



## 将来の電力需給シナリオに関する技術検討

デロイト トーマツコンサルティング合同会社

濱崎博、大屋昌士、大久保辰哉、Lee HyoJae

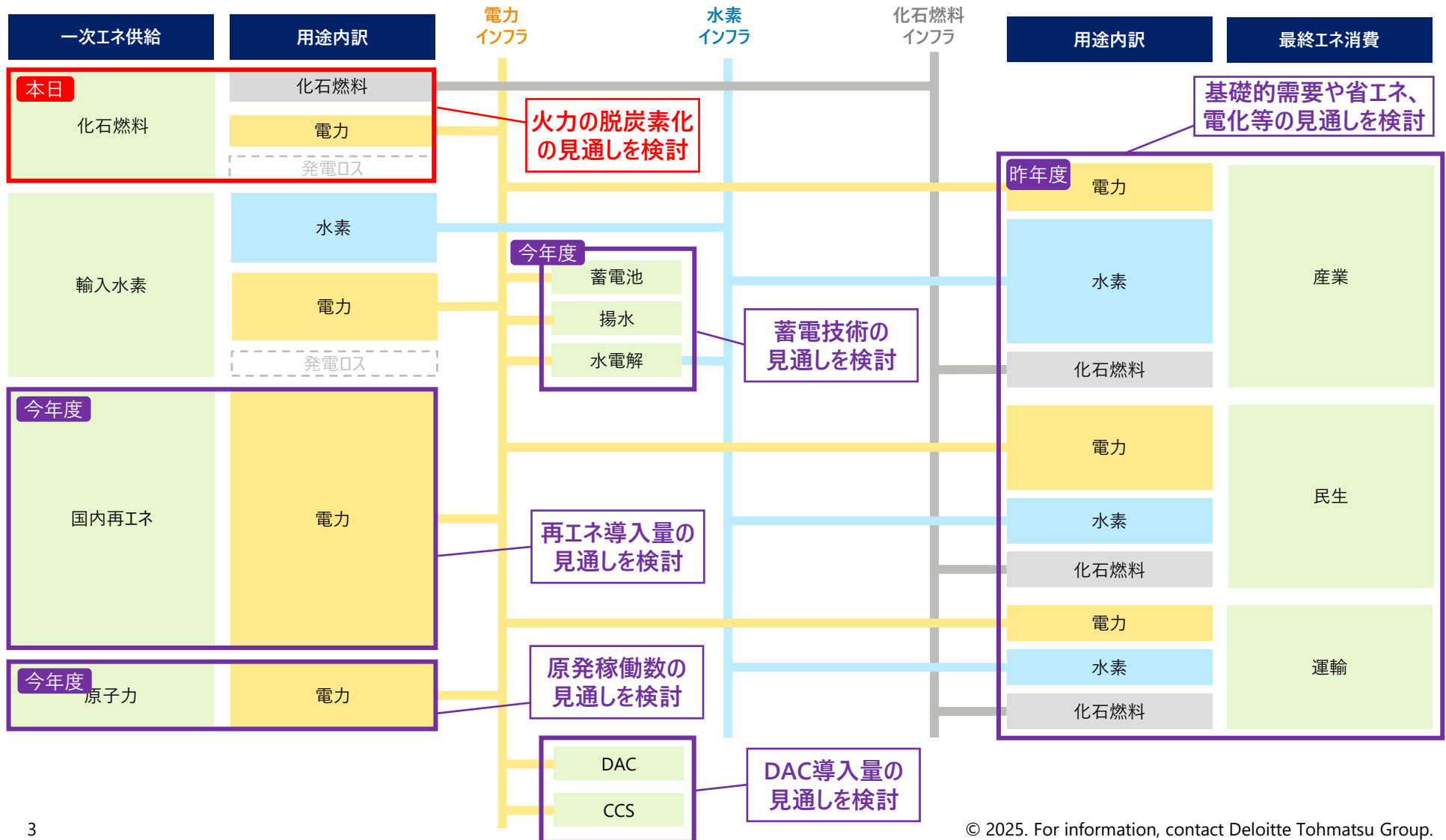
2025年05月21日

## 1 本日の位置付け

|   |         |
|---|---------|
| 1 | 本日の位置付け |
| 2 | 前提条件    |
| 3 | 試算結果    |

# 【本日の位置付け】 2050年カーボンニュートラルを前提として火力発電の脱炭素化の見通しを検討した

