



電力コストの変化とそれがもたらす経済的影響について

デロイト トーマツ コンサルティング 合同会社
2022年9月28日

【検討背景・目的・実施事項】

2030年のCO2 46%削減の実現に向けた検討の方向性を示すため将来像を分析した

実施概要

検討背景

- 世界は2016年に発効した「パリ協定」の下、大幅なCO2削減に取り組んでおり、それを達成するための長期目標を具体化しており、日本政府も2050年のカーボンニュートラル、2030年の46%削減に向けた成長戦略を策定する等の取組を進めている
- 脱炭素社会に向けた国際潮流の加速による化石燃料への投資の縮小、コロナウイルスによるサプライチェーンの分断、ロシアのウクライナ侵攻による燃料調達リスクの増大など、直近1、2年の化石燃料の需給状況は不確実性が高く、化石燃料の価格も非常に高い水準で推移し、電力価格の高騰等、社会活動への大きな影響が生じている

目的・実施事項

- 2030年のCO2 46%削減の実現に向けて検討すべき方向性を示すために、複数ケースにおける将来の電力価格の見通し及び経済性や消費行動に与える影響を分析した

利用
モデル



Output

電源構成、発電コスト

一般均衡モデルによる
経済影響分析

実質GDP

D-TIMEsによる エネルギーシミュレーション

【D-TIMESについて：概要】

IEAのETSAPで開発が進む「TIMES」を用いて将来のエネルギーの在り方を分析

TIMESの概要

TIMES*1 とは

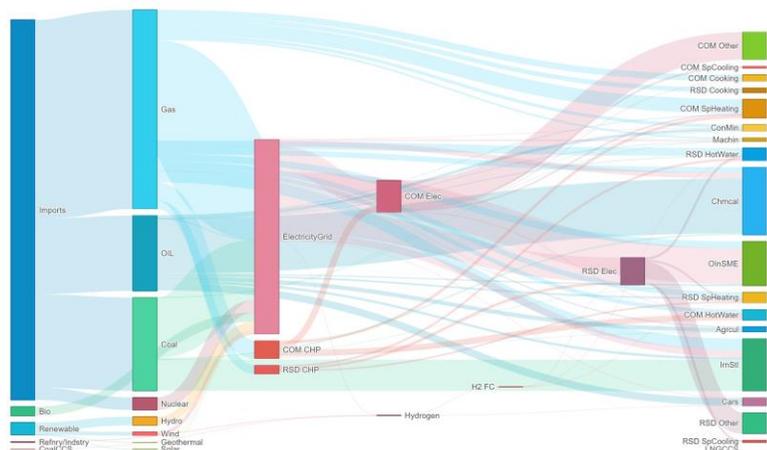
- IEA*2のETSAP*3で開発が進められている長期のエネルギーの在り方を分析するプログラム
- IEAや各国政府の長期エネルギーシナリオの分析において活用されている
- 将来のエネルギー需要やエネルギー供給・輸送設備の技術データ等をインプットすることにより 最も経済合理性のある技術の組み合わせ(電源構成等)を解として出力

何を分析できるのか

- 複雑化する将来のエネルギー需給構造をコスト最小化等を目的関数にして計算することができる

【分析結果例】

一次エネルギーの供給、転換、セクターへの供給の最適解



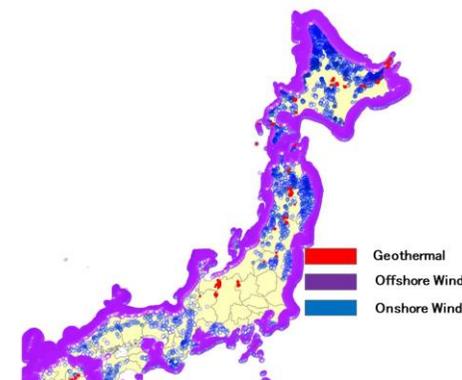
何をインプットするのか

- エネルギーに係る様々な情報をインプット

【系統情報】



【再エネの導入可能量】



⇒その他、人口動態、発電所情報(能力、位置)等をInput

*1: The Integrated MARKAL EFOM System *2: 国際エネルギー機関 (International Energy Agency) *3: エネルギー技術システム解析プログラム (Energy Technology Systems Analysis Programme)

【検討ケース】

6ケースにおける2030年のCO2 46%削減達成時の電源構成及び発電コストをシミュレート

ケース概要

■ 化石燃料、原子力発電及び太陽光発電について、2030年までの発電コストへの影響度を感度分析

- 化石燃料：価格が早期に2020年以前に回復するケース、現状の高騰が続くケース
- 原子力発電：原子力発電がすべて再稼働するケース、現状の10基のみ稼働するケース
- 太陽光発電価格：発電コスト検証ワーキンググループにおける基本ケース、それより低下するケース

	化石燃料価格	原子力	太陽光発電価格
① 化石燃料回復×原発再稼働	回復	再稼働	標準
② 化石燃料回復×原発10基のみ	回復	10基	標準
③ 化石燃料回復×原発10基のみ× 太陽光コスト低下	回復	10基	低コスト
④ 化石燃料高騰×原発再稼働	高騰	再稼働	標準
⑤ 化石燃料高騰×原発10基のみ	高騰	10基	標準
⑥ 化石燃料高騰×原発10基のみ× 太陽光コスト低下	高騰	10基	低コスト

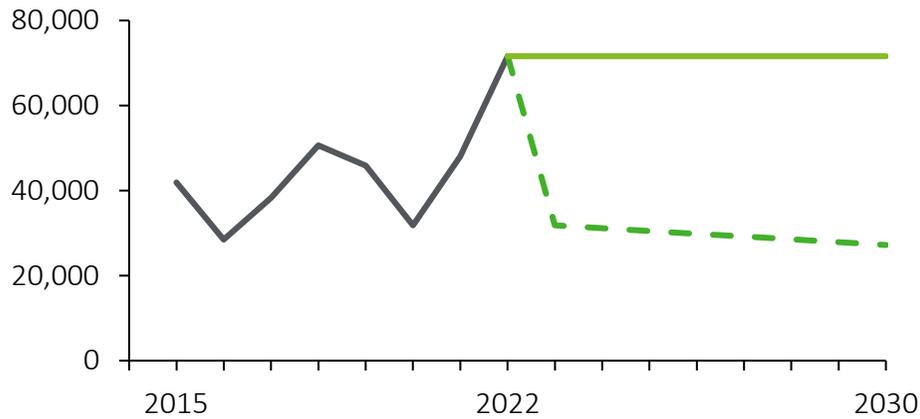
5 * 再エネ価格の観点では風力発電のコスト低下もあるが、インパクトの観点から太陽光のみを対象とした

