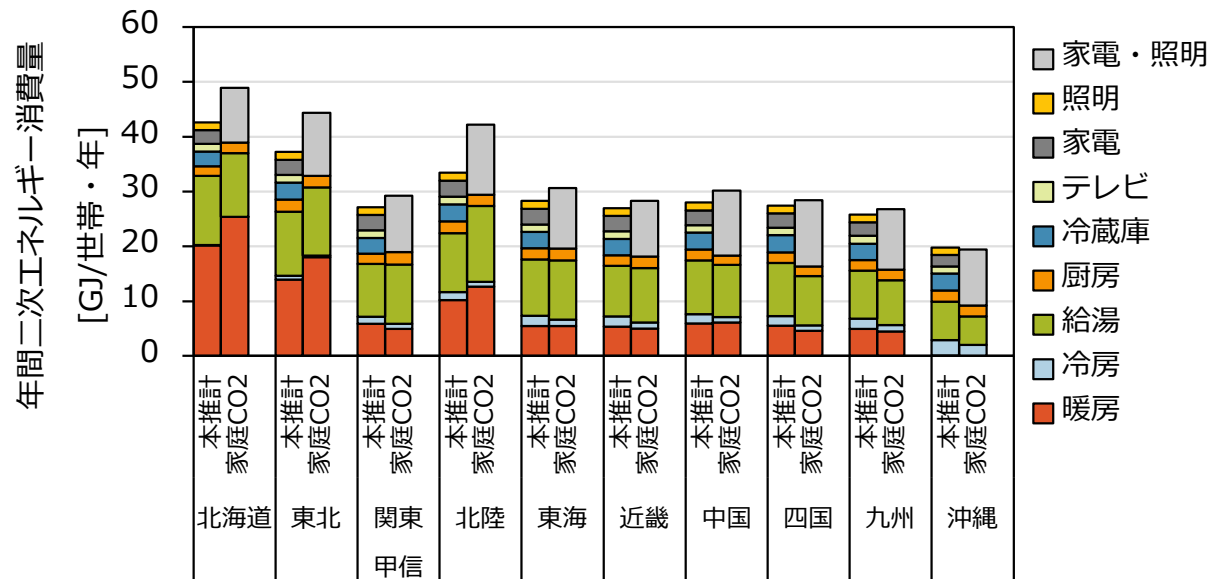
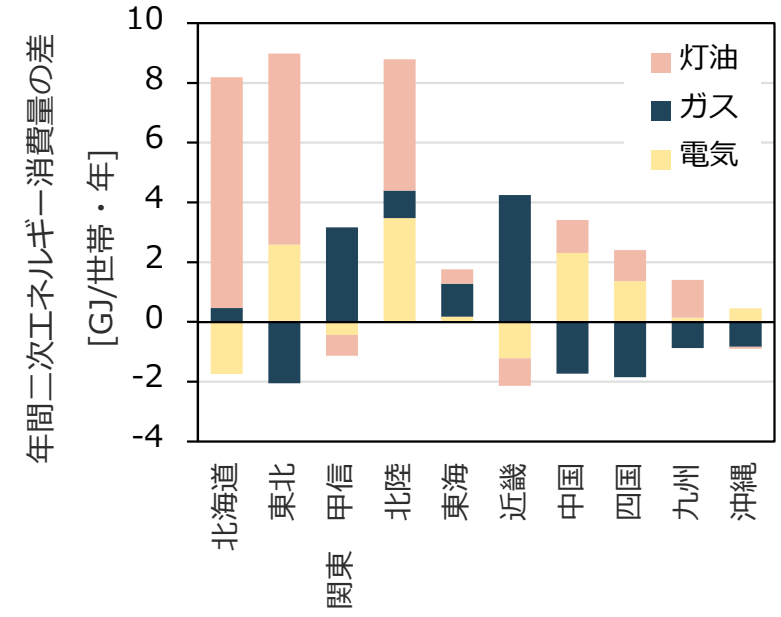