## これまでの検討の全体像

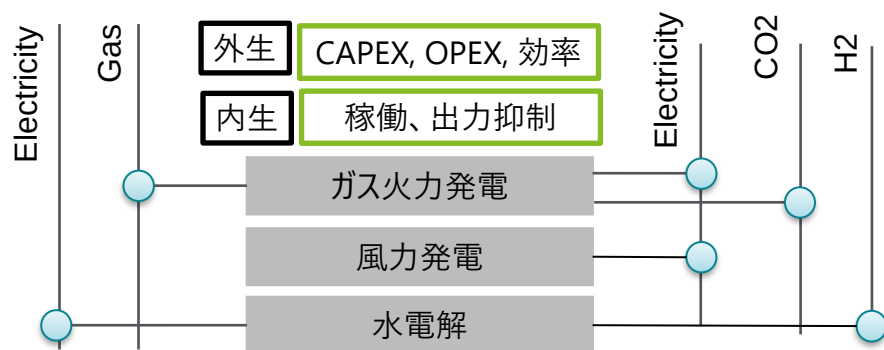


## 【モデル概要】

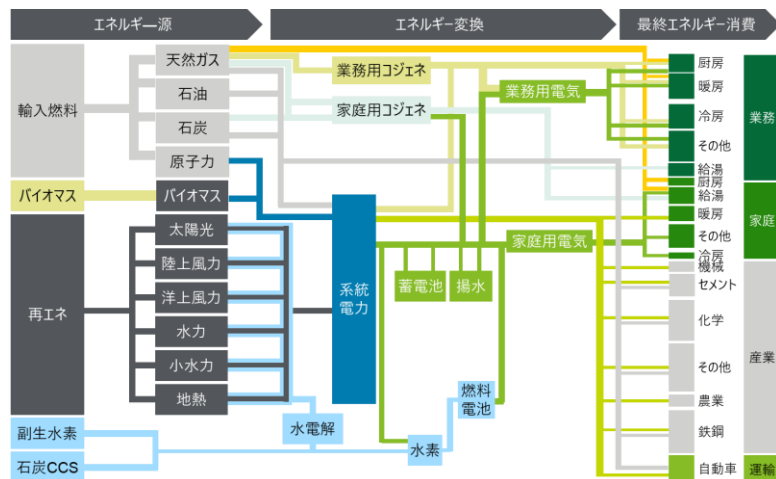
# 日本を高地域粒度で表現したモデルで将来のエネルギー需給の推計を行う

## モデル概要

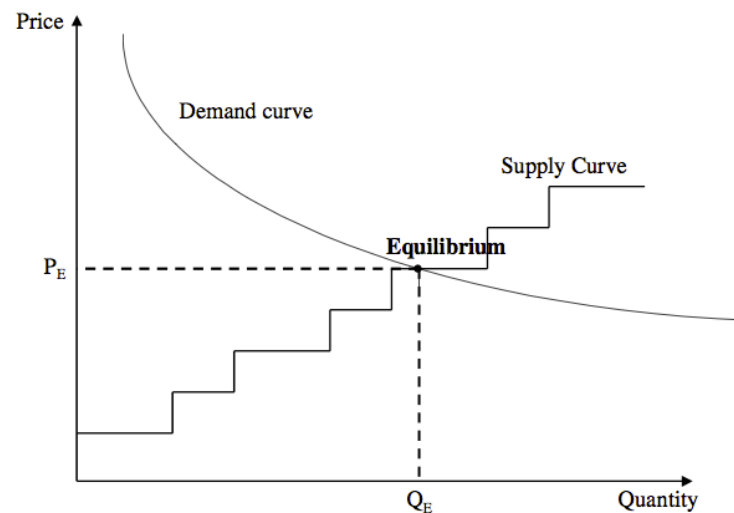
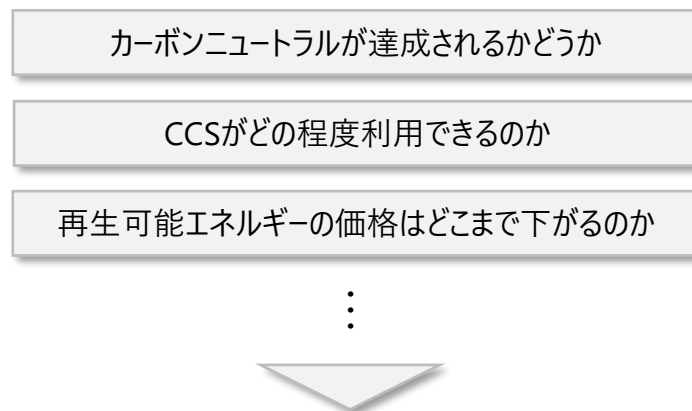
技術とコモディティーの組み合わせ