【化石燃料価格】

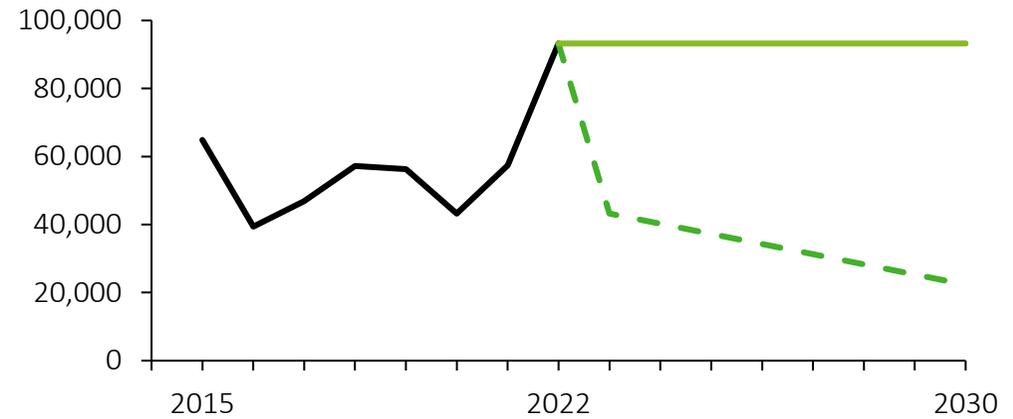
数年以内に2020年基準に回復するケースと2030年まで高騰が続くケースを設定

化石燃料の価格設定

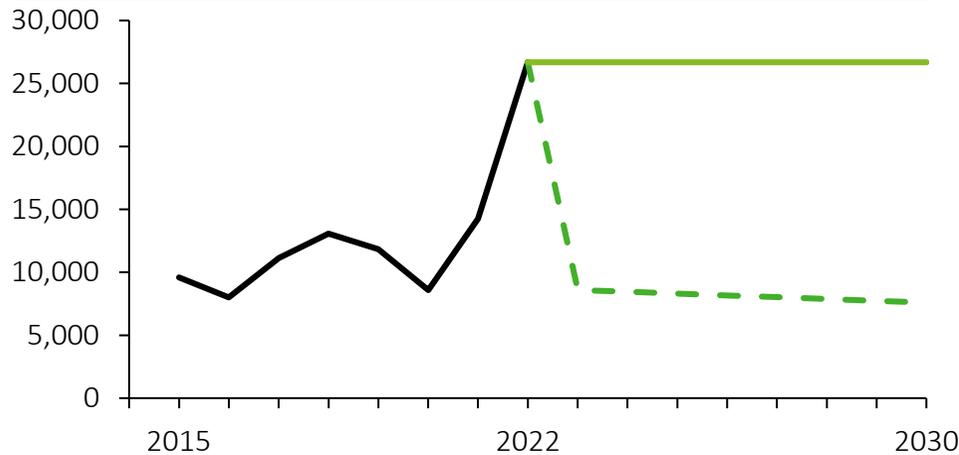
原油価格（円/kL）



天然ガス価格（円/t）



一般炭価格（円/t）



- 実績値
- - 短期回復
- 価格高騰

【原子力発電の想定】

原子力発電は、各発電所の申請ステータスを考慮して、エリア別に稼働状況を設定

原子力発電の見通しに関する想定

■ 現状の設備容量と申請ステータス、供給エリアを整理し、基準年の原子力発電の設備容量をエリア別に設定し、以下の2ケースを設定

- 現状の10基のみ稼働するケース
- 36基すべて稼働するケース

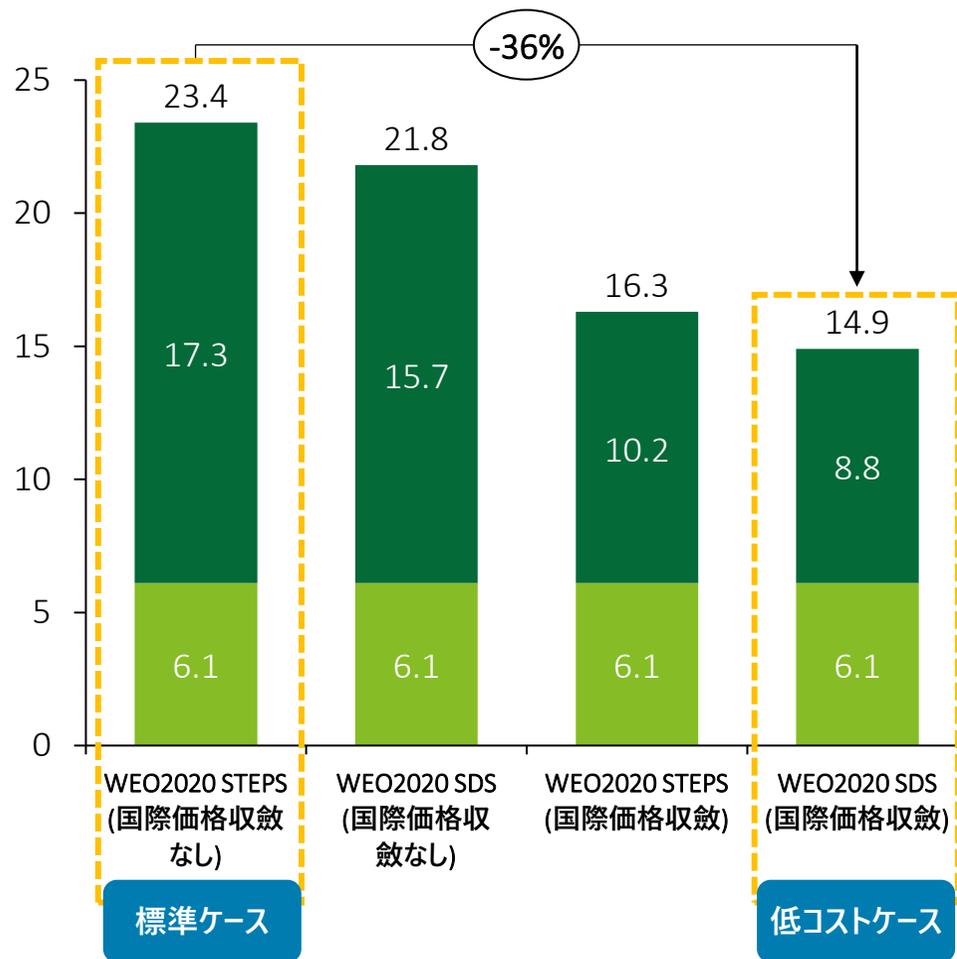
原子力発電所の現状



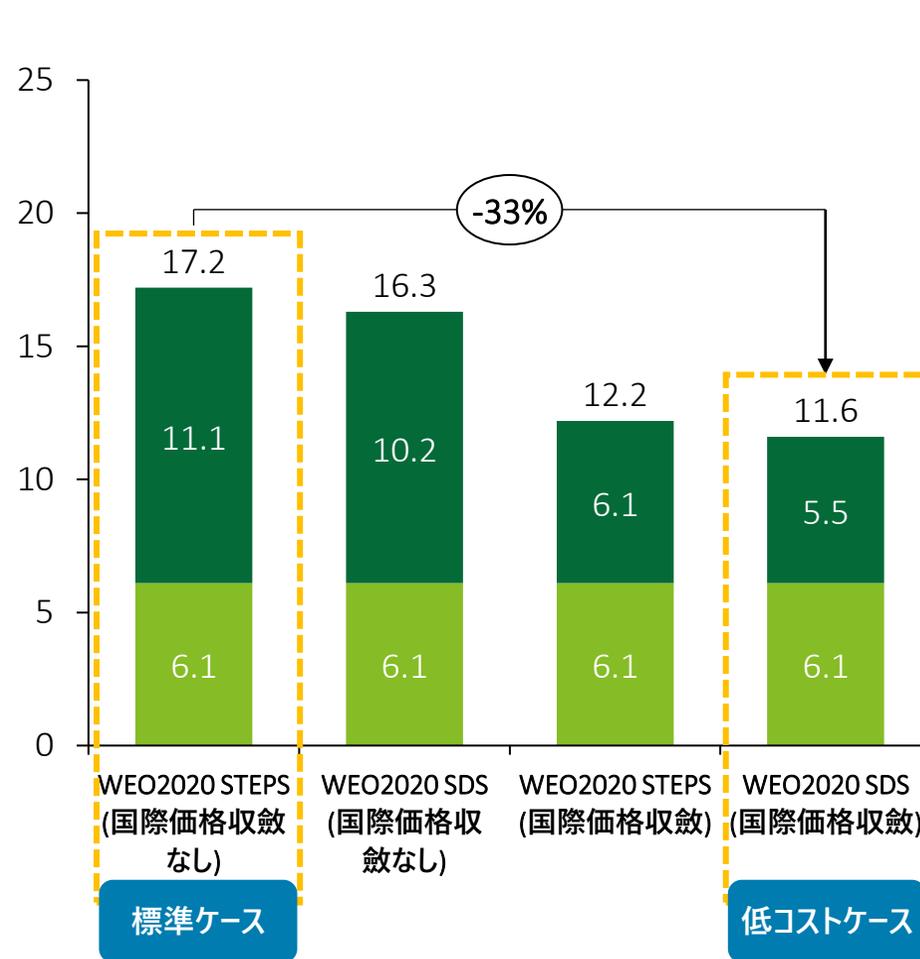
【太陽光発電の低コスト化について】 太陽光発電の建設費について、2ケースを想定

■ 資本費 ■ 運転維持費

家庭用太陽光発電の建設費（万円/kW）



事業用太陽光発電の建設費（万円/kW）



出所：発電コスト検証ワーキンググループ（令和3年）、資料3 発電コストレビューシート 表6）太陽光・風力シナリオ

【前提条件】

エネルギー基本計画や発電コスト検証ワーキンググループ等の公開情報を基に設定

前提条件（発電：再エネコスト等）

前提条件			参照元