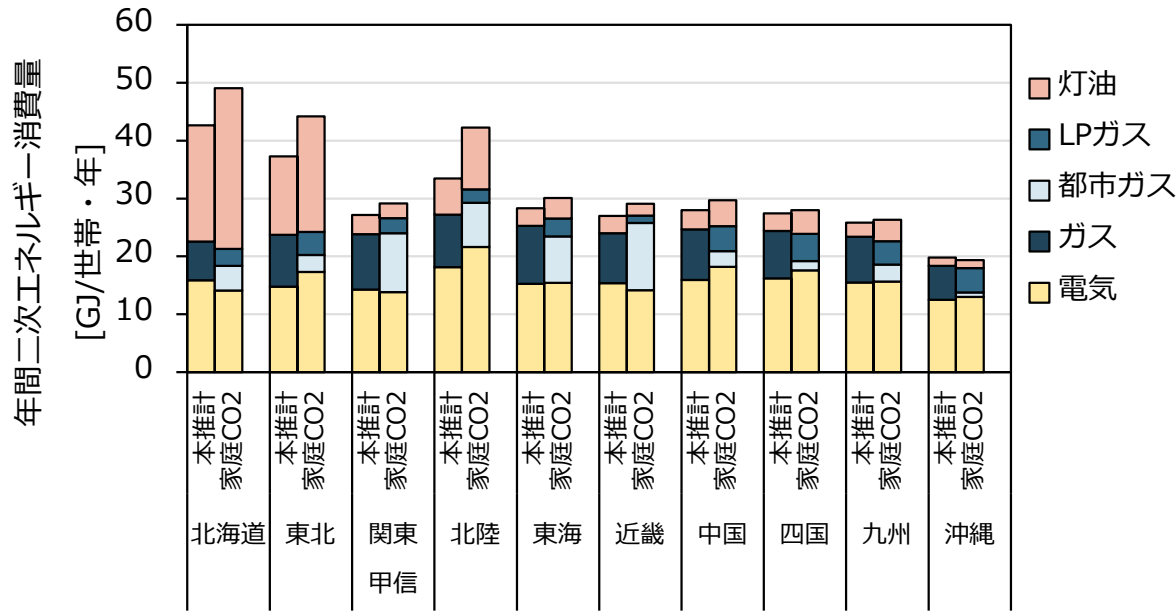
本研究では断熱性能の向上のみを考慮したため、地球温暖化対策計画の進捗状況との比較を適切に行うことができない



