

地域の脱炭素化計画支援のための ツール開発と具体地域への適用

芦名 秀一

国立研究開発法人国立環境研究所

社会システム領域脱炭素対策評価研究室・室長

本発表は、文部科学省の「大学の力を結集した、地域の脱炭素化加速のための基盤研究開発」とともに、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(1-2003・1-2305)、国立環境研究所持続可能・地域共創研究プログラムにより得られた研究成果をもとに取りまとめたものである。関係各位に感謝申し上げます。

脱炭素未来研究シンポジウム～地域の脱炭素化と大学の役割～
2024年6月3日(月)13:00-16:00 北九州国際会議場 国際会議室 / Zoom

脱炭素シナリオ サブワーキンググループの全体像

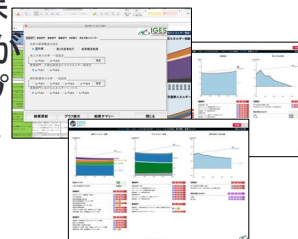
国や地方自治体等の政策決定を支援するためのモデル・ツール等の枠組み構築

本事業の
他WG等含
めた取り組
み・成果

①地域シナリオの
自治体での利用

Webプラットフォームの構築

地域の診断、強みと課題を特に地方自治体がWeb上で検討できるプラットフォーム(脱炭素地域ナビ)を構築



各WGの先導
パイロット事
業地域等
での展開

②シナリオ・モデルの
政策決定への活用

アジア諸国の
大学・研究機
関を中心とし
た成果の発信

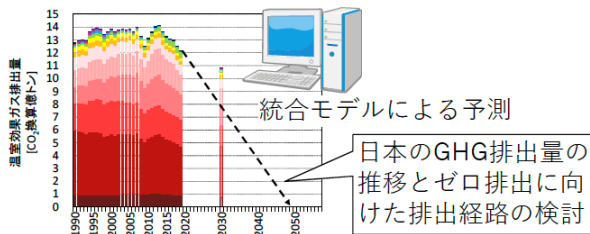
地域・企業脱炭素シナリオ開発に向けた議論

地域・企業の脱炭素シナリオ開発に求められる情報、論点及び指標の整理

中国・韓国・インド・タイ・インドネシア・マレーシア・ベトナム・ネパール・台湾 など

脱炭素シナリオ・モデルの比較に基づく政策支援枠組みの構築

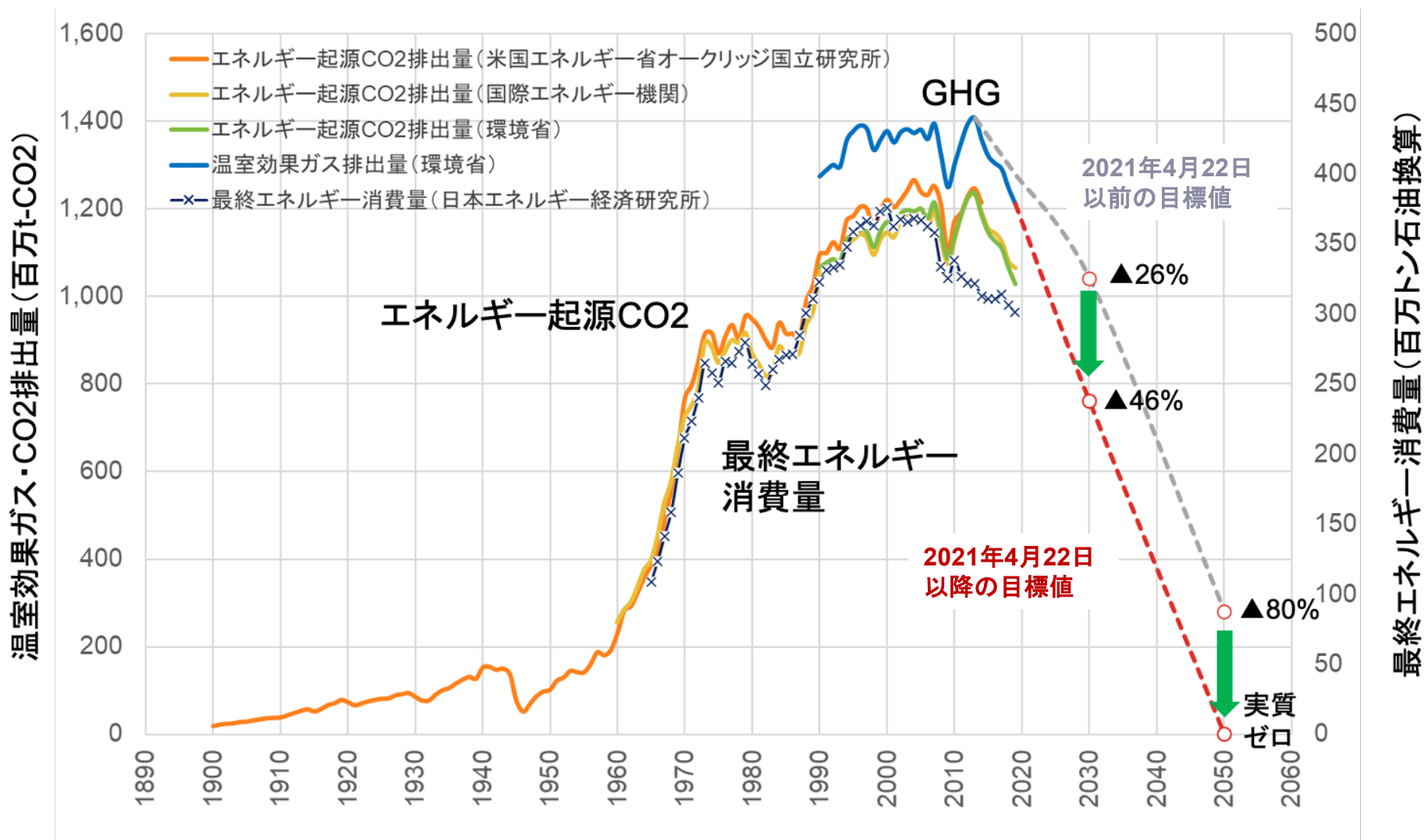
国の脱炭素モデル・シナリオ研究の成果の政策決定への活用・社会実装に向けた情報の整理や検討事項の議論