エネルギーを一つのシステムとして再現



シナリオを与え将来のエネルギーシステムを推計



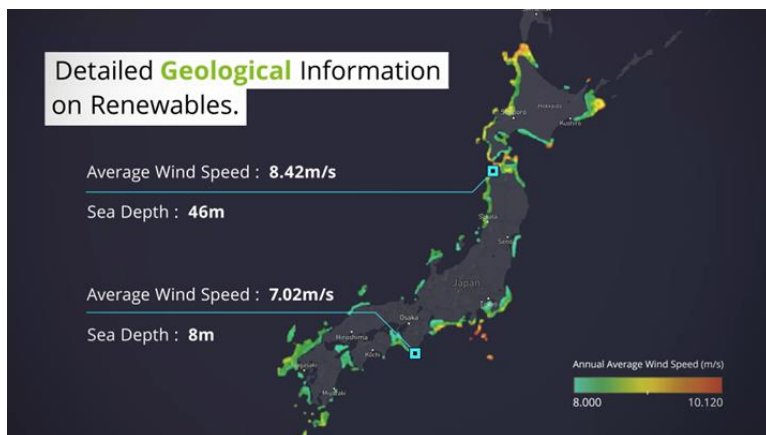
## 【モデル概要】

# 変電所単位での再エネポテンシャルに加え、多様な柔軟性メカニズムをモデルに反映した

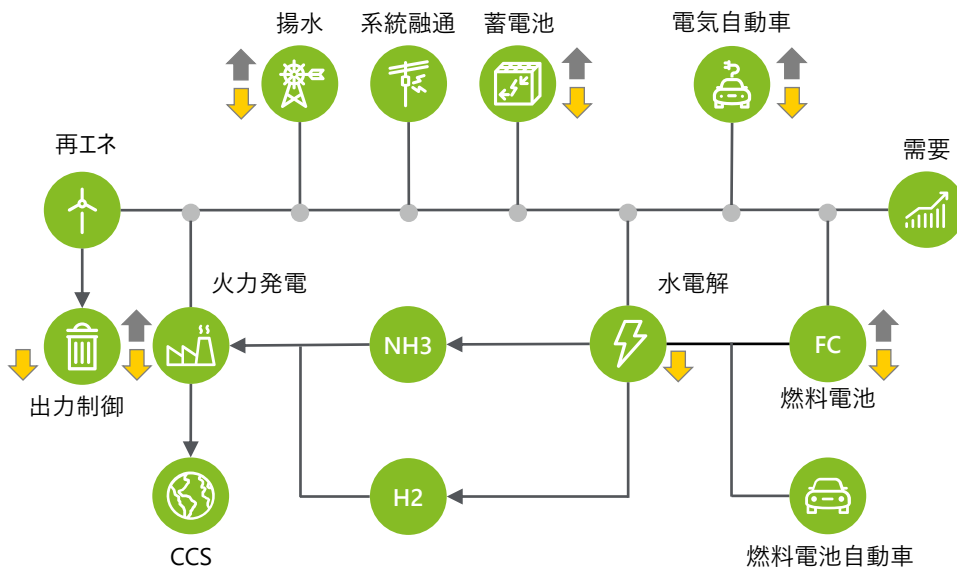
## モデル概要

### GIS再エネポテンシャル情報の反映

例) 風速/水深の分布



### 柔軟性メカニズムの反映



↑ 発電 (上げ調整)  
↓ 充電 (下げ調整)

