

[課題番号] 1-2002  
[研究科題名] 社会と消費行動の変化がわが国の脱炭素社会の実現に及ぼす影響  
[体系的番号] JPMEERF20201002  
[重点課題] 主：②ビジョン・理念の実現に向けた研究・技術開発  
副：⑦気候変動の緩和策に係る研究・技術開発  
[行政要請研究テーマ]  
(1-4)地域循環共生圏・Society5.0を踏まえた新たな長期シナリオによる脱炭素社会への道筋の研究  
[研究代表者名] 金森有子（国立研究開発法人国立環境研究所）  
[研究実施期間] 令和2年度（2020年度）-令和4年度（2022年度）  
[研究分担機関] 国立研究開発法人国立環境研究所  
日本電信電話株式会社  
埼玉県環境科学国際センター  
みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社  
京都大学

# 背景

## 気候変動問題に関する目標

世界：全球気温上昇を工業化以前と比べて**2°Cより十分低い水準に抑制**

⇒今世紀後半に**脱炭素社会**

1.5°Cに抑制するには、2050年に二酸化炭素の均衡が必要

日本：**2050年**に温室効果ガス**80%削減**。今世紀後半のなるべく早い時期に**脱炭素社会**を達成

パリ協定

IPCC1.5°C  
特別報告書

長期戦略

## 日本が直面する社会課題

- ・ **少子化・高齡化**  
→労働力不足、買物難民等の高齡者特有の課題
- ・ **経済成長の鈍化**
- ・ **都市への人口集中**  
→地方の過疎化の進行、活力の喪失、都市の生活の質

### 新しい目標

2030年：46%削減  
2050年：脱炭素社会の実現

気候目標達成と  
社会課題解決の  
**両立**

Society5.0

IoTやAIを利用し経済発展と社会課題の解決を両立する社会

地域循環共生圏

地域資源を最大限活用し環境、社会、経済の諸課題の統合的な解決

- どのような社会変化、消費行動の変化が必要か
- 上記社会、消費行動の変化が、気候目標の達成にどのように影響するか？

# 目的

## 研究課題全体の最終達成目標：

Society5.0 や地域循環共生圏の提案を踏まえ、わが国が直面する社会課題の解決と、脱炭素社会の実現を両立させるような社会及び生活・消費構造の変化を定量的に明らかにし、そうした変化を実現させる道筋を評価する

### 個別目標1

わが国の**社会課題の解決と脱炭素社会の達成を両立する生活・消費行動**について、情報通信技術の進展を踏まえた**行動変容シナリオ**の構築。

### 個別目標2

家庭部門を対象に、その他部門との**セクターカップリング**による**再生可能エネルギーの大量導入**を前提とした**脱炭素エネルギーシステムの実現**に向けた技術シナリオの構築。

### 個別目標3

将来における**消費者の行動変容と技術イノベーション**を考慮した**今世紀後半早期2050年**の**脱炭素社会の実現に向けた道筋**の提示。

### 個別目標4

日本の**社会経済シナリオ**と整合し、かつ**地域**（埼玉県）が抱える**社会課題、地域資源**を踏まえた**脱炭素社会シナリオ**の作成。

# 研究科題名：社会と消費行動の変化がわが国の脱炭素社会の実現に及ぼす影響

モデル・ツール

定量的な結果

## サブテーマ1：

脱炭素社会達成と社会課題解決に向けた個別課題分析(国環研、NTT、埼玉県環境科学国際センター)

### (1-2) ICTシナリオ作成

- ・ 将来のICTサービス普及シナリオの作成
- ・ マクロ評価を踏まえたICTサービスの道筋の検討

ICTサービス普及

生活に影響を与えるICTサービスとは？

### (1-1) 消費行動分析

- ・ 高齢化や地方の活力喪失等の社会課題解決に向けた消費行動の変化とそれに伴う社会の変化の分析

家庭エネルギーサービス  
需要モデル

家庭エネルギー  
サービス需要

消費行動分析モデル

地域の視点から、望ましい生活・消費行動

日本全体の消費行動の変化

### (1-3) 地域分析

- ・ 埼玉県を対象に地域の社会個別課題を解決し脱炭素社会を達成するような社会像の提示

日本全体と整合した地域社会像

スナップショットツール

ダウンスケール  
ツール

## サブテーマ2：

日本の脱炭素社会シナリオの定量評価(みずほリサーチ&テクノロジーズ、京都大学)