国・地域・企業等でのシナリオ構築と科学的知見に基づく政策決定の実現に貢献

日本の温室効果ガス排出量の推移と将来排出目標

- 2013年をピークに温室効果ガス全体(GHG)、CO2ともに減少傾向にある。
- 2050年脱炭素には大胆な削減の取り組みが必須。

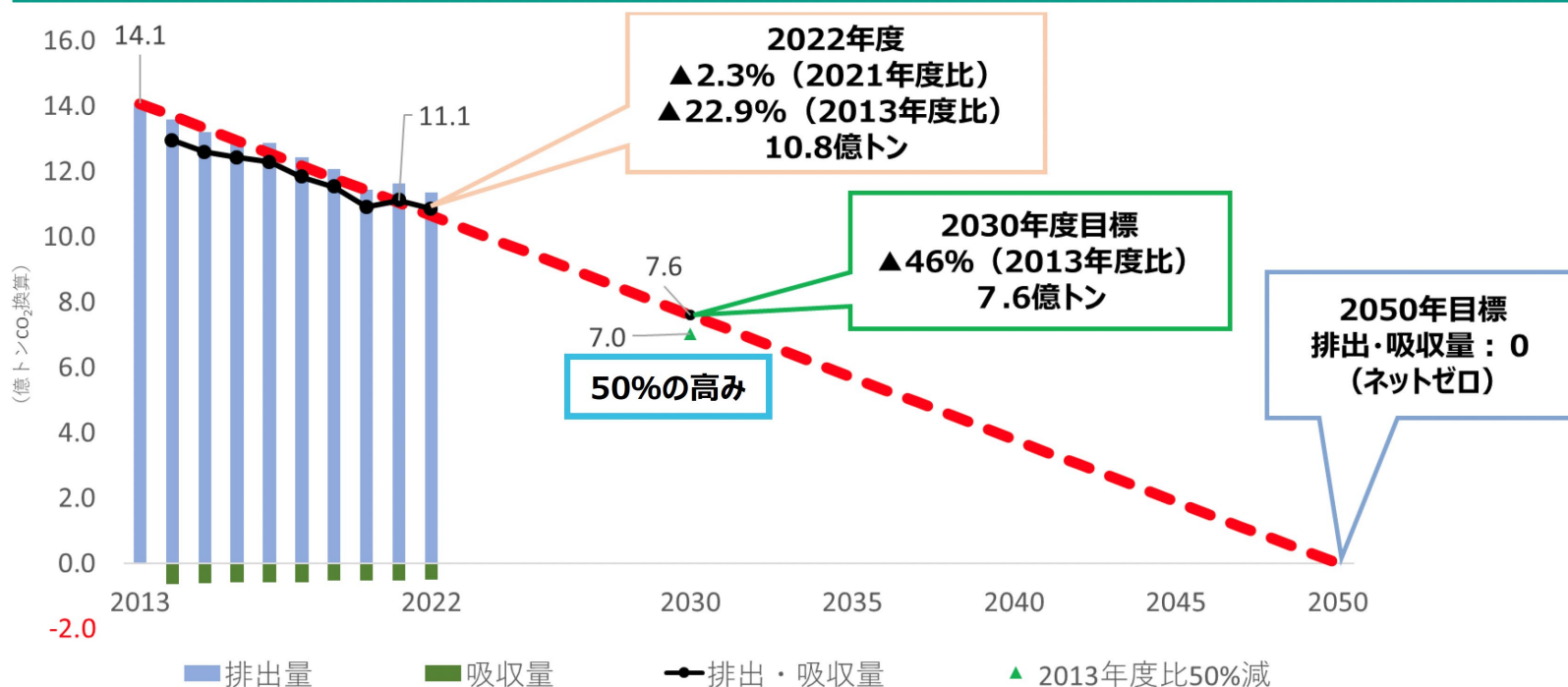


日本の温室効果ガス排出量の推移

2030年度目標及び2050年ネットゼロに対する進捗



- 2024年4月12日に国連に報告した我が国の2022年度の温室効果ガス排出・吸収量は約10億8,500万トン（CO₂換算）。2021年度比2.3%減少（▲約2,510万トン）、2013年度比22.9%減少（▲約3億2,210万トン）。
- 過去最低値を記録し、**オントラック（2050年ネットゼロに向けた順調な減少傾向）を継続。**