制約条件：CO2削減目標			<ul style="list-style-type: none"> ■ 環境省：2018年度（平成30年度）の温室効果ガス排出量（確報値）
発電	再エネ導入可能量		<ul style="list-style-type: none"> ■ CO2削減目標に合わせてコスト最小化計算 ■ ただし、洋上風力・陸上風力は建設のリードタイムを考慮し、設定
	再エネコスト	太陽光	<ul style="list-style-type: none"> ■ コスト情報はP8参照 ■ 設備導入量はエネルギー基本計画に基づき、上限値を設定 収まるようシミュレーション
		洋上風力	<ul style="list-style-type: none"> ■ 50.7万円/kW ■ 設備導入量はエネルギー基本計画に基づき、上限値を設定 ※再エネポテンシャルにより資本費は上記価格を基準に変動あり
		陸上風力	<ul style="list-style-type: none"> ■ 19.3～32.9万円/kW ■ 設備導入量はエネルギー基本計画に基づき、上限値を設定 ※再エネポテンシャルにより資本費は上記価格を基準に変動あり
		水力	<ul style="list-style-type: none"> ■ 33～90万円/kW ■ 設備導入量はエネルギー基本計画を参考に設定
	原子力		<ul style="list-style-type: none"> ■ 導入エリアはP7参照
火力 + CCS		<ul style="list-style-type: none"> ■ 2030年断面では、CCS付き火力はなし ■ 火力発電の新設は考慮（既存の計画分は反映） ■ 設備利用率はエネルギー需給率を満たす形で最適化 	-