### (2-1) 日本の技術モデル開発

- ・ 需給構造を踏まえた再生可能エネルギーの供給ポテンシャルの推計
- ・ 脱炭素社会に向けた技術普及とエネルギー需要

再エネポテンシャル推計モデル

再エネ需給構造分析モデル

エネルギー需要モデル

生活エネルギー需給モデル

再エネ供給量

技術普及

家庭エネ需要

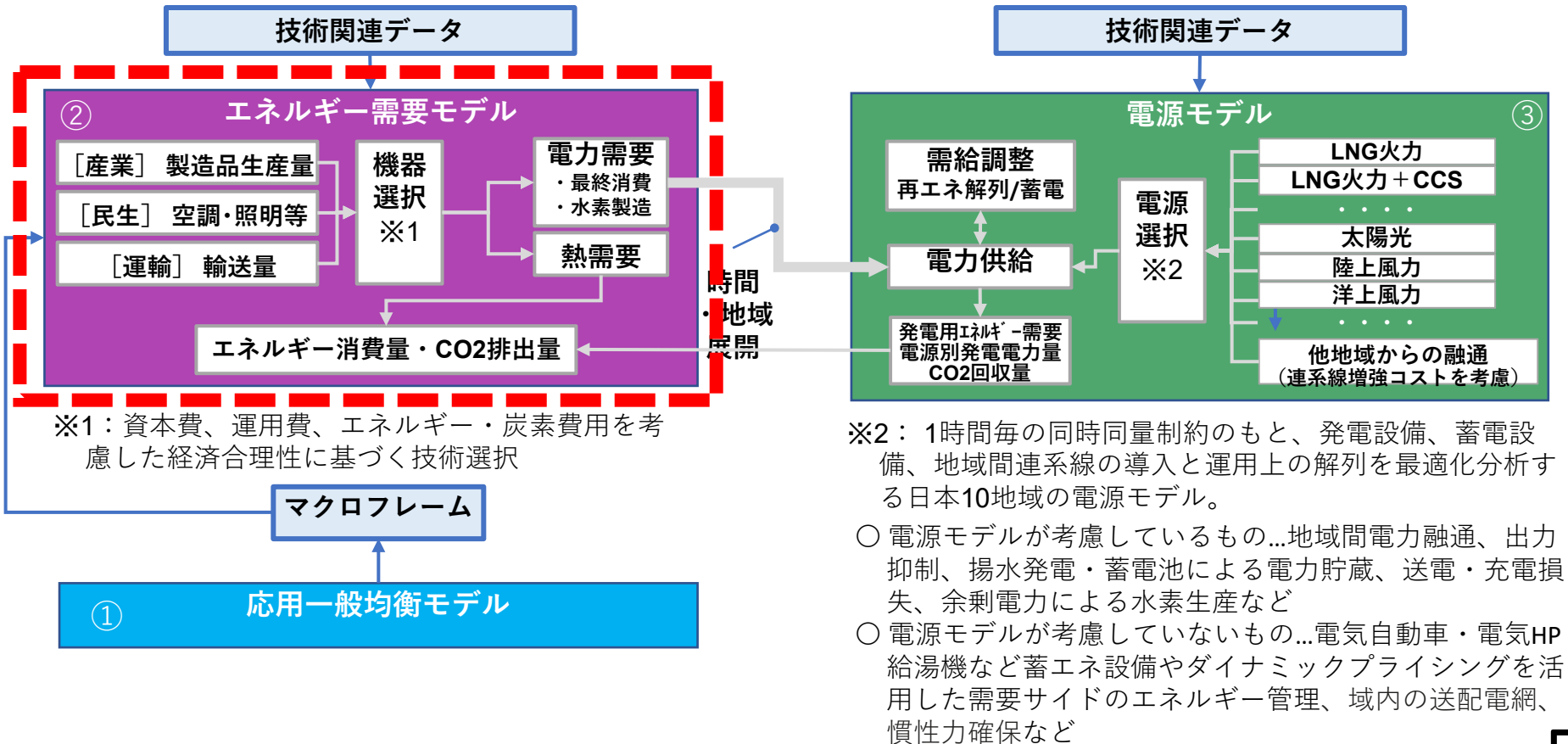
### (2-2) 脱炭素社会へ向けた道筋の検討

- ・ 我が国全体の脱炭素社会と社会課題解決に向けた道筋の提示

応用一般均衡モデル

マクロ評価

- 経済成長率や人口の想定を所与として、応用一般均衡モデルを用いて、将来におけるマクロフレームを設定(①)。続いて、エネルギー需要モデルにより、将来のエネルギー需要量を推計(②)。②で推計した年間電力需要量を1時間毎の地域別需要量に展開し、同時同量制約や地域間連系線制約を考慮できる費用最適化型電源モデルで発電設備構成及び供給構成を推計(③)。その結果をエネルギー需要モデルにフィードバックし、日本の全体のエネルギー需給量、CO<sub>2</sub>排出量を算定。



# 分析に用いた3つのシナリオ

- 本分析では、3つのシナリオを想定し、それぞれについて2050年までの排出経路を推計した。1) 効率改善、再エネ普及は進展するものの、2030年以降、革新的技術の実装が十分に進展しないことを前提とした「脱炭素技術普及進展シナリオ」、2) 1)に加えて、2030年以降に革新的な脱炭素技術の大規模展開が進展することを前提とした「革新的技術普及シナリオ」、3) 2)に加えて、社会変容による財や輸送の需要の低減を織り込んだ「社会変容シナリオ」を設定。

## A 「脱炭素技術進展シナリオ」 (技術進展)

エネルギー効率改善、再生可能エネルギー技術について2030年まで計画通りに普及が進み、2030年以降もその速度で普及が進展。一方で、2030年以降に加速度的に大規模展開されることが期待される革新的脱炭素技術については、その展開が十分に進まないことを想定。

### <GHGネットゼロシナリオ>

## B 「革新的技術普及シナリオ」 (革新技術)

Aに対して、2030年以降に加速度的に大規模展開されることが期待される革新的な脱炭素技術の展開も十分に進展し、2050年GHG排出ネットゼロを実現するシナリオ。

## C 「社会変容シナリオ」 (社会変容)

Bに加えて、デジタル化・循環経済の進展などの社会変容に伴って、人々の効用等を維持または向上させつつ財や輸送の需要が低減することを織り込んだシナリオ。2050年GHG排出ネットゼロを実現。

2030年以降の大規模展開を想定した革新的な脱炭素技術

- ・ 新燃料（水素、合成燃料、アンモニア）
- ・ バイオ燃料の利用拡大
- ・ PV・洋上風力の更なる大量普及
- ・ 貨物自動車の電動化の進展
- ・ HP機器の更なる普及
- ・ 発電・産業におけるCCUS実装
- ・ ネガティブエミッション技術

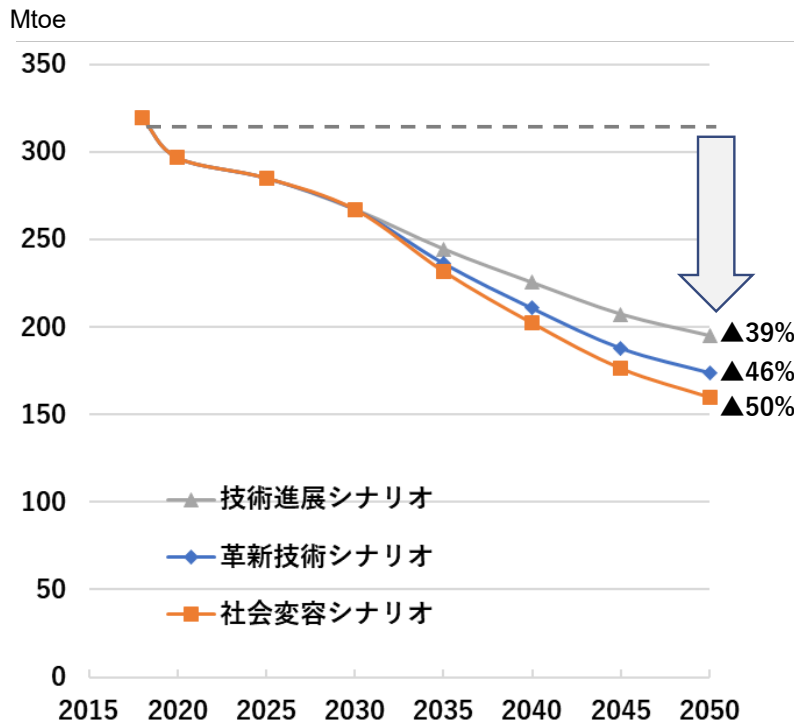
想定した社会変容

- ・ マテリアルの効率的利用：シェアリング、長寿命化、循環利用、省資源設計など
- ・ 業務・通勤移動の低減：ICTによる移動需要の代替など
- ・ 貨物輸送の低減：マテリアルの効率的な利用による貨物輸送の低減など