地域の取り組み: 脱炭素先行地域

脱炭素先行地域(73提案)

年度別選定提案数 (共同で選定された市町村は1提案としてカウント、括弧内は応募提案数)

R4		R5	
第1回	第2回	第3回	第4回
26	19	16	12
(79)	(50)	(58)	(54)

北九州市、直方市、行橋市、
豊前市、中間市、宮若市、
芦屋町、水巻町、岡垣町、
遠賀町、小竹町、鞍手町、
香春町、苅田町、みやこ町、
吉富町、上毛町、築上町

中国ブロック(8提案、9市町村)
鳥取県 鳥取市、米子市・境港市
島根県 松江市、邑南町
岡山県 瀬戸内市、真庭市、
西粟倉村
山口県 山口市

中部ブロック(10提案、1県10市村)
富山県 高岡市
福井県 敦賀市
長野県 松本市、上田市、飯田市、
小諸市、生坂村
岐阜県 高山市
愛知県 名古屋市、岡崎市・愛知県

北海道ブロック(6提案、6市町)
札幌市、苫小牧市、石狩市、奥尻町、
上士幌町、鹿追町

東北ブロック(9提案、2県9市町村)
青森県 佐井村
岩手県 宮古市、久慈市、紫波町
宮城県 仙台市、東松島市
秋田県 秋田県・秋田市、大潟村
福島県 会津若松市・福島県

関東ブロック(15提案、1県16市町村)
茨城県 つくば市
栃木県 宇都宮市・芳賀町、日光市、
那須塩原市
群馬県 上野村
埼玉県 さいたま市
千葉県 千葉市、匝瑳市
神奈川県 横浜市、川崎市、小田原市
新潟県 佐渡市・新潟県、関川村
山梨県 甲斐市
静岡県 静岡市

九州・沖縄ブロック(11提案、1県29市町村)
福岡県 北九州市他17市町、うきは市
長崎県 長崎市
熊本県 熊本県・益城町、球磨村、あさぎり町
宮崎県 延岡市
鹿児島県 日置市、知名町、和泊町
沖縄県 宮古島市、与那原町

四国ブロック(4提案、5市町村)
高知県 須崎市・日高村、
北川村、梶原町、
黒潮町

近畿ブロック(10提案、1県10市町)
滋賀県 湖南市・滋賀県、米原市・滋賀県
京都府 京都市
大阪府 大阪市、堺市
兵庫県 姫路市、尼崎市、加西市、淡路市
奈良県 生駒市

出典: 環境省「脱炭素先行地域」に加筆

<https://policies.env.go.jp/policy/roadmap/preceding-region/> (2024年5月30日)

地域の取り組み: 2050年二酸化炭素実質排出量ゼロ表明



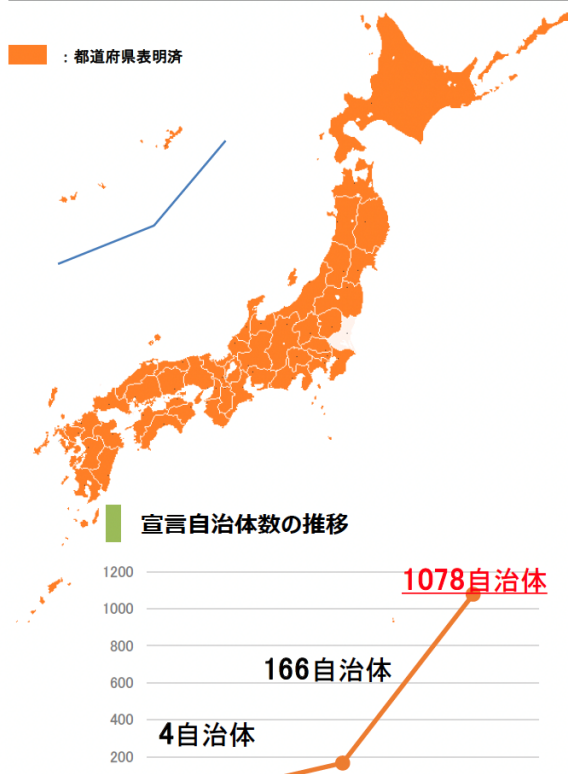
2050年 二酸化炭素排出実質ゼロ表明 自治体

2024年3月29日時点

■ 東京都・京都市・横浜市を始めとする**1078自治体**（46都道府県、603市、22特別区、352町、55村）が「2050年までに二酸化炭素排出実質ゼロ」を表明。