# 推計結果 | 家庭CO<sub>2</sub>統計との比較 (2018年度)

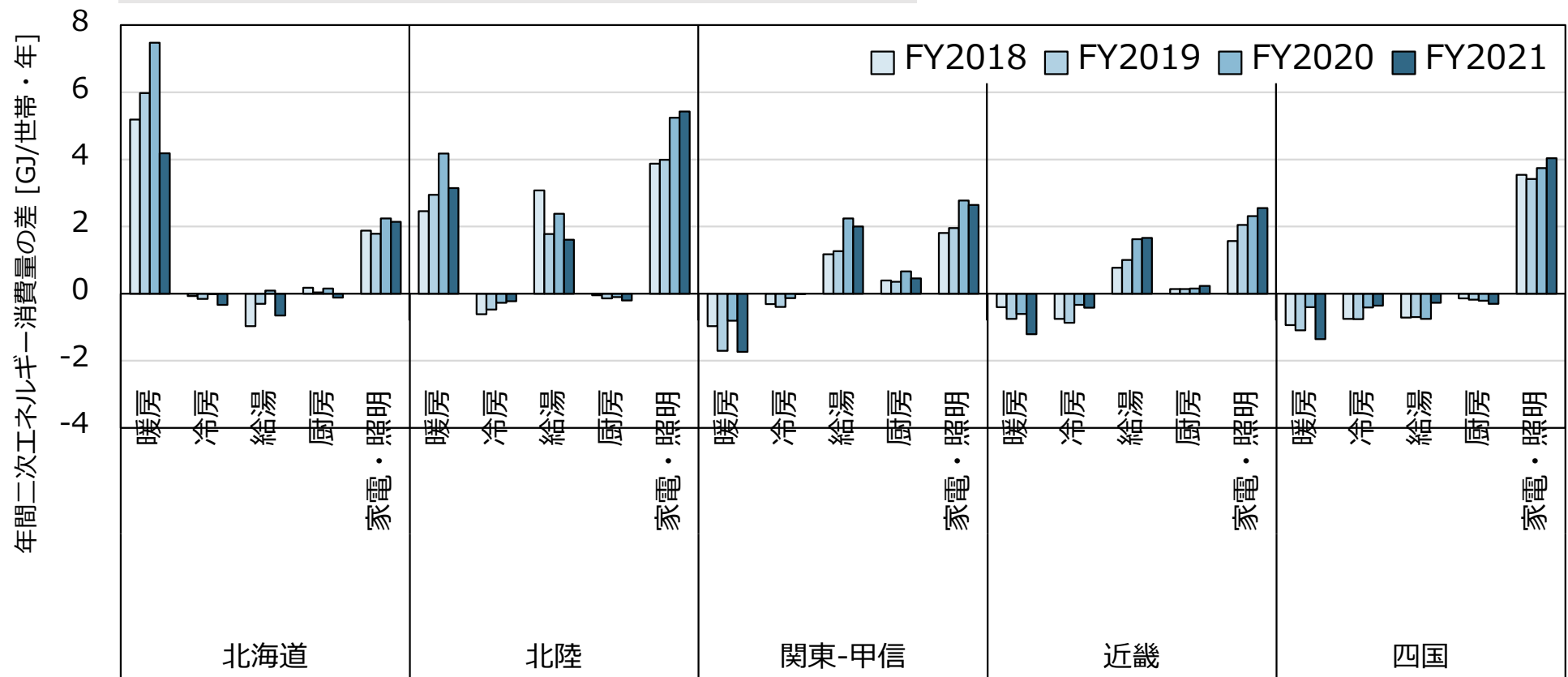
## 年間の世帯平均エネルギー消費量を比較

※年間二次エネルギー消費量の差 = 家庭CO<sub>2</sub>統計 - TREES結果



# 推計結果 | 家庭CO<sub>2</sub>統計との比較 (経年変化)

※年間二次エネルギー消費量の差 = 家庭CO<sub>2</sub>統計 - TREES結果



- **コロナ禍で在宅時間が増加した2020~2021年度付近で大きな乖離**
- 全地域で家電・照明分野で特に乖離 → **TREES未考慮機器** (Wi-Fiルーター、加湿器、ペット設備など)  
**コロナ禍での行動変化の未考慮** (テレワークなど)
- 寒冷地では暖房分野で乖離：**TREES過小** ⇔ その他の地域：**TREES過大**  
→ **TREESにおけるセントラルヒーティングのモデル化、冷暖房使用時間の修正が課題**