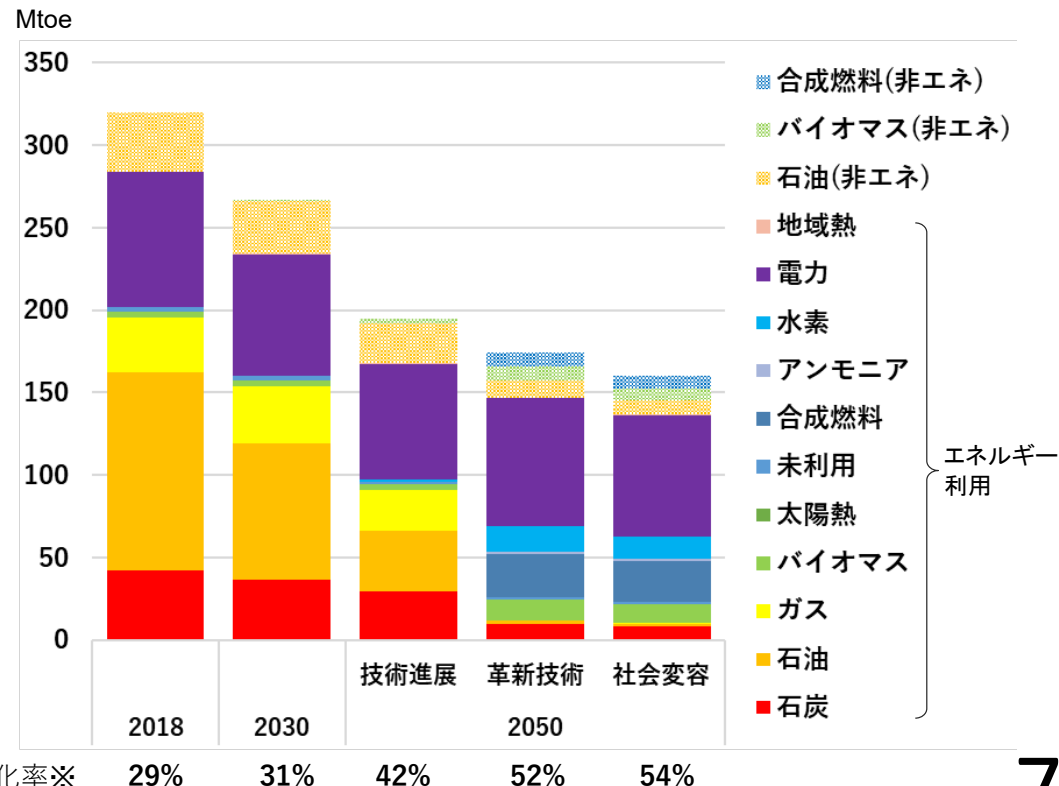
# 脱炭素社会実現に向けた分析結果 最終エネルギー消費量

- 2050年最終エネルギー消費量はシナリオによって、39%、46%、50%低減（2018年度比）。
- 2050年のエネルギー種構成については、技術進展シナリオでは化石燃料が現状の半分程度の量が残存している。一方、革新技術・社会変容シナリオでは、電化率の増加、合成燃料や水素の利用拡大によって化石燃料の消費は一部の用途に限られる。2050年の電化率は技術進展シナリオで42%、革新技術・社会変容シナリオで52%、54%である。