表明都道府県（46自治体）

表明市区町村（1032自治体）



北海道	青森県	秋田県	岩手県	宮城県	東京都	神奈川県	長野県	新潟県	富山県	石川県	福井県	山梨県	長野県	岐阜県	静岡県	愛知県	三重県	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県	徳島県	香川県	愛媛県	高知県	福岡県	佐賀県	熊本県	大分県	鹿児島県	沖縄県
札幌市	青森市	秋田市	盛岡市	仙台市	東京都	横浜市	長野市	新潟市	富山市	金沢市	福井市	山梨市	長野市	岐阜市	静岡市	名古屋市	津市	彦根市	京都市	大阪市	神戸市	奈良市	和歌山市	徳島市	高松市	松山市	高松市	福岡市	佐賀市	熊本市	大分市	鹿児島市	那覇市

出典: 環境省「地方公共団体における2050年二酸化炭素排出実質ゼロ表明の状況」に加筆
<https://www.env.go.jp/policy/zerocarbon.html> (2024年5月30日)

福岡県 (37自治体・下線は北九州市)

ゼロカーボンシティ表明自治体の課題

※(一社)環境政策対話研究所が実施した調査結果より

【調査の概要】

- 対象:61自治体
(回答:49自治体、回収率80.3%)

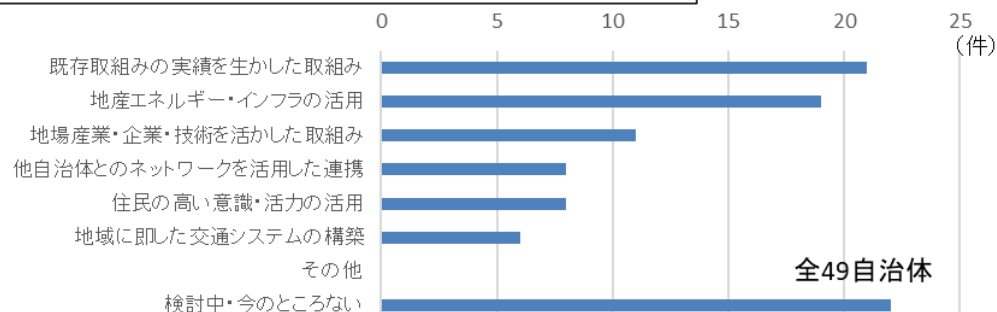
※基礎自治体であること、一定の人口規模であること、単独表明であることを踏まえて、全体(169自治体)から選定。

- 郵送又はメール、2020年11月9日～20日に実施

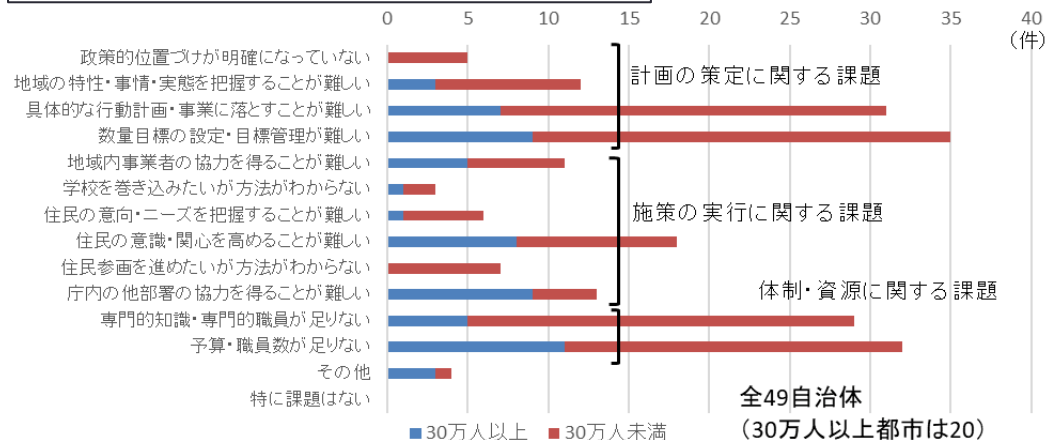
【結果の概要】

- 宣言が先行し、具体の取組については検討中又は未定。
- 多くが**数量目標や具体的な計画作りが課題**であることを指摘。
- 住民の意識・関心を高めることの必要性が高く、住民参画以前。
- 予算・職員数・**専門的な体制の不足が課題**。

ゼロカーボンシティ実現のための取組(複数回答)




ゼロカーボンシティに向けた課題(複数回答)



地域の脱炭素化計画支援のためのツールとは？

【地域の脱炭素計画作りの課題】

- **エネルギー需給に関する公的統計は整備されていない。**
 - 全国や都道府県は、資源エネルギー庁が整備・公表。
 - 環境省の「地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実施マニュアル（算定手法編）」をもとに推計はできるが、その**結果を読解し、効果的な対策を同定し、脱炭素対策計画作りを進めるには専門的な知見が必要。**
 - 脱炭素計画作りのための専門部署のない自治体では、地域が独自で必要となる情報を収集・整備し、対策効果の定量分析等を行って計画を策定するには多くの困難がある。
- 
- 市区町村などの地域スケールで脱炭素化への取組を推進するためには、それぞれの地域のエネルギー需給状況、産業構造、気候条件など**地域の特性を踏まえた計画作りや対策の効果等の定量的な分析を支援**するためのツール。