# 業務部門 | 開発したエネルギー最終需要モデル

## 類型化と 代表モデル構築

気候区類型



施設用途・業態・  
規模類型

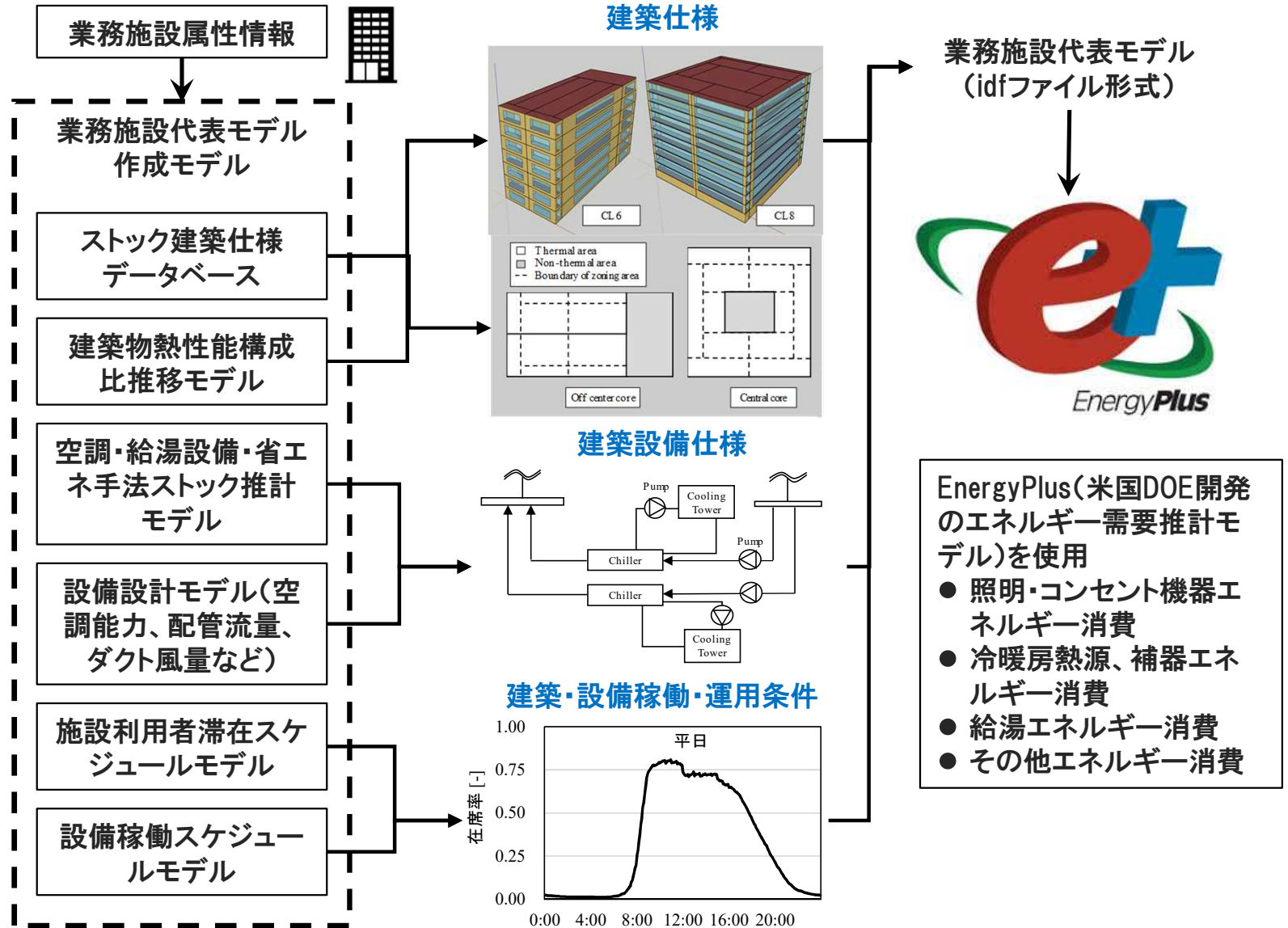


設備構成・省エネ  
手法採用



エネルギー需要  
積み上げ

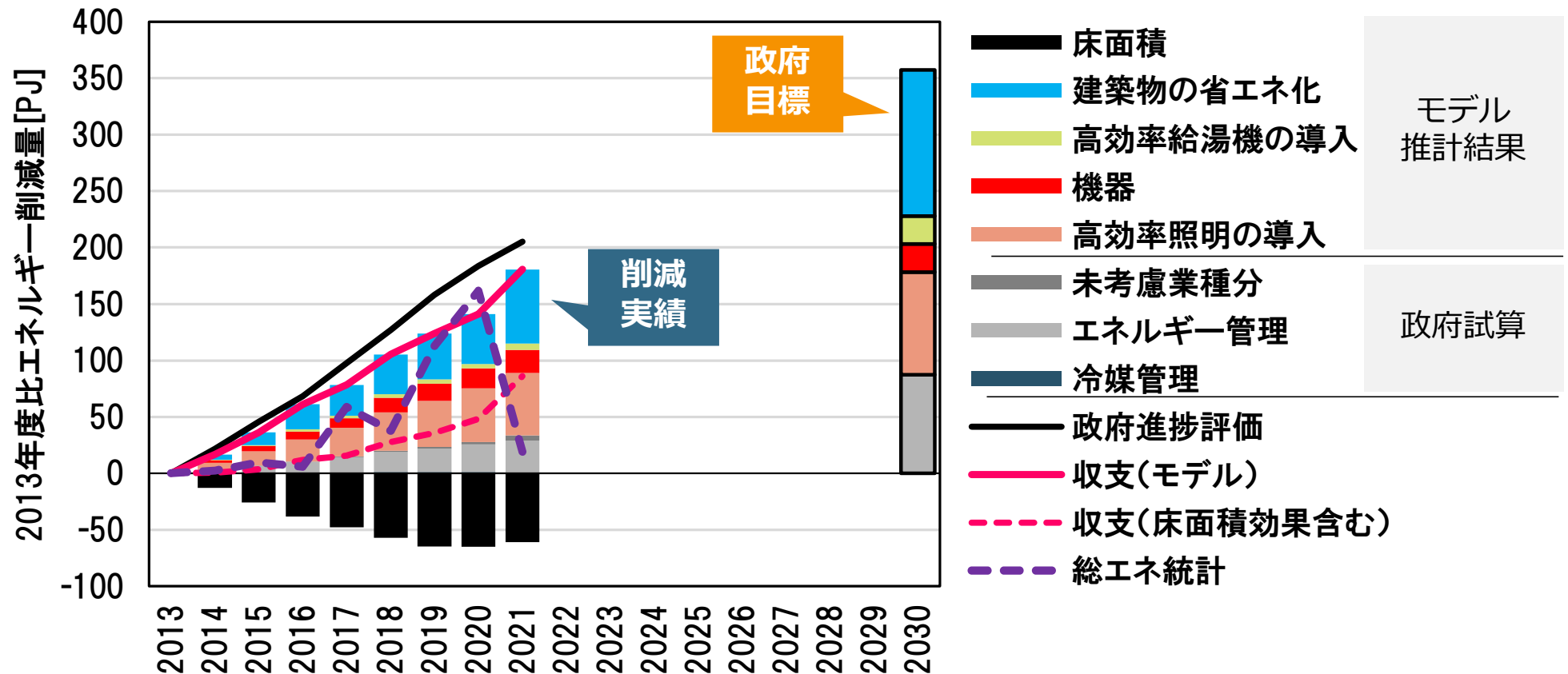
$$\sum_{m=1}^M EUI_m \times TFA_m$$



Yamaguchi Y et al. Building stock energy modeling considering building system composition and long-term change for climate change mitigation of commercial building stocks. Appl Energy 2022;306:117907.