【前提条件】

エネルギー基本計画やコスト検証委員会等の公開情報を基に設定

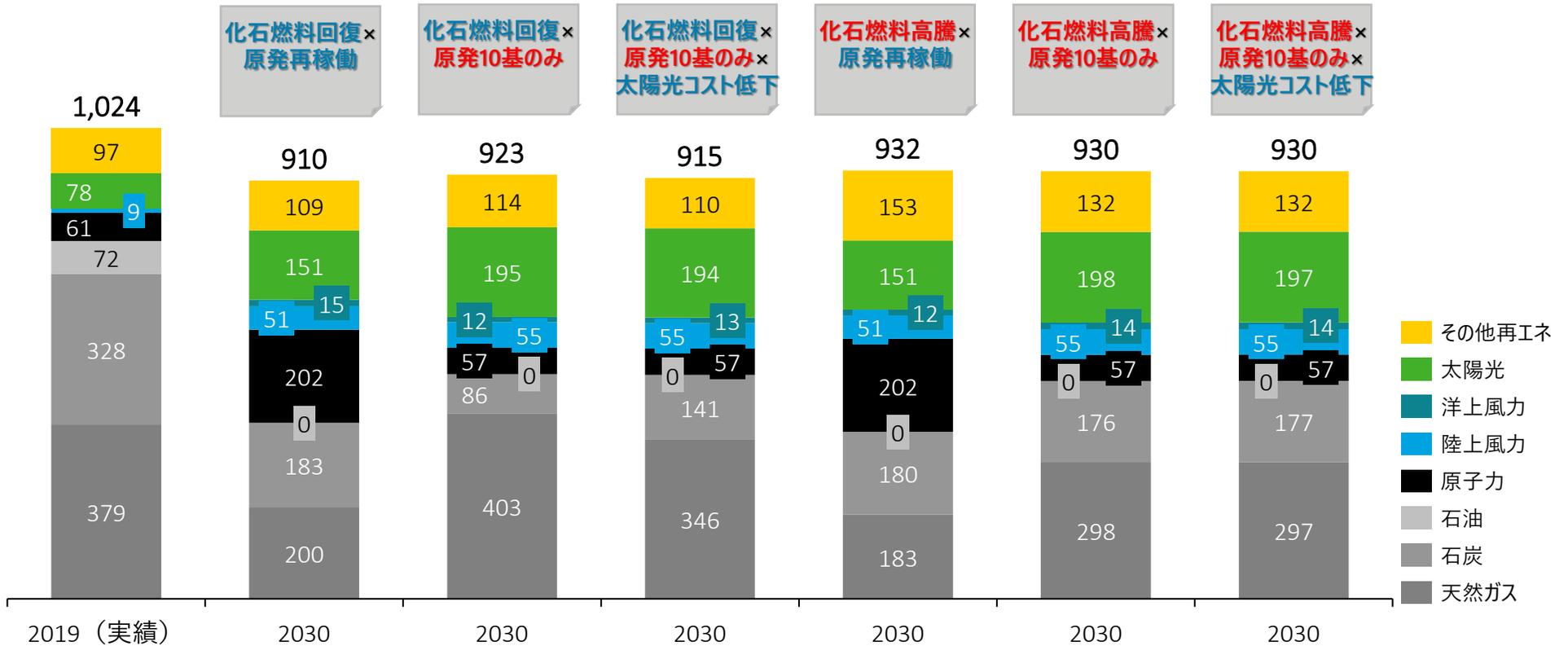
前提条件（エネルギー需要・インフラ・貯蔵・燃料）

前提条件			参照元
エネルギー 需要	家庭部門	<ul style="list-style-type: none"> ■ 都道府県毎の人口推移を基に計上 ■ エネルギー基本計画に基づく省エネ効果を反映 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 国土交通省：1kmメッシュ別将来推計人口
	産業部門	<ul style="list-style-type: none"> ■ 業種別にサービス単位で計上（鉄鋼、化学、食品煙草、繊維...等） ■ 産業部門の非電力需要は検討対象外 ■ エネルギー基本計画に基づく生産量の変化に伴う省エネ効果を反映 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 省エネルギーセンター：エネルギー・経済統計要覧（EDMC）
	業務部門	<ul style="list-style-type: none"> ■ 用途別にサービス単位で計上（冷房、暖房、給湯、厨房、動力他） ■ 延床面積に都道府県毎のGDPを考慮 ■ エネルギー基本計画に基づく省エネ効果を反映 	
	運輸部門	<ul style="list-style-type: none"> ■ 車両をサービス単位で計上（貨物はトンキロ、旅客は人キロ試算） ■ 都道府県毎の人口推移を考慮 	
エネルギー インフラ・ 貯蔵	系統	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一次変電所（上位から2つ目）までの変電所の系統容量を考慮 ■ 系統拡張は未考慮 	
	蓄電池	<ul style="list-style-type: none"> ■ 15万円/kW・耐用年数10年を考慮 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 資源エネルギー庁：新エネルギーシステム課「定置用蓄電池の価格低減スキーム」
	揚水発電	<ul style="list-style-type: none"> ■ 現状設備より変化なし 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 資源エネルギー庁：電力調査統計
燃料	水素	<ul style="list-style-type: none"> ■ 国内生産水素のみ（輸入水素導入なし） ■ 水素コストは余剰電力を活用するとして内生的に計算（グリーン水素のみ） 	—
	化石燃料	<ul style="list-style-type: none"> ■ P6参照 	<ul style="list-style-type: none"> ■ IEA：World Energy Outlook 2021
	アンモニア	<ul style="list-style-type: none"> ■ 国内生産アンモニアのみ（輸入アンモニア導入なし） 	—

【検討結果】

原子力の再稼働が進まない場合、太陽光・LNGで補完し、化石燃料が高騰する場合、太陽光の最大限の導入が必要

電源構成 (TWh)

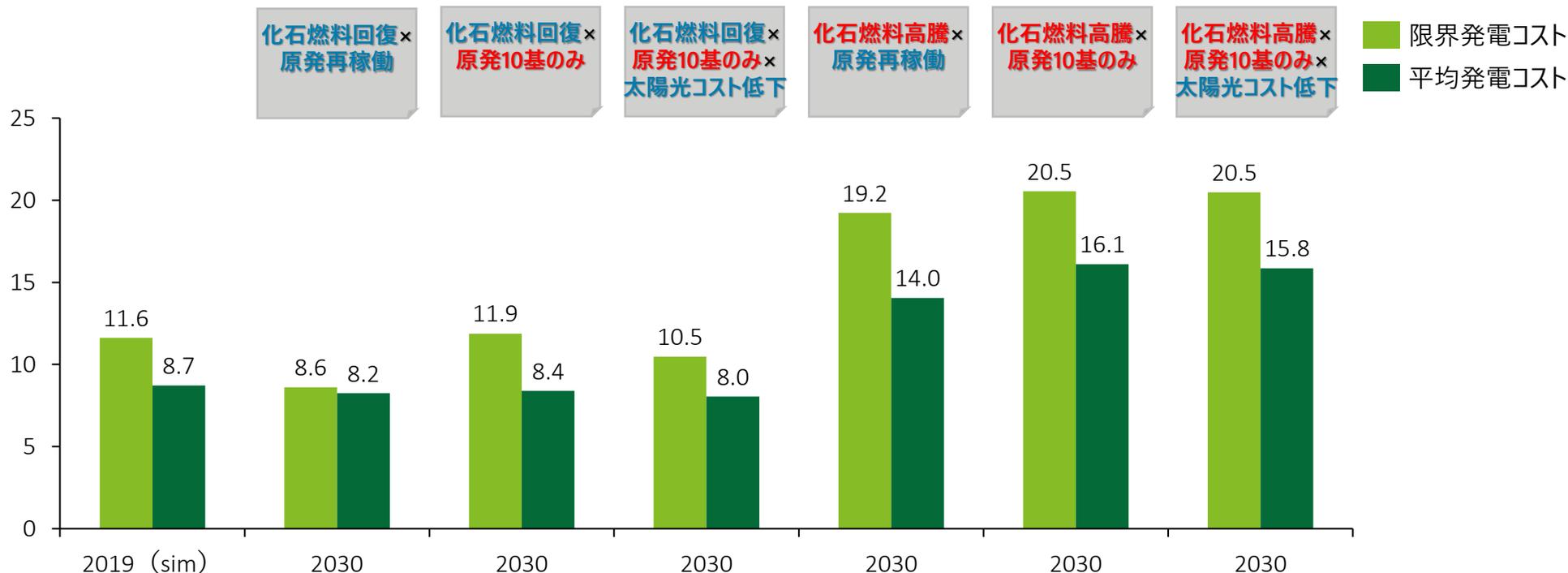


- 原子力が再稼働しないケースでは、CO2 46%削減するために原子力発電の減少分をLNGや太陽光発電で補っている
 - 太陽光発電にはリードタイムを制約条件として設定しているため、化石燃料高騰ケースにおいてもLNGで一部賄う結果となる
- 化石燃料が高いケースでは、電力コスト低下のために再エネ導入量が増加傾向にある