ツールのプラットフォーム : ExcelとWeb

Webとともに、**Excel**のツールとしても整備・提供。

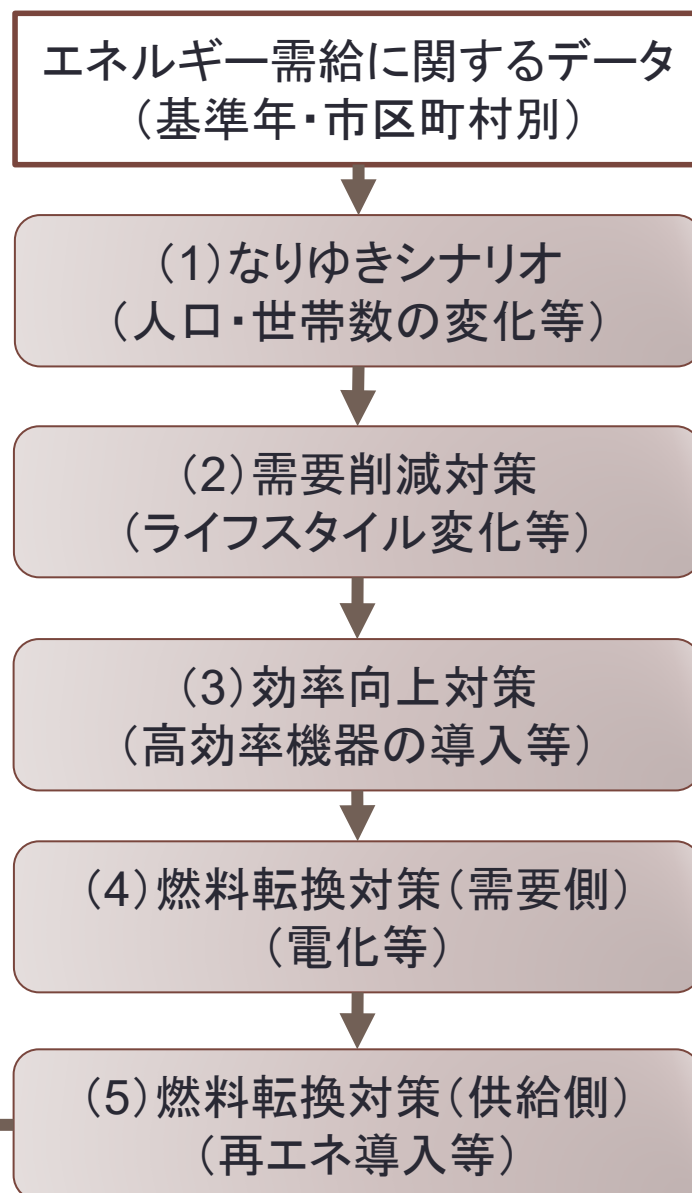
- 自治体(・民間企業等)で利用する際に制約となる条件:
 1. **特別なソフトウェア**の導入を要しない
× : GAMS、MATLAB、最適化システム等
 2. 事前に**プログラミング言語の習得**を要しない
× : Python、C++、FORTRAN、R、VBA等
 3. **操作が容易・直感的**(コマンドラインでの操作をしない)
× : 多くの汎用プログラミング言語



	Web	Excel
利点	PCやスマートフォン等 多様な機器からのアクセスが可能 。操作方法等の認知度が高い。グラフ等の デザイン・視覚表現の技術蓄積が豊富 。	仕事で利用しているケースが多い。 データの取り扱いや計算プロセスの構築・修正が比較的容易 。結果の報告書等での活用も容易。
欠点	利用者がデータや 計算プロセスを直接修正できない ため、分析に関する自由度は制約される。	PCを保有していない世帯等では利用が難しい。 グラフ表現等には一定の限界がある 。

開発したツールでの脱炭素シナリオ計算ロジック

- 基準年の業種別・燃料現別の消費量をまとめたエネルギー需給に関するデータ(エネルギーバランス表等)をもとに、
(1)なりゆきシナリオでのエネルギー消費量、**(2)需要削減対策**による効果、**(3)効率向上対策**の効果、**(4)燃料転換対策(需要側)**の効果、**(5)燃料転換対策(供給側)**の効果を順に評価。
- 対策の効果は、**対策実施前後の基準年からの変化率や燃料転換率を乗じる**ことで求める。



脱炭素対策の検討: 対策のパッケージ化

- 脱炭素計画づくりでは、**部門・業種ごとに個別技術・エネルギー源に着目した対策の検討が望まれるが、地域独自に全て設定するのは困難。**
- 複数の対策をパッケージ化し、対策導入量や効果が異なる複数の選択肢(レベル)を設定。**

対策のパッケージ化の例: 家庭部門

「住宅用機器の効率化」パッケージ

エアコンの効率改善
暖房機器の効率改善
給湯器の効率改善
LEDへの転換(照明の効率改善)

「住宅用機器の電化推進」パッケージ

暖房機器の電化
給湯機器の電化(ヒートポンプ)