【最終エネルギー消費量の推移】



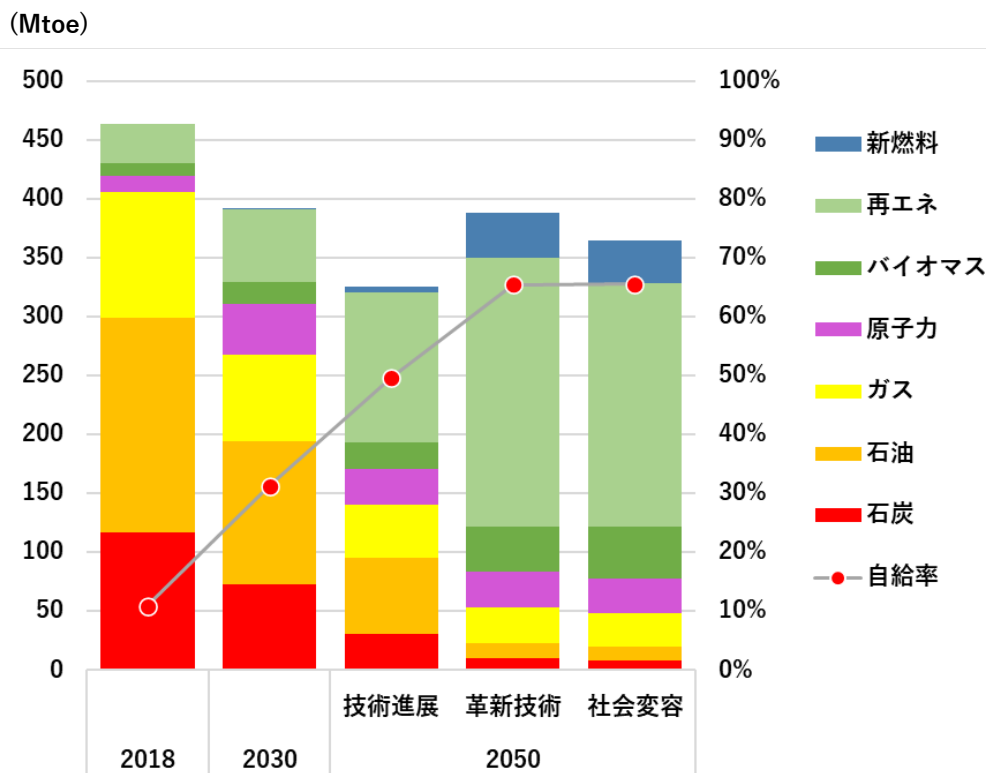
【最終エネルギー消費量・シナリオ別×エネルギー種別】



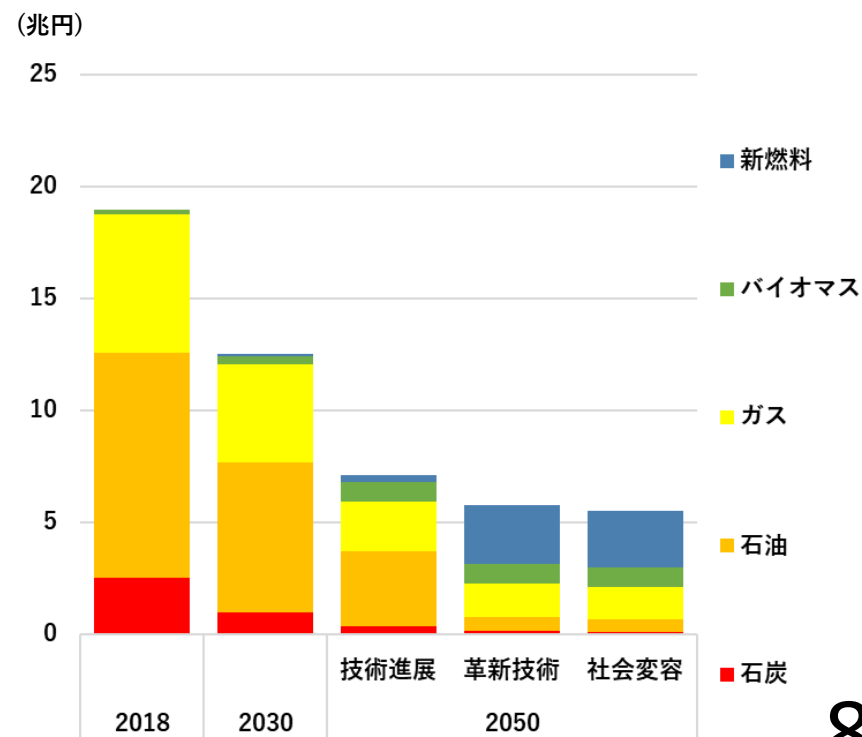
# 一次エネルギー国内供給

- 一次エネルギー国内供給は、現状は化石燃料が8割以上を占めるが、2050年には再生可能エネルギーが7割程度を占める。2018年11%のエネルギー自給率は2050年革新技術・社会変容シナリオでは66%となり、大幅に改善。
- 2018年のエネルギー純輸入額は19兆円程度であるが、化石燃料に対する依存の低下によって輸入額は2050年には約10兆円以上低下する。
- 技術進展シナリオとネットゼロCNシナリオを比較すると、更なるCO<sub>2</sub>の削減は自給率の向上につながる。一方で、輸入額については、新燃料の一定程度輸入に依存することもあって両者に大きな差はない。

【一次エネルギー国内供給】



【エネルギー輸入額】

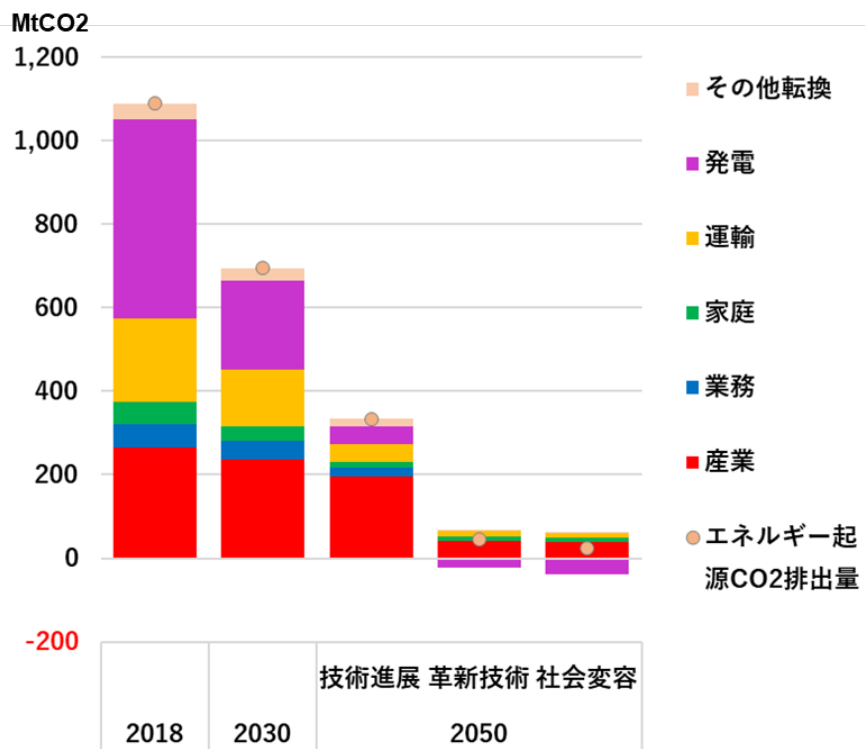




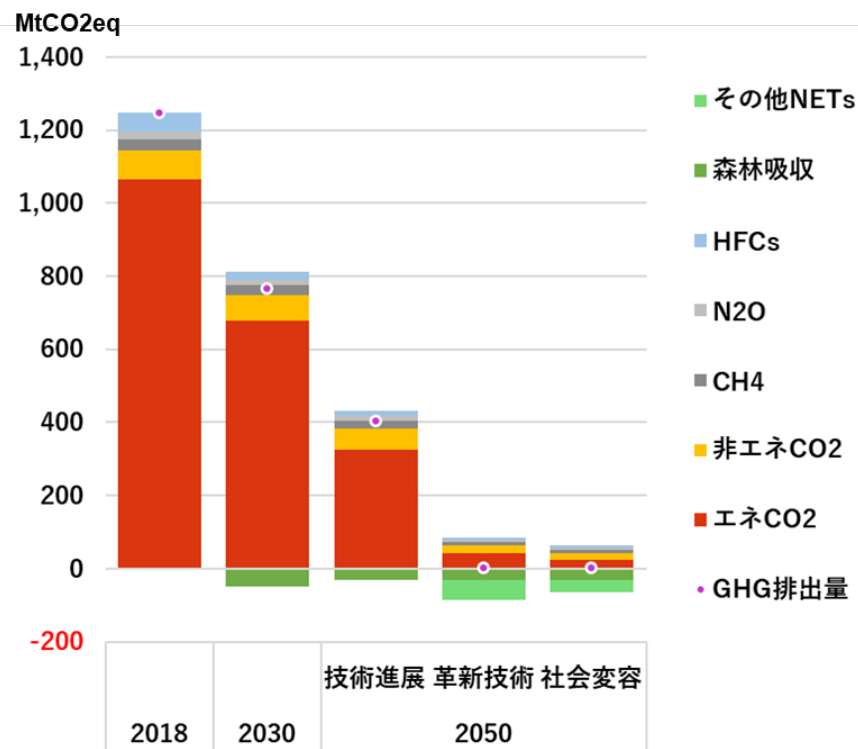
# エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量・GHG排出量

- エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量は2050年の技術進展シナリオでは全ての部門において化石燃料消費が残存し、300MtCO<sub>2</sub>を超える排出がある。革新技術・社会変容シナリオにおいてはBECCSの導入もあり、発電部門において排出がマイナスに転じるが、化石燃料由来の炭素を含む合成燃料の消費もあり、全体としてCO<sub>2</sub>排出量が残存する。
- GHG排出量においてはエネルギー起源CO<sub>2</sub>以外のガスにおいても排出量が残存するが、森林吸収などのネガティブ排出対策によってオフセットされ、ネットゼロ排出となっている。

【エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量】



【GHG排出量】



# ライフスタイルシナリオとICTの普及

- 今後日本が直面する様々な社会問題を、ICT等の技術の進展や住まい方の工夫により克服した姿を脱炭素社会のライフスタイルシナリオとして記述。
- 叙述シナリオをもとに、将来の個人消費行動の変化による環境影響を評価するため、消費行動に与える一要素としてICTの普及率・利用頻度を推計。

## ◆ライフスタイルシナリオ

高齢化や過疎化の進展等の社会問題への対応と生活の利便性の向上の観点から、ICTやIoTがさらに普及し、生活の様々なシーンで利用される。例えば、**買い物**はオンラインショッピング、**医療や教育、役所・銀行・その他の事務的なサービスもオンラインサービスの利用が増加**する。このようなオンラインサービスは人口密度が減少し分散的に暮らす地域の人や高齢者にとって、生活の利便性や快適性を担保する重要なインフラとなる。ICTの技術進展は、より現実味のある意思疎通を可能にするが、直接人と人が意思疎通することの必要性、重要性が認識されることから、人々が分散的に住む地域には**生活サービスの拠点づくりが進み、拠点の利用とオンラインサービスの利用が併用**される。また、**自動運転技術**が使われるようになり、特に過疎地域の高齢者の移動の中心的な役割を果たす。働き方は、在宅勤務等のリモートワークが普及する。日常生活では、IoT家電の普及やオンラインサービスの利用により無駄が減ることから、家庭のエネルギーサービス需要が下がる。さらに、ICTの利用は教育や就業の選択の幅が広がり、貧富の差や地域格差を是正することが可能になる。一方、移動や家事に伴う運動が減少することによる健康への悪影響が懸念されるため、ウォーキング等の体力維持の趣味を持つ、あえて家事を自分で行う等の工夫がみられる。



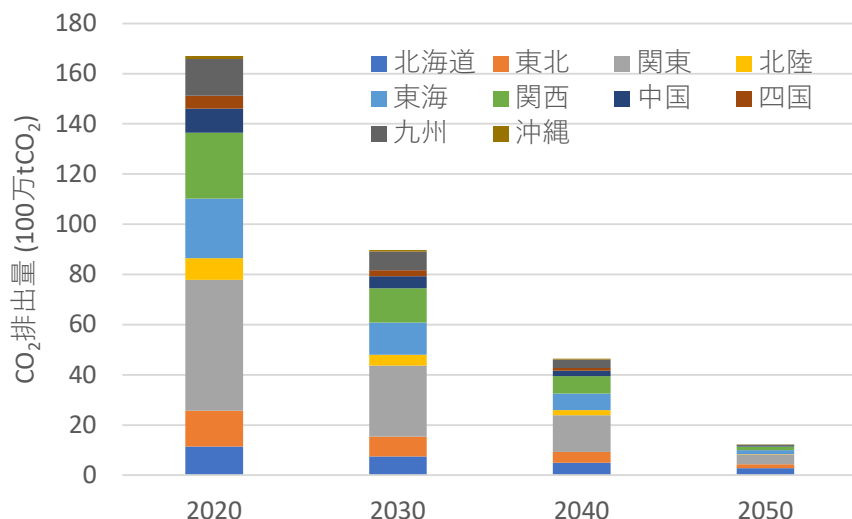
日本全国における市場規模の推移を技術普及曲線（ロジスティック曲線）で外挿し、2050年までの値を算定

ICTサービス	2020年		2050年	
	普及率*	市場規模 (億円)	普及率	市場規模 (億円)
宅配注文	32.3%	6,246		11,551
光熱センサー (HEMS含む)	1.1% (2019年)	263	100% (政府目標)	
フリマアプリ	54.7%	6,055		45,278
乗り物の シェアリング	32.8%	2,313		22,315
オンライン ショッピング	78.4%	192,779		267,582

# 家庭部門で脱炭素を実現するために重要な対策とは？

- 家庭部門を対象に、10地域別の気候及び社会経済状況、機器情報を踏まえて、2050年までのエネルギーサービス需要及びCO<sub>2</sub>排出量を推計した。また、本研究で想定した機器分担率、機器効率、エネルギーサービス需要の想定が推計結果に与えた影響を分析した。
- 北海道や東北では他の地域と比較して排出削減率が小さくなった。
- 2050年までに家庭部門のCO<sub>2</sub>排出量削減に最も貢献するのは電化となった。また、エネルギーサービス需要の削減も脱炭素社会の実現に向けては重要な要素であり、サービス需要が削減できるような生活の見直しが求められる。

【家庭部門の地域別CO<sub>2</sub>排出量】



北海道や東北では寒冷地特有の灯油に依存した住宅が多く、2050年までに灯油→電気とすることが困難。

【本研究で想定した主要な変化（機器分担率、機器効率、エネルギーサービス需要）を2015年で固定した時のCO<sub>2</sub>排出量】

単位:	Case1	分担率	機器効率	エネルギーサービス
100万tCO <sub>2</sub>		2015固定	2015固定	2015固定
2020	181	188 (104%)	190 (105%)	174 (96%)
2025	141	156 (110%)	157 (111%)	139 (98%)
2030	100	124 (124%)	117 (118%)	103 (103%)
2035	75	103 (138%)	90 (121%)	81 (108%)
2040	52	84 (162%)	64 (124%)	59 (114%)
2045	30	66 (218%)	39 (127%)	37 (121%)
2050	11	50 (473%)	14 (130%)	15 (138%)