【検討結果】

限界発電コストは化石燃料・原子力、平均発電コストは化石燃料に大きく影響される

発電コスト（円/kWh）



注) シミュレーション結果をベースとして、DTCが各種公表資料を基に試算したもの

限界発電コスト：発電設備のインシヤル・ランニングを考慮した発電限界費用と蓄電池、系統費用を推計したもの

平均発電コスト：発電設備のインシヤル・ランニングを考慮した発電平均費用と蓄電池、系統費用を推計したもの

実際の電力需要者に課せられる電力料金は、この数値に電力・小売会社の各種費用・利益、及び再エネ賦課金などが加算されるため、実際の電力料金とは異なる

■ 限界発電コストの低下については、化石燃料価格の低減及び原子力発電の再稼働が大きく貢献する

- 化石燃料価格が低い場合、原子力発電の稼働により限界発電コストを決める電源が変化
- 化石燃料価格が高い場合、限界発電コストを決めていた火力の価格が低減

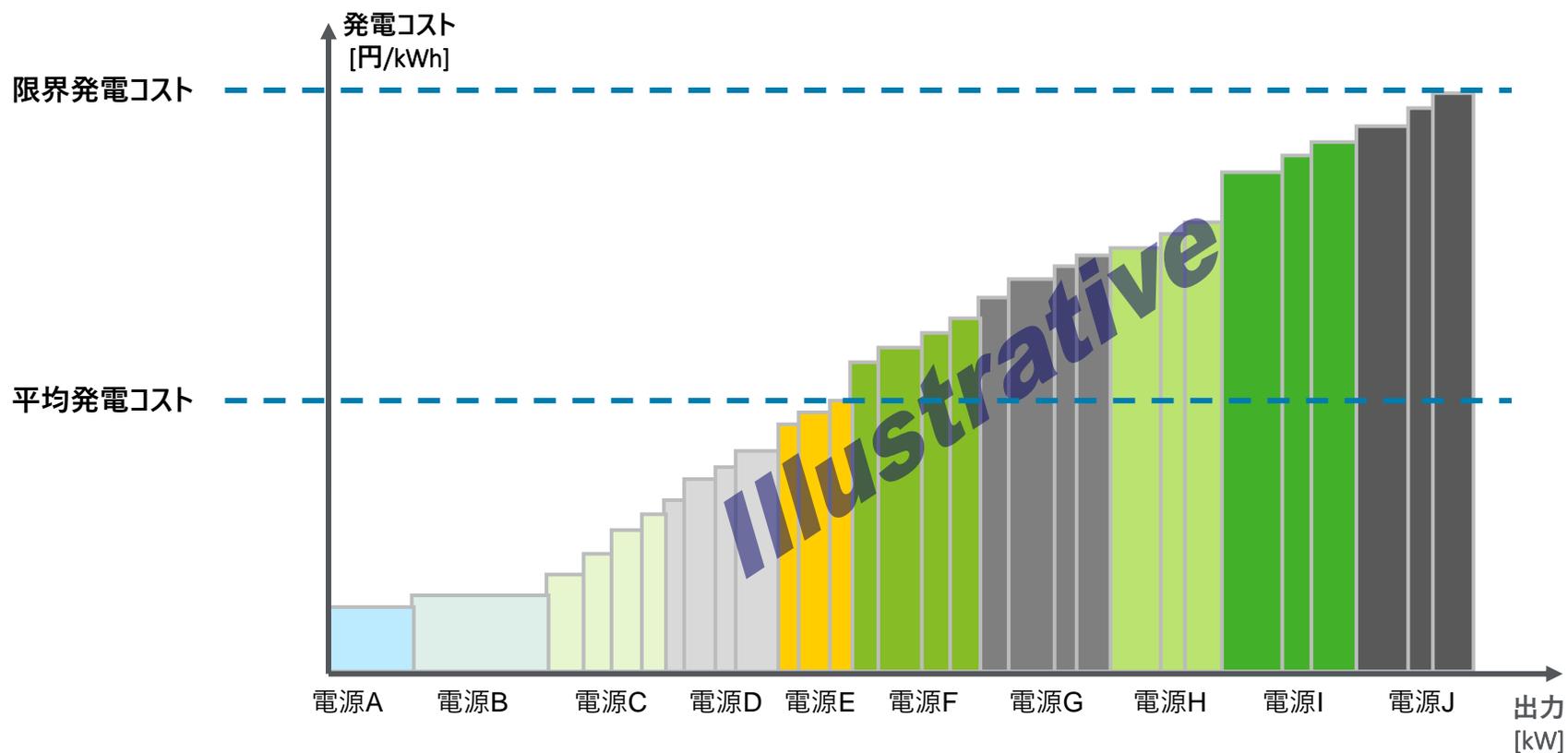
■ 平均発電コストの低下については、化石燃料の価格に大きく影響を受ける

- 化石燃料の価格が高い場合、原子力発電の稼働有無が影響を受ける。

<参考：発電コストの考え方>

追加で1kWh発電するためのコストを限界発電コストとして設定

限界発電コストと平均発電コストについて



一般均衡モデルによる経済影響分析

【一般均衡モデルによる分析】

本分析では、GTAP-Eを利用し、電力価格高騰による経済的影響度を分析

シミュレーションの実施方針

シミュレーションにおける考え方

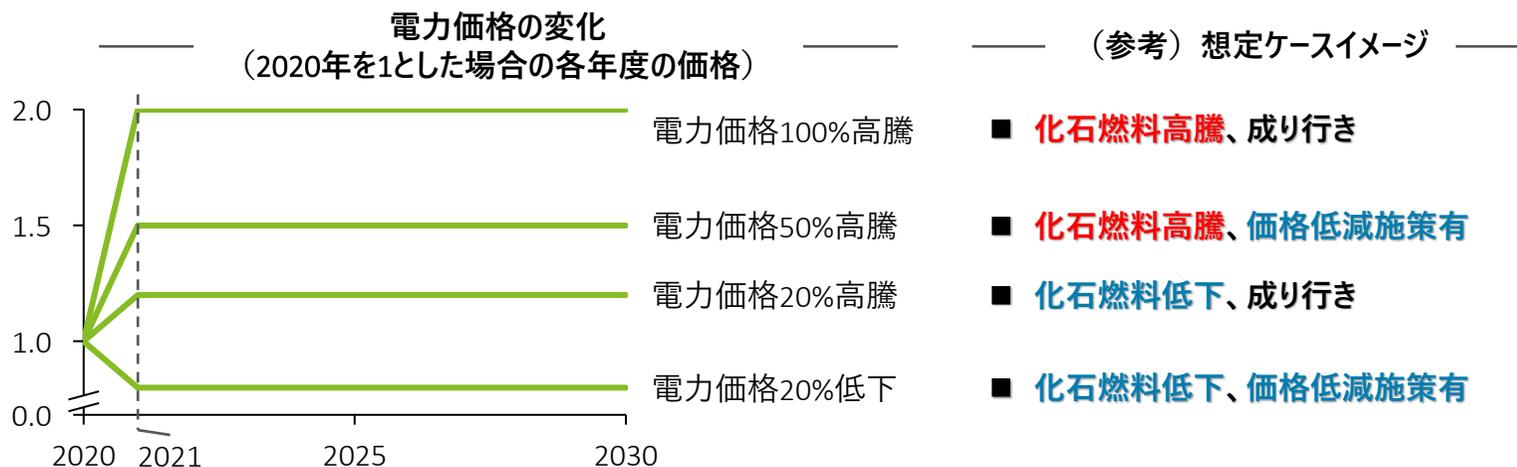
- エネルギーシミュレーションにより、限界発電コスト及び平均発電コストを算出
- その結果、化石燃料価格、原子力及び再エネ価格により、発電コストが大きく変化することがわかった
- 本パートでは、電力価格の変化が経済に及ぼす影響を分析する

本モデルにおけるマクロ環境

- GTAP-E (An Energy-Environmental Version of the GTAP Model) モデルを活用し2030年に向けた全人口、生産年齢人口、実質GDPの3つの要素をinputし、世界全体における経済的な影響を分析
 - GDP：World Economic Outlook – IMFより引用
 - 人口：World Population Prospects - United Nationsより引用