「ZEHの普及」パッケージ

ネット・ゼロ・エネルギーハウス
(ZEH)の普及

「HEMSの普及」パッケージ

住宅用エネルギー管理システム
(HEMS)の普及

「合成燃料への転換」パッケージ

化石燃料から合成燃料への転換


脱炭素対策の検討: 対策レベルの設定

- 対策の導入量や効果の水準に応じてレベル1からレベル4までを設定。
 - **レベル1**: 効率や再エネ導入量等が将来まで**概ね現状のまま**。
 - **レベル4**: **各対策の導入量や効果を概ね最大**とした場合。
 - レベル2とレベル3は、レベル1と4の間になるように設定。
- 利用者は、**対策パッケージごとにレベルを選択**することで脱炭素計画の検討を行う。
- レベルの間で設定する場合には、0.1単位で設定可能(レベル1.1やレベル3.8など)。



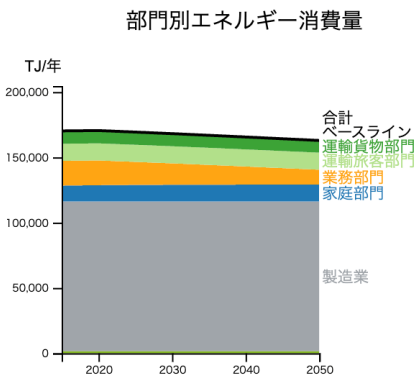
レベルおよびオプション設定

Webツールの画面構成

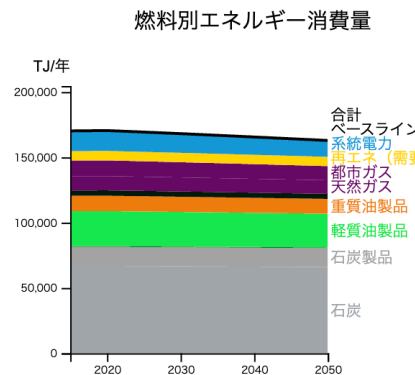


エネルギー需給 再生可能エネルギー 地域エネルギー事業 CO2排出量詳細 選択肢設定の例

部門別エネルギー消費量

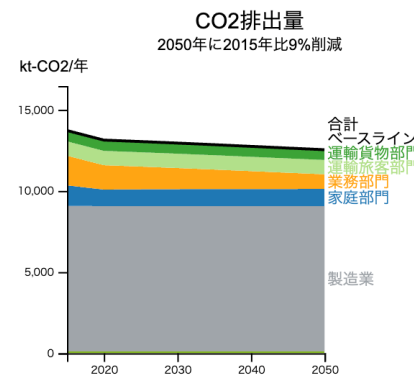


燃料別エネルギー消費量



CO2排出量

2050年に2015年比9%削減



産業部門

1 2 3 4

産業の将来見直し ? 1 2 3 4 5

マテリアルの効率的利用による財生産量の低減 ? 1 2 3 4

産業部門の高効率化 ? 1 2 3 4

燃料転換の推進 ? 1 2 3 4

産業部門でのCCS導入 ? 1 2 3 4

FIT/FIP・地域エネルギー事業

A B C D

新規導入設備のFIT/FIPの選択 ? 1 2 3 4

卒FIT/FIP電源の地域内利用 ? 1 2 3 4

地域新電力の供給率 ? 1 2 3 4

エネルギー供給

1 2 3 4

排出原単位の改善 ? 1 2 3 4

水素製造・地域外からの調達 ? 1 2 3 4

地域外からの水素調達 ? 1 2 3 4 5

合成燃料の排出係数に関する想定 ? 1 2 3 4

家庭部門

1 2 3 4

将来人口の想定 ? 1 2 3 4

平均世帯人員の想定 ? 1 2 3 4

ネット・ゼロ・エネルギーハウス(ZEH)の普及 ? 1 2 3 4

住宅用エネルギー管理システム(HEMS)の普及 ? 1 2 3 4

住宅用機器の高効率化 ? 1 2 3 4

住宅用機器の電化の推進 ? 1 2 3 4

合成燃料利用の拡大 ? 1 2 3 4

再生可能エネルギー

1 2 3 4 5

太陽光発電(建築物系) ? 1 2 3 4 5

太陽光(土地系) ? 1 2 3 4 5

陸上風力発電 ? 1 2 3 4 5

洋上風力発電(着床式) ? 1 2 3 4 5

洋上風力発電(浮体式) ? 1 2 3 4 5

中小水力発電(河川) ? 1 2 3 4 5

地熱発電 ? 1 2 3 4 5

潮流発電 ? 1 2 3 4 5

波力発電 ? 1 2 3 4 5

注釈

? 各選択肢の設定に関する詳細情報

1 排出量削減の努力をほとんど、或いは、全くしない

2 レベル1とレベル4の中間的な努力を実施する

3 レベル1とレベル4の中間的な努力を実施する


4 排出削減に向けて大きな努力を実施する

5 物理的・技術的限界に挑む努力を実施する

A-D 異なるパターンを選択肢(順序は努力のレベルの大小を示さない)

※引き続き開発中のため、画面構成等は変更の可能性がある

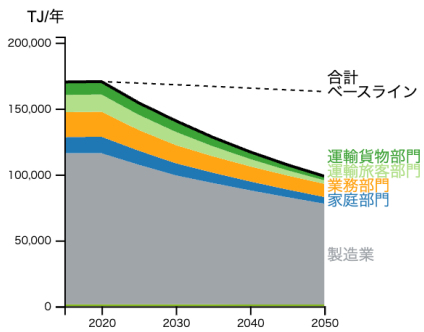
Webツールの計算例:エネルギー需給(対策ケース)