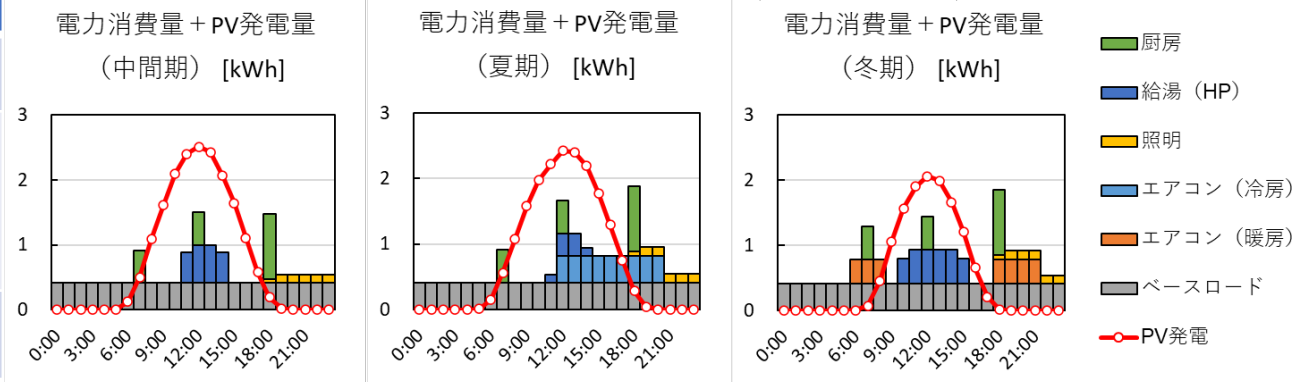
※( )内の数字は、Case1との比較を表す。

# 一家庭における技術選択のシナリオ分析

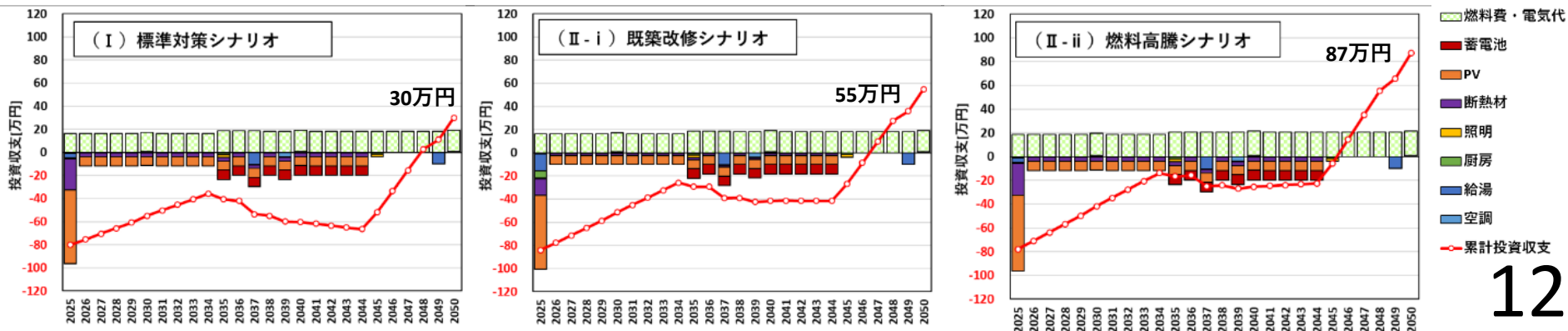
- 一家庭における住宅内のエネルギー消費のほか、太陽光パネルによる自家発電や蓄電池・ヒートポンプ給湯機を用いた蓄エネを考慮したエネルギー需給量を推計し、将来のCO<sub>2</sub>排出量、脱炭素投資額および省エネ・創エネによるコストメリットを各年で推計する生活エネルギー需給モデルを開発した。
- 特に太陽光パネルによる自家発電の影響により、2050年までに省エネ・創エネによるコストメリットのみで脱炭素投資を回収することが可能であることが示された。既築改修シナリオでは標準対策シナリオよりも断熱材の導入量が少なく、その分投資額が抑えられることから、標準対策シナリオよりも大きくなった。

シナリオ名	対象住宅	標準対策シナリオとの違い
(I) 標準対策シナリオ	戸建住宅 (新築)	-
(II-i) 既築改修シナリオ	戸建住宅 (既築)	<ul style="list-style-type: none"> <li>壁体の断熱改修は考慮せず、窓のみ高断熱なものへの交換を考慮。</li> <li>ヒートポンプ給湯器とIHコンロの導入時に、ガス管の撤去・電線の配線のための工事費用を考慮。</li> </ul>
(II-ii) 燃料高騰シナリオ	戸建住宅 (新築)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガス価格が高位 (2023年1月水準相当) で推移することを想定。</li> </ul>