感度分析

- 2021年度以降、国内の電力価格の変化が経済影響にどのような影響を及ぼすか分析



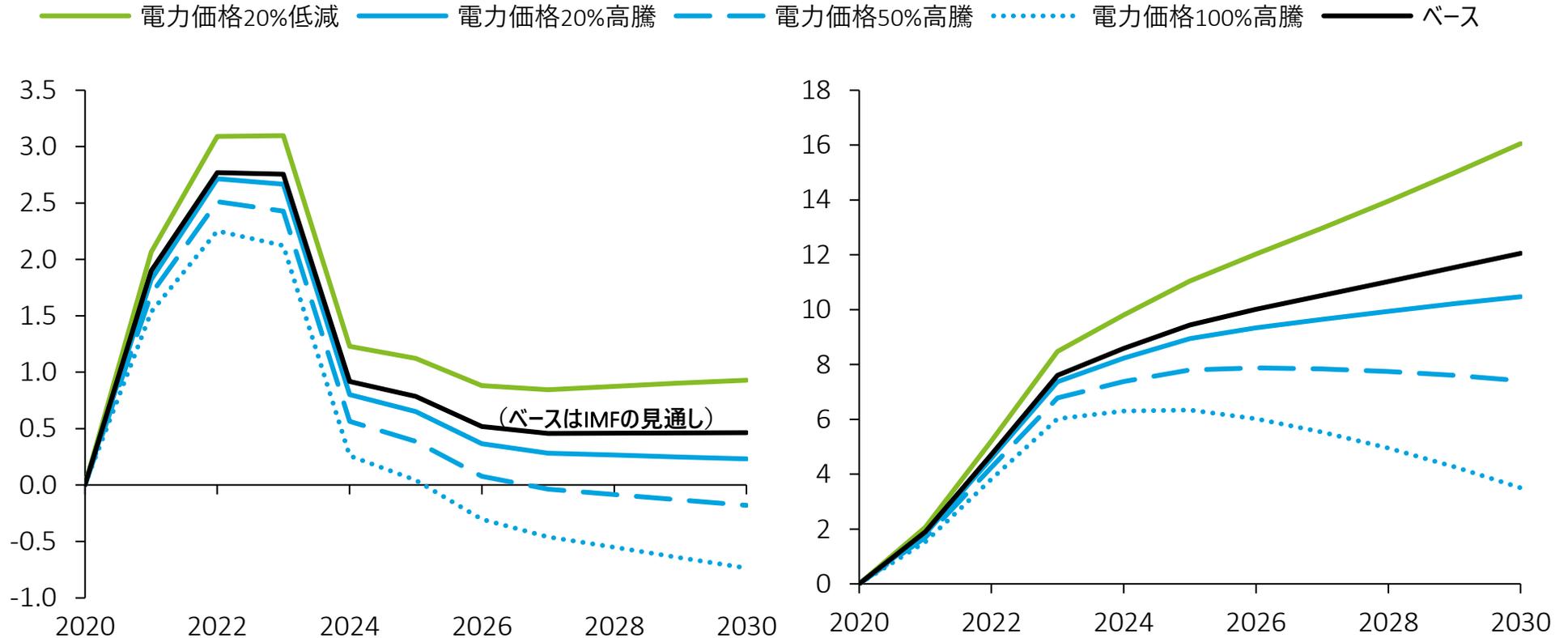
*「限界発電コスト、平均発電コスト≠電力価格」であることに留意が必要

【検討結果】

電力価格の高騰がGDPの前年比成長率がマイナスとなる可能性

GDPの変化率（%）（前年比）

GDPの変化率（%）（2020年比）



- 2000年～2019年の実質GDP成長率（前年比）は約0.7%上昇、2020年はCOVID-19により4.6%低下、2021年は1.7%上昇
- ～2023年まではCOVID-19からの回復で全ケースにおいて1%以上の回復が見込まれる
- 電力価格が低下する場合、ベースよりGDPの前年比成長率が約0.4%程度上昇する。他方、電力価格の高騰が継続する場合、GDPの前年比成長率がマイナスとなりうる

<参考：ケース別のGDPの内訳>

大幅な電力価格高騰が消費・投資の減少、市場の縮小等につながる

GDPの変化率（2020年のGDP=1.0とした場合）

消費 投資 政府支出 輸出 輸入



- 電力価格が低下すると最終製品の価格低下につながり、結果として実質消費が増加し、投資及び国内市場の拡大につながる
- 電力価格が高くなると最終製品の価格向上・販売量の低減により、賃金の伸び悩みが生じ、需要（国内市場）の縮小及び生産財に回せる国全体の財・サービスの減少が生じる
- 国内市場が縮小するものの資本は残存しているため販売価格が低下する前提で設備の利用率を維持し、国内市場に販売、余剰分を輸出に回す

サマリ

【サマリ】

脱炭素の実現及び経済活性化に向けて、柔軟かつ多様な電源の確保が必要ではないか

検討結果

- 化石燃料価格の高騰や電源構成の変化により、限界発電コスト及び平均発電コストは最大約2倍異なる
 - 化石燃料価格は限界発電コスト、平均発電コスト両方に影響を及ぼす
 - 原子力発電のLCOEは結果として平均発電コストとほぼ変わらないため、再稼働の可否が影響を及ぼすのは限界発電コストのみに限られる
 - 再エネ（太陽光発電）コストの低減は限界発電コストに一定の低減がみられるものの、本シミュレーションでは2030年の導入上限を踏まえたため、影響が小さくなった
- 電力価格の増減がGDP等の経済指標へ大きな影響がみられる
 - 電力価格の低減は、経済の高循環により堅調な成長につながる
 - 電力価格の高騰（20%）の場合、GDPは増加するものの、伸びは鈍化する
 - 電力価格の大幅な高騰（50%以上）は、GDPもマイナス成長となりうる

2030年の経済成長とCO2 46%削減に向けて

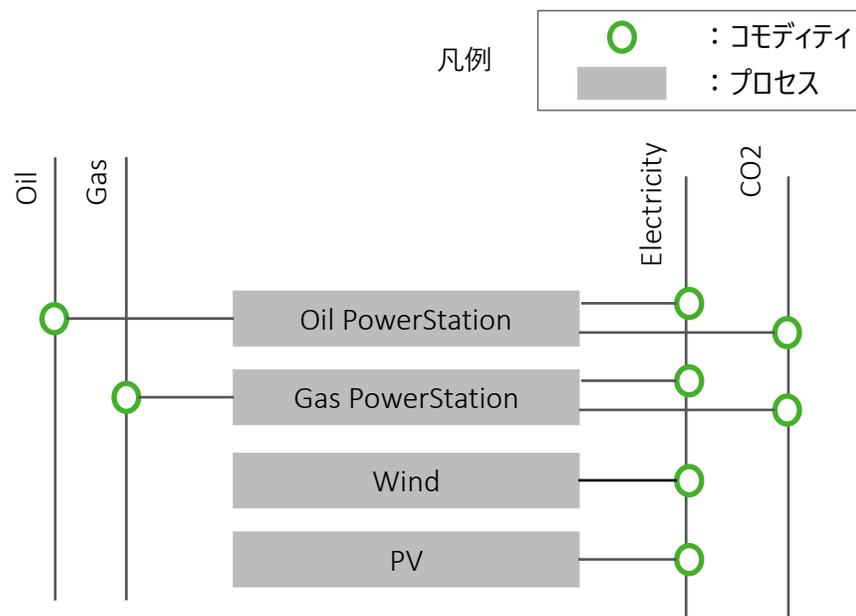
- 電力価格の低減のためには、電源の多様化を図ることが必要
 - 今後も化石燃料価格の高止まりが続くと電力価格の高騰が生じ、経済への多大なる影響が懸念される。そのため、火力発電に依存した電源構成ではなく、原子力の再稼働及び再エネの大量導入を含めた電源の多様化を図ることが必要
 - 原子力の再稼働、再エネ価格低減の取組は進めつつ、再エネの早期導入が可能な環境を整備していく必要あり

参考資料

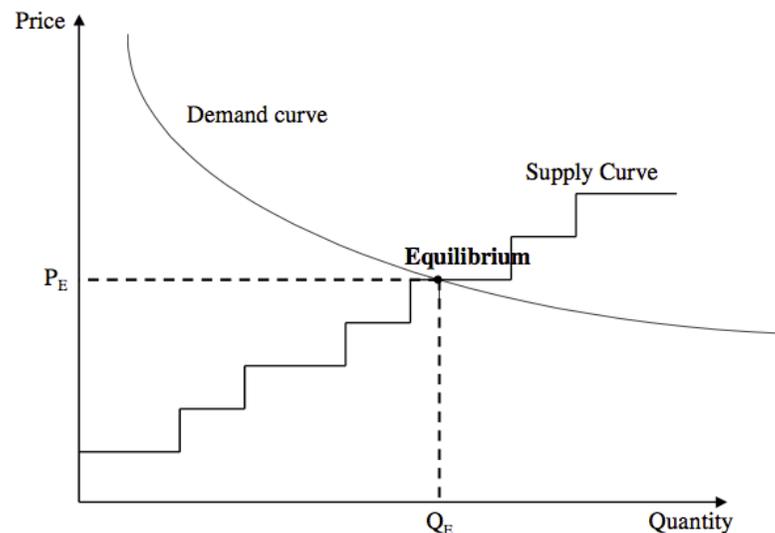
【D-TIMESについて：概要】

燃料や各種エネルギーを指すコモディティと、エネルギー変換を実施するプロセスから構成されており、市場均衡を満たす、かつコスト最小化になるように計算される

インプット・アウトプットのスキーム



市場平衡の考え方



【コモディティ】

- コモディティは、燃料や各種エネルギー（電気・熱）、CO2等を指す

【プロセス】

- 各種コモディティ（石油や天然ガス等）を他のコモディティ（電気やCO2等）に変換するプラントや機能
- プロセスで変換された電気は自動車や熱交換器等に送られるスキームを構築