2050 福岡県北九州市
低炭素ナビ

エネルギー需給 再生可能エネルギー 地域エネルギー事業 CO2排出量詳細 選択肢設定の例

部門別エネルギー消費量

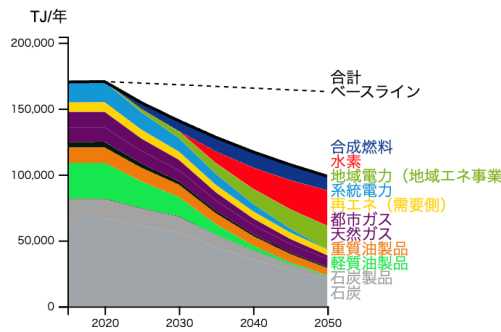


TJ/年

合計ベースライン

運輸貨物部門
運輸旅客部門
業務部門
家庭部門
製造業

燃料別エネルギー消費量



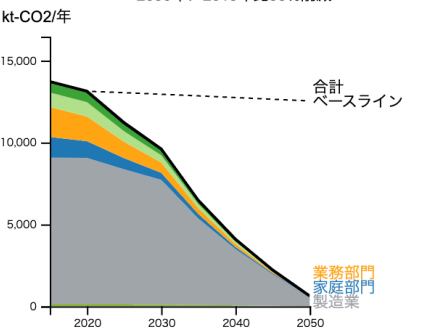
TJ/年

合計ベースライン

合成燃料
水素
地域電力 (地域エネ事業)
系統電力
街エネ (需要側)
都市ガス
天然ガス
重質油製品
軽質油製品
石炭製品
石炭

CO2排出量

2050年に2015年比95%削減



kt-CO2/年

合計ベースライン

業務部門
家庭部門
製造業

産業部門

1 2 3 4

産業の将来見通し ? 1 2 3 4 5

マテリアルの効率的利用による財生産量の低減 ? 1 2 3 4

産業部門の高効率化 ? 1 2 3 4

燃料転換の推進 ? 1 2 3 4

産業部門でのCCS導入 ? 1 2 3 4

FIT/FIP・地域エネルギー事業

A B C D

新規導入設備のFIT/FIPの選択 ? 1 2 3 4

卒FIT/FIP電源の地域内利用 ? 1 2 3 4

地域新電力の供給率 ? 1 2 3 4

エネルギー供給

1 2 3 4

排出原単位の改善 ? 1 2 3 4

水素製造・地域外からの調達 ? 1 2 3 4

地域外からの水素調達 ? 1 2 3 4 5

合成燃料の排出係数に関する想定 ? 1 2 3 4

再生可能エネルギー

1 2 3 4 5

太陽光発電 (建築物系) ? 1 2 3 4 5

太陽光 (土地系) ? 1 2 3 4 5

陸上風力発電 ? 1 2 3 4 5

洋上風力発電 (着床式) ? 1 2 3 4 5

洋上風力発電 (浮体式) ? 1 2 3 4 5

中小水力発電 (河川) ? 1 2 3 4 5

地熱発電 ? 1 2 3 4 5

潮流発電 ? 1 2 3 4 5

波力発電 ? 1 2 3 4 5

注釈

? 各選択肢の設定に関する詳細情報

1 排出量削減の努力をほとんど、或いは、全くしない

2 レベル1とレベル4の中間的な努力を実施する

3 レベル1とレベル4の中間的な努力を実施する


4 排出削減に向けて大きな努力を実施する

5 物理的・技術的限界に挑む努力を実施する

A | D 異なるパターンを選択肢 (順序は努力のレベルの大小を示さない)

※引き続き開発中のため、画面構成等は変更の可能性がある

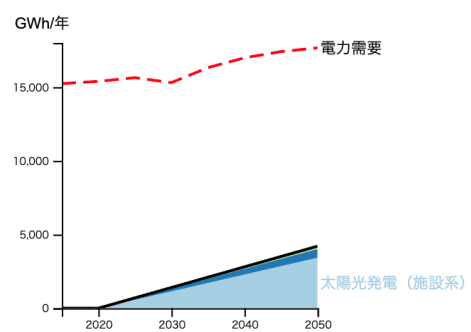
Webツールの計算例:再生可能エネルギー(対策ケース)