【一家庭における一日のエネルギー需要家曲線 (ロードカーブ) の想定】



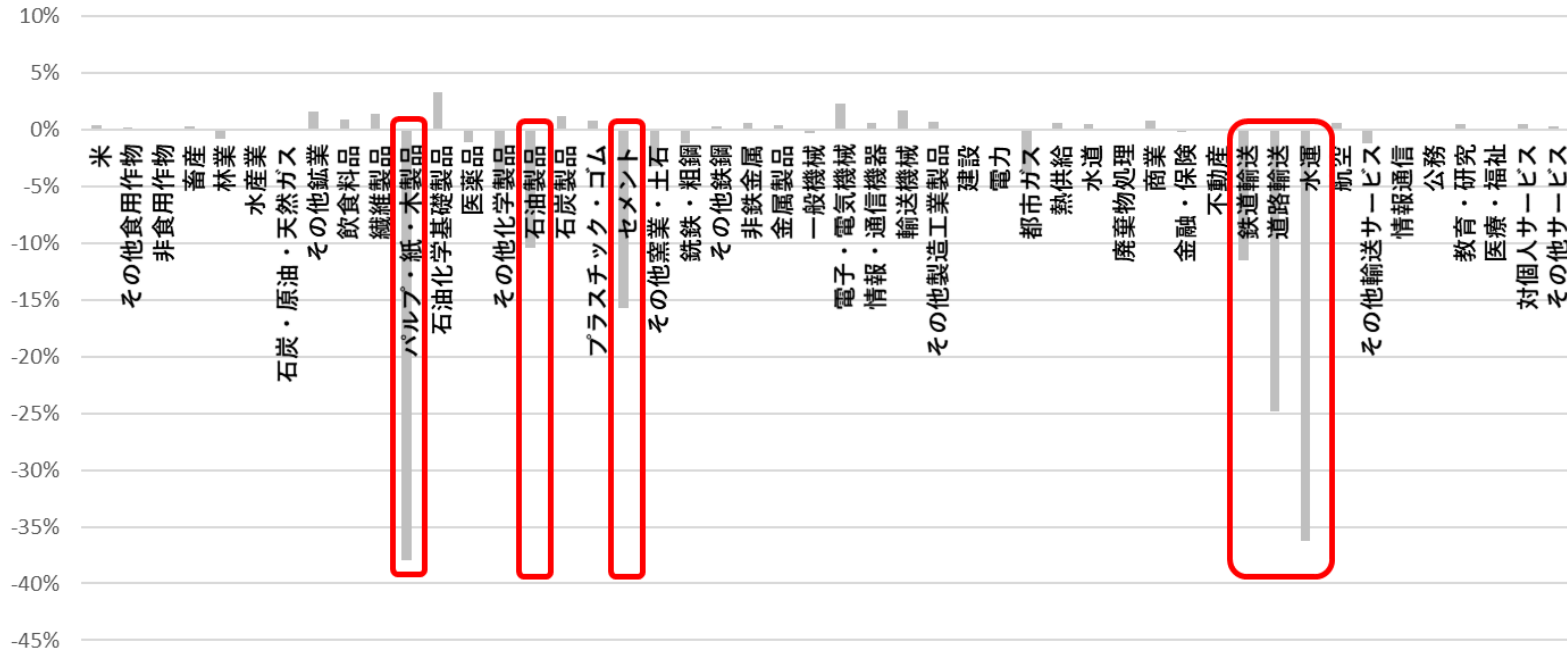
【一家庭における各年の脱炭素投資と得られるコストメリット】



# ICTの普及効果の長期予測

- 農業、製造、運輸、教育、社会インフラ、生活など十数分野において将来普及が見込まれるICTサービス／技術について、これらのICTサービス／技術の普及による直接的な効果を定量化し、応用一般均衡モデルに入力し、2050年までのICT導入による環境・経済へ影響を推計。
- 2050年にBAUシナリオと比較し、ICT成り行きシナリオでは、GHG排出量が約6%削減、GDPが1%弱増加。
- 内訳として、移動削減とインフラの長寿命化（建設抑制）につながるICTサービスは、GHG排出削減への貢献が大きい。
- 部門別GHG排出削減量について、輸送部門や石油製品、セメント、パルプ製品部門の排出削減率が特に大きい。これらの分野の需要削減に繋ぐICTの普及加速は、今後の日本全体の脱炭素に重要な役割を果たすことが示唆された。

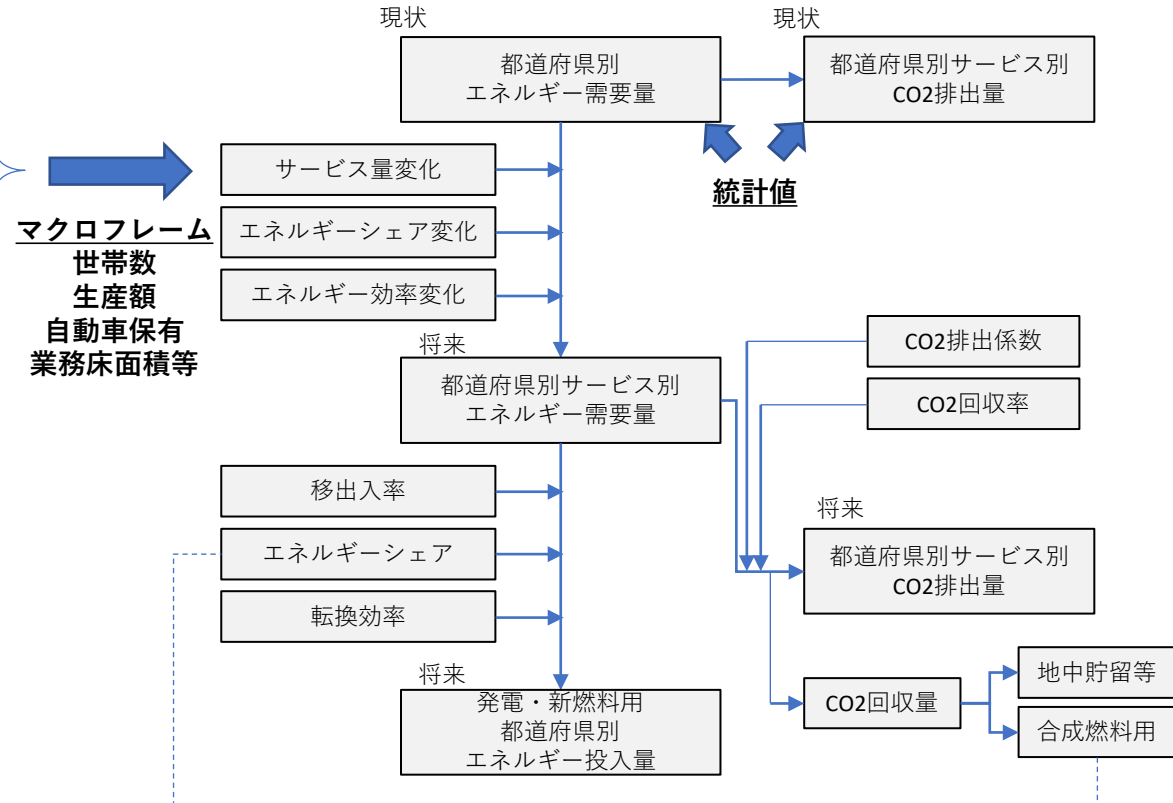
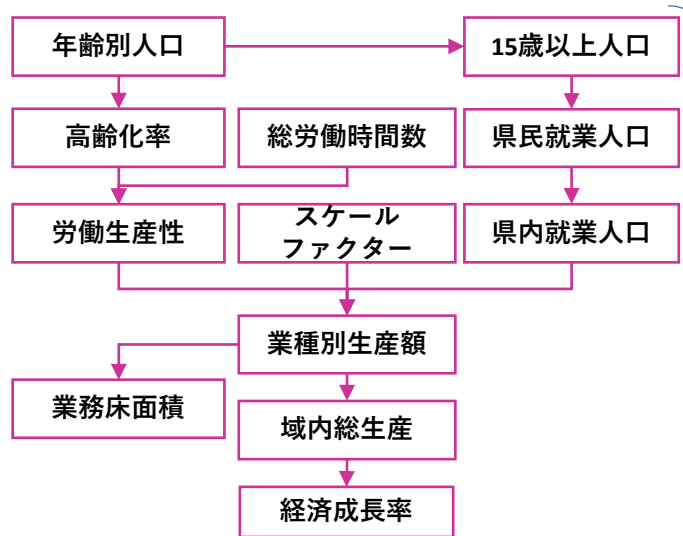
【ICT導入による部門別のGHG排出変化率（BAU=1）】



# 埼玉県のCO2排出量削減策分析結果

- 日本SSP人口シナリオを計量経済モデルに入力し、埼玉県を含む1都6県の業種別生産額(30区分)を2050年まで推計。その推計結果に基づき、埼玉県の将来CO<sub>2</sub>排出量推計のためのマクロフレームを策定。
- 考慮する対策種やその導入強度について、日本全体の脱炭素社会シナリオを参考にし、前述のマクロフレームをもとに、AIM/ExSSを用いて埼玉県における脱炭素社会像を推計。