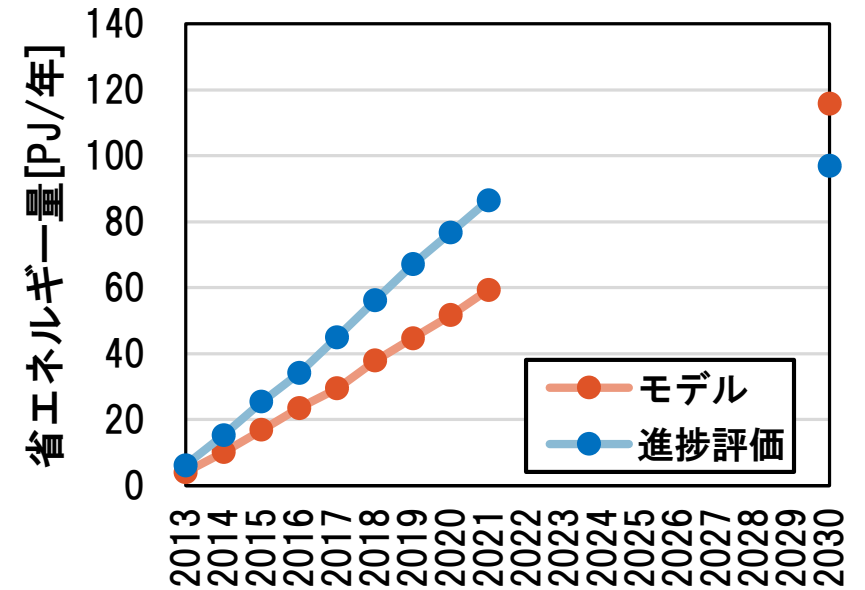
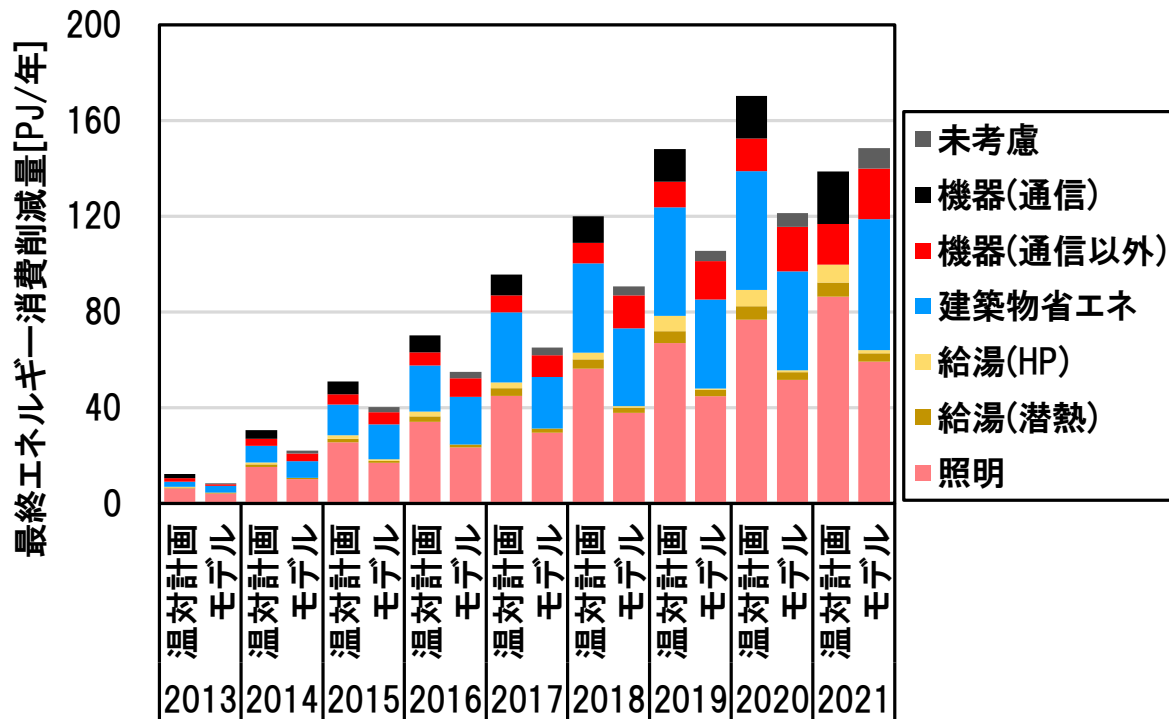


# 業務部門 | 2030年目標に向けた進捗評価



- ✓ 対策別の削減量の積分値を示す。モデルで考慮した対策62%
- ✓ 政府による進捗評価（黒線）と比較すると、モデルでの推計値（赤線）は、若干小さい（主に照明の差異に起因する）。
- ✓ 削減量は政府想定よりも若干小さい程度であるが、床面積増加により削減が相殺されている（点線で収支を示す）。

# 業務部門 | 技術項目別進捗結果に関する比較



対策項目別削減量の比較 (2021年度は進捗評価において建築物省エネが含まれていない)

照明の省エネルギー量

- ✓ 技術項目別の削減量を進捗評価 (温対計画) とモデルの推計結果 (モデル) を比較。
- ✓ モデルでは進捗評価よりも小さく推計された。照明の乖離が最大の要因である。政府推計では、照明工業会の出荷統計より普及を想定しているが、ストックにおける普及速度を過大に見積もっている可能性がある。



# 研究の総括・今後の課題

- ✓シミュレーションモデル上で我が国民生部門のエネルギー消費を再現することにほぼ成功。これまでの温暖化対策計画の進捗評価だけでなく、今後の追加対策の効果の評価にも活用可能
- ✓民生部門の評価に気象要因の分離は極めて重要。
- ✓2021年の評価は、家庭部門では1割程度の遅れがあるが年々改善傾向、業務部門では床面積増加が進捗を一部相殺している。
- ✓家庭CO2統計のようなデータベースはシミュレーションの入力条件設定や結果の比較に極めて有効。業務部門には同種のデータベースが無く、今後整備が期待される。またスマートメータのデータはシミュレーションの精度向上に有効と期待される。