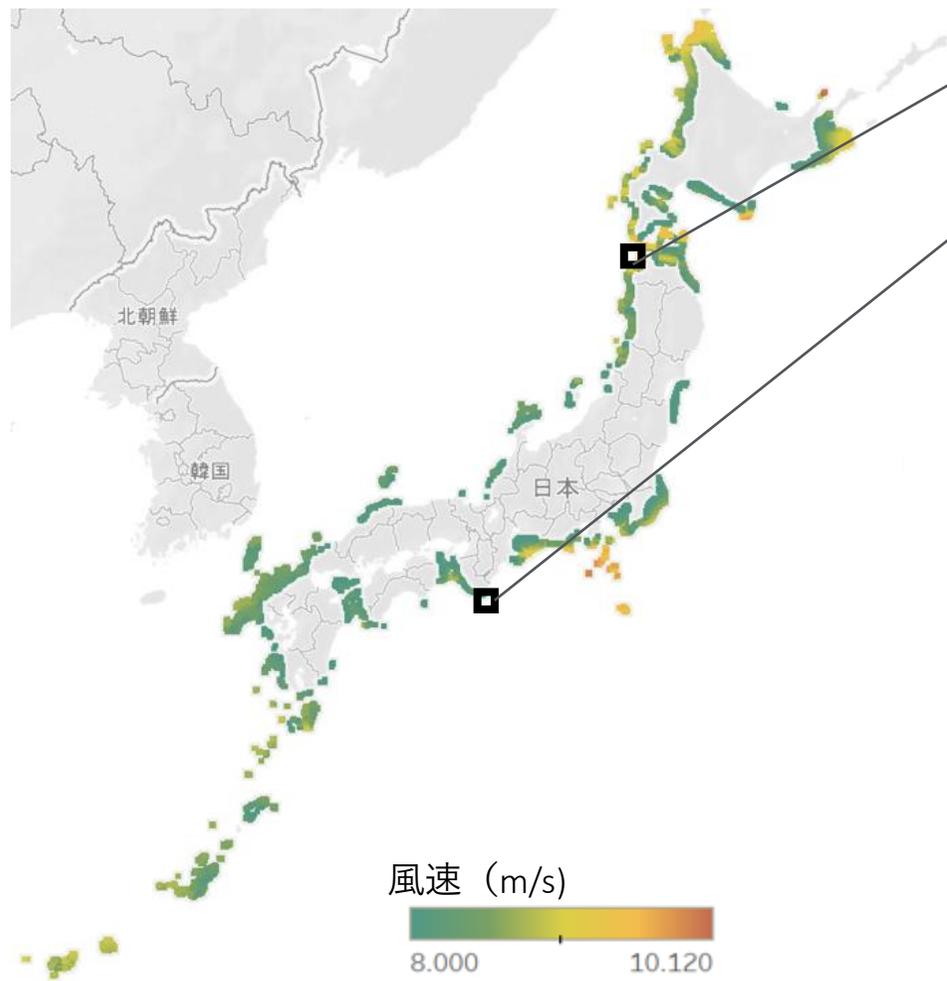
【市場平衡の考え方】

- 対象期間におけるエネルギー需要を満たすエネルギーシステムをコスト最適になるように計算
- 各時間帯別の投資決定は、対象期間全体を踏まえて行われる
- 全てのマーケットにおいて市場平衡が満たされる場合、便益は最大となる

【再生可能エネルギーの地域特性】

どこに建設するかで建設費用と年間発電電力量が大きく異なる

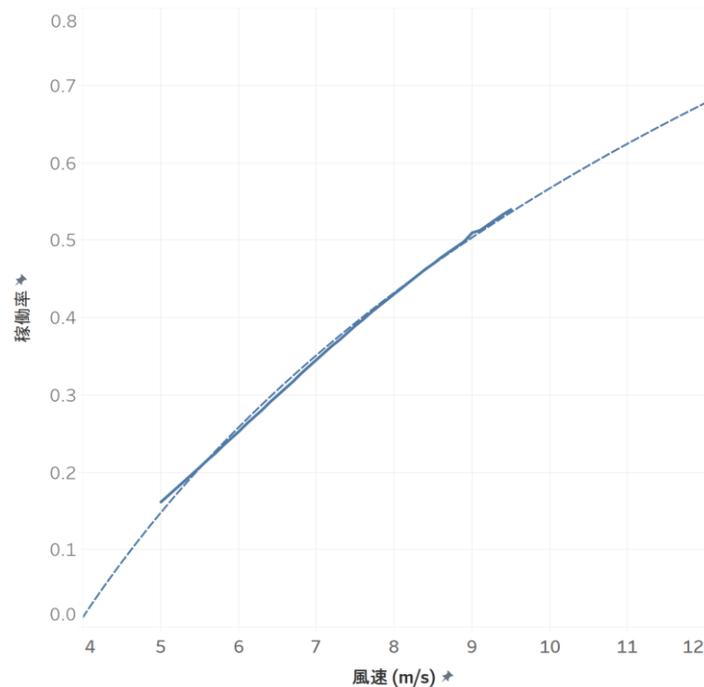
例：着床式洋上風力発電



平均風速：8.42m/s
水深：46m

平均風速：7.02m/s
水深：8m

パワーカーブ（平均風速と稼働率の関係）



【系統情報について】

主要基幹送電線の送電容量を反映することで系統制約を再現した

系統の対象



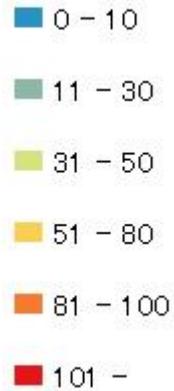
電力会社	対象電圧
北海道電力	275kV, 187kV
東北電力	500kV, 275kV
東京電力	500kV, 275kV
中部電力	500kV, 275kV
北陸電力	500kV, 275kV
関西電力	500kV, 275kV
中国電力	500kV, 220kV
四国電力	500kV, 187kV
九州電力	500kV, 220kV
沖縄電力	132kV