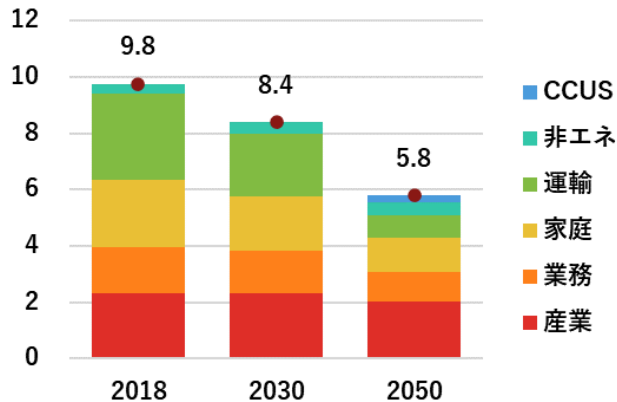
## <1都6県マクロ計量モデル>



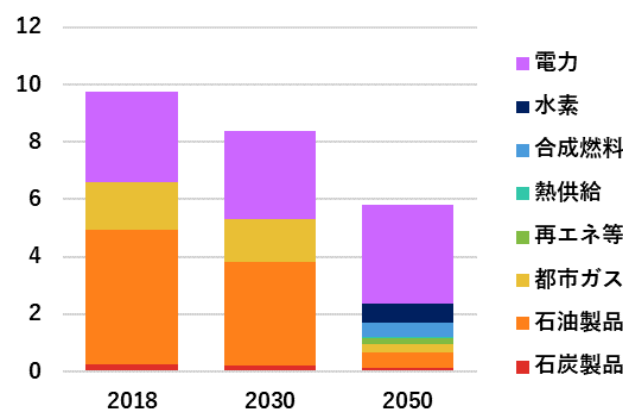
# 埼玉県のCO<sub>2</sub>排出量削減策分析結果

- 最終エネルギー消費量は2030年▲14%、2050年▲41%低減。エネルギー種構成は電力比率の増加、化石燃料消費の大幅削減、合成燃料の利用拡大。
- CO<sub>2</sub>排出量は2013年比 2030年40%以上削減、2050年はネットゼロを達成。
- 発電、セメント生産、廃棄物焼却由来のCO<sub>2</sub>回収及びその利用・処分が必要

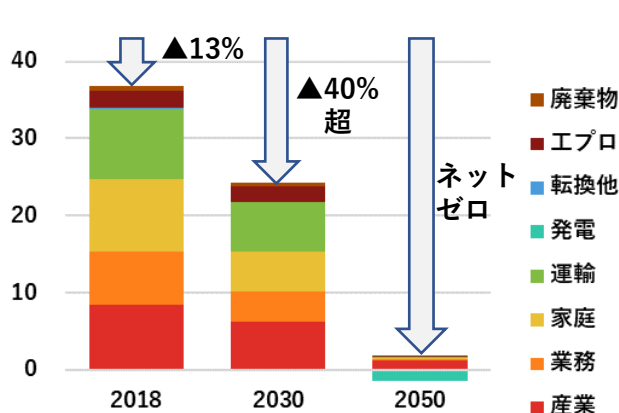
【部門別 最終エネルギー消費量 (Mtoe)】



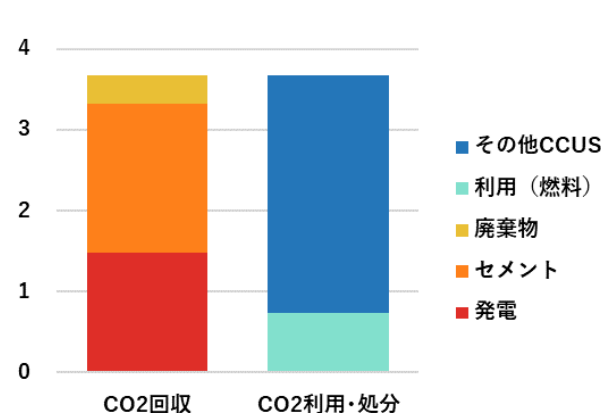
【エネルギー種別 最終エネルギー消費量 (Mtoe)】



【部門別 CO<sub>2</sub>排出量 (MtCO<sub>2</sub>)】



【CO<sub>2</sub>回収・利用・処分量 (MtCO<sub>2</sub>)】



# 環境政策等への貢献

- 環境省地球環境局総務課脱炭素社会移行推進室を通じて、資源エネルギー庁から、2050年の日本を対象とした脱炭素社会に関する分析結果を、総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会において報告するように依頼を受け、エネルギー基本計画の策定に貢献。

## ○総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会

第34回 2020年12月14日 スナップショット型モデルによる分析結果報告

第44回 2021年6月30日 複数モデルの組み合わせによる分析結果報告

第45回 2021年7月13日 上記分析結果に関する資料提出

- 中央環境審議会 地球環境部会 カーボンプライシングの活用に関する小委員会**に分析の報告を行い、当該小委員会の中間とりまとめの作成に貢献。

第16回 2021年6月21日 カーボンプライシング導入による排出削減効果と経済影響分析の報告

- 中央環境審議会 地球環境部会 地球温暖化対策計画フォローアップ専門委員会**に分析の報告を行い、脱炭素社会に向けた対策の方向性の議論の活発化に貢献。

第5回 2023年4月28日 2050年脱炭素社会実現に向けた排出経路分析

- 埼玉県を対象とした分析結果は、埼玉県の温暖化対策課と共有し、**埼玉県の地球温暖化対策実行計画の見直し**に活用された。
- AIM/Technology [Japan]による日本のシナリオ分析結果は、国内外のモデル比較研究を通じて、**IPCC第6次評価報告書（AR6）WG3**のシナリオデータベースに提出。



# 研究目標の達成状況

	研究目標の達成状況
全体目標	目標を上回る成果を上げた
サブテーマ1	目標通りの成果をあげた
サブテーマ2	目標を上回る成果を上げた

## 研究目標の達成状況についての理由・根拠

- **サブテーマ1**：研究課題全体の最終達成目標を踏まえて設定したサブテーマ1に関連する個別目標を全て予定通り実施できたため。
- **全体目標及びサブテーマ2**：本推進費実施期間中に温室効果ガス削減に関する新しい目標が設定され、当初想定していた前提などを更新、深掘りするなどの追加的な業務に対応して分析を実施したため。

# 研究成果の発表状況

- 査読付き論文（国内誌4件、国際誌8件）
- その他の誌上発表（国内誌13件）
- 口頭発表（国内16件、国外15件）
- 国民対話（24件）
  - ※うち1件は、推進費2-1908、1-2003と共同で実施した  
国民対話シンポジウム「日本の2050年脱炭素社会」
- 新聞・雑誌記事等（2件）
- その他の成果発表（2件）