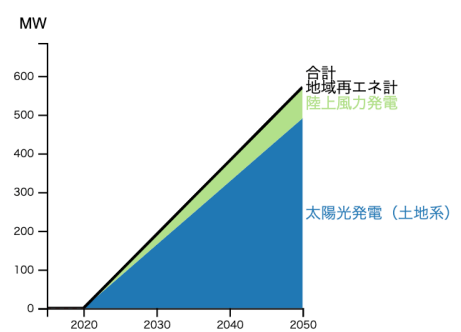
2050 福岡県北九州市

エネルギー需給 再生可能エネルギー 地域エネルギー事業 CO2排出量詳細 選択肢設定の例

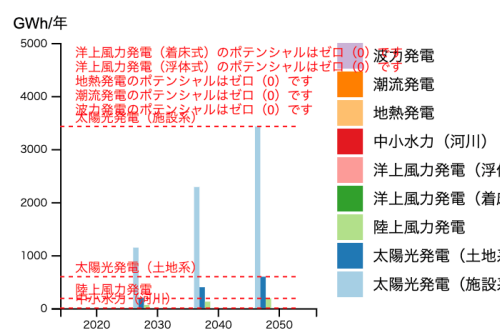
地域再エネ供給量と電力需要



地域の再エネ設備容量



再エネ導入量とポテンシャル



産業部門

1 2 3 4

産業の将来見通し [?] 1 2 3 4 5

マテリアルの効率的利用による財生産量の低減 [?] 1 2 3 4

産業部門の高効率化 [?] 1 2 3 4

燃料転換の推進 [?] 1 2 3 4

産業部門でのCCS導入 [?] 1 2 3 4

FIT/FIP・地域エネルギー事業

A B C D

新規導入設備のFIT/FIPの選択 [?] 1 2 3 4

卒FIT/FIP電源の地域内利用 [?] 1 2 3 4

地域新電力の供給率 [?] 1 2 3 4

エネルギー供給

1 2 3 4

排出原単位の改善 [?] 1 2 3 4

水素製造・地域外からの調達 [?] 1 2 3 4

地域外からの水素調達 [?] 1 2 3 4 5

合成燃料の排出係数に関する想定 [?] 1 2 3 4

家庭部門

1 2 3 4

将来人口の想定 [?] 1 2 3 4

平均世帯人員の想定 [?] 1 2 3 4

ネット・ゼロ・エネルギーハウス(ZEH)の普及 [?] 1 2 3 4

住宅用エネルギー管理システム(HEMS)の普及 [?] 1 2 3 4

住宅用機器の高効率化 [?] 1 2 3 4

住宅用機器の電化の推進 [?] 1 2 3 4

合成燃料利用の拡大 [?] 1 2 3 4

再生可能エネルギー

1 2 3 4 5

太陽光発電(建築物系) [?] 1 2 3 4 5

太陽光(土地系) [?] 1 2 3 4 5

陸上風力発電 [?] 1 2 3 4 5

洋上風力発電(着床式) [?] 1 2 3 4 5

洋上風力発電(浮体式) [?] 1 2 3 4 5

中小水力発電(河川) [?] 1 2 3 4 5

地熱発電 [?] 1 2 3 4 5

潮流発電 [?] 1 2 3 4 5

波力発電 [?] 1 2 3 4 5

注釈

[?] 各選択肢の設定に関する詳細情報

1 排出削減の努力をほとんど、或いは、全くしない

2 レベル1とレベル4の中間的な努力を実施する

3 レベル1とレベル4の中間的な努力を実施する


4 排出削減に向けて大きな努力を実施する

5 物理的・技術的境界に挑む努力を実施する

[A][D] 異なるパターンを選択肢(順序は努力のレベルの大小を示さない)

※引き続き開発中のため、画面構成等は変更の可能性がある

Webツールの計算例: CO2・対策別削減量(対策ケース)



エネルギー需給 再生可能エネルギー 地域エネルギー事業 CO2排出量詳細 選択肢設定の例

部門別CO2排出量

kt-CO2/年

合計ベースライン

業務部門
家庭部門
製造業

燃料源別CO2排出量

kt-CO2/年

合計ベースライン

電力
重質油製品
軽質油製品
石炭製品
CCS

対策別CO2削減量

kt-CO2/年

CCSによる回収分
地域再エネ導入
燃料転換
機器効率向上
需要側対策
ベースライン変化
CO2排出量

産業部門

1	2	3	4		
?	1	2	3	4	5
?	1	2	3	4	
?	1	2	3	4	
?	1	2	3	4	
?	1	2	3	4	
?	1	2	3	4	

FIT/FIP・地域エネルギー事業

A	B	C	D	
?	1	2	3	4
?	1	2	3	4
?	1	2	3	4

エネルギー供給

1	2	3	4		
?	1	2	3	4	
?	1	2	3	4	
?	1	2	3	4	5
?	1	2	3	4	

家庭部門

1	2	3	4	
?	1	2	3	4
?	1	2	3	4
?	1	2	3	4
?	1	2	3	4
?	1	2	3	4
?	1	2	3	4
?	1	2	3	4
?	1	2	3	4
?	1	2	3	4

再生可能エネルギー

1	2	3	4	5	
?	1	2	3	4	5
?	1	2	3	4	5
?	1	2	3	4	5
?	1	2	3	4	5
?	1	2	3	4	5
?	1	2	3	4	5
?	1	2	3	4	5
?	1	2	3	4	5
?	1	2	3	4	5

注釈

各選択肢の設定に関する詳細情報

1 排出量削減の努力をほとんど、或いは、全くしない

2 レベル1とレベル4の中間的な努力を実施する

3 レベル1とレベル4の中間的な努力を実施する

4 排出削減に向けて大きな努力を実施する

5 物理的・技術的限界に挑む努力を実施する

[A] [D] 異なるパターンを選択肢 (順序は努力のレベルの大小を示さない)

※引き続き開発中のため、画面構成等は変更の可能性がある