*ノードは変電所を指す、出所：OCCTOを基にDTC作成

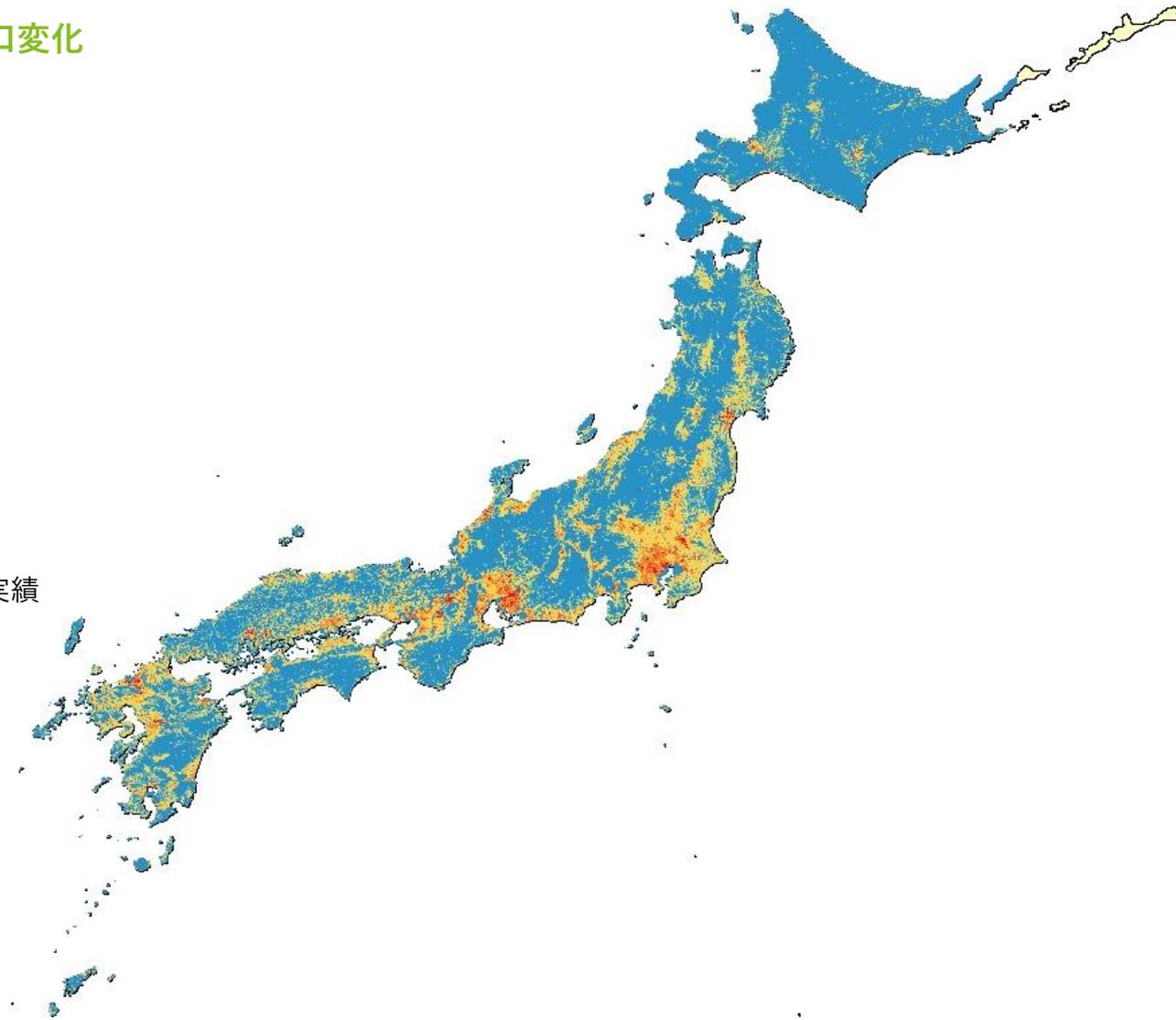
【人口動態について】

地域によって変化が大きく異なる将来推計人口を反映した

2050年へ向けての人口変化



注：100 = 2010年実績



(出典) 国土交通省, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

< 参考：GTAP-Eの構造① >

GTAPモデルの概観

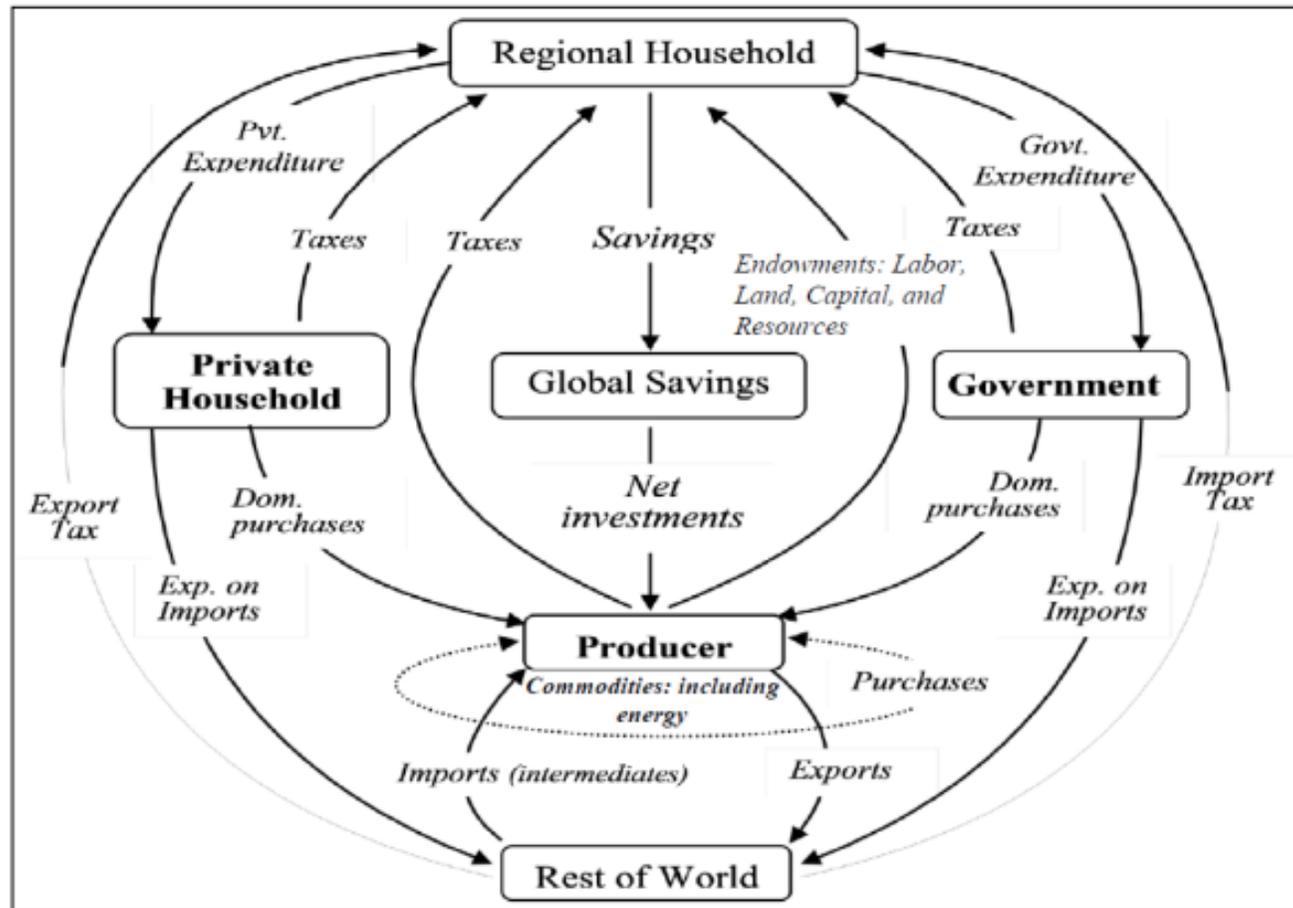


Figure 1. An overview of standard GTAP model: Hertel [11]

< 参考：GTAP-Eの構造② >

本シミュレーションで用いるGTAP-Eモデルの構造（イメージ）