## 2 前提条件

|   |         |
|---|---------|
| 1 | 本日の位置付け |
| 2 | 前提条件    |
| 3 | 試算結果    |

## 【シナリオの考え方】

# 2050年カーボンニュートラルを前提として将来のエネルギー需給を推計する

## 想定したシナリオ

### ■ 分析目的

- どのような手法、どのような順番、どのような比率、どのような制約のもと、火力発電の脱炭素化が進むのかを分析する

### ■ 分析条件

- 2050年カーボンニュートラルを前提として、2030年以降、CCSの貯留可能量が政府目標に達するシナリオを想定

| シミュレーション条件                      |                                                          |             |             |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------|-------------|
| CO2削減目標*<br>(2013年比)            | CCS貯留量                                                   | 水素・アンモニア輸入量 | 原子力         |
| 2030年：46%削減<br>2050年：カーボンニュートラル | 2030年：0.13億トンを上限<br>2040年：0.96億トンを上限<br>2050年：1.80億トンを上限 | 上限なし        | 2050年：37 GW |

\* CO2削減目標は鉄道や船舶、航空を除くエネルギー起源の排出源を対象

## 【前提条件】

# CO2削減目標や再エネ情報、系統情報等を入力して将来のエネルギー需給を推計する

## 前提条件（電源）

| 分類       |        | 前提条件                                                                                                                              | 参照元                                                                                                                                                                   |
|----------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CO2      | 削減目標   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2030年：46%削減（2013年比）</li> <li>■ 2050年：カーボンニュートラル（森林吸収等によるCO2吸収を考慮）</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 環境省「2021年度の温室効果ガス排出・吸収量について」</li> <li>■ 環境省「地球温暖化対策計画」（2021年10月）</li> </ul>                                                  |
|          | CCS貯留量 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2030年0.13億トン、2050年1.8億トンを上限</li> <li>■ 回収および貯留を含めて約20000円/t-CO2の追加コストがかかると想定</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ JOGMEC「先進的CCS事業の実施に係る調査」に選定した案件の概要（2023）</li> <li>■ 経済産業省「CCS長期ロードマップ検討会 最終とりまとめ」</li> <li>■ RITE「CCSバリューチェーンコスト」</li> </ul> |
| 再エネ導入可能量 |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ CO2削減目標に合わせてコスト最小化計算</li> </ul>                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 環境省や経済産業省の日射量・風況データに基づく</li> </ul>                                                                                           |
| 再エネコスト   | 住宅太陽光  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2030年以降：20.1～26.8万円/kW（発電コスト約9.8円/kWh）</li> </ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 経済産業省 資源エネルギー庁 発電コスト検証WG（令和3年4月）</li> </ul>                                                                                  |
|          | 非住宅太陽光 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2030年以降：13.7～21.1万円/kW（発電コスト約7.3円/kWh）</li> </ul>                                        |                                                                                                                                                                       |
|          | 洋上風力   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2030年以降：40.2～59.4万円/kW（発電コスト約10.0円/kWh）</li> </ul>                                       |                                                                                                                                                                       |
|          | 陸上風力   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2030年以降：14.0～38.0万円/kW（発電コスト約5.2円/kWh）</li> </ul>                                        |                                                                                                                                                                       |
| 火力 + CCS |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 現在稼働中（および計画済）のものは経年45年で廃止されると想定</li> <li>■ CCS石炭火力、CCSガス火力、アンモニア発電、水素発電の新設を考慮</li> </ul> | —                                                                                                                                                                     |



## 【前提条件】

# CO2削減目標や再エネ情報、系統情報等を入力して将来のエネルギー需給を推計する

## 前提条件（燃料、インフラ）

| 分類      |         | 前提条件                                                                | 参照元                                                                                        |
|---------|---------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 化石燃料    | 石炭      | ■ 2010~2019年の輸入価格の平均値：124 USD/tonne                                 | ■ 財務省「貿易統計」                                                                                |
|         | 原油      | ■ 2010~2019年の輸入価格の平均値：80 USD/barrel                                 |                                                                                            |
|         | 天然ガス    | ■ 2010~2019年の輸入価格の平均値：12 USD/Mbtu                                   |                                                                                            |
| 国内水素    | アルカリ水電解 | ■ 2030年以降：初期費用22.3万円/Nm3/h、エネルギー消費量4.3kWh/Nm3                       | ■ 経済産業省「水素基本戦略」<br>■ 経済産業省「2050年CNに伴うグリーン成長戦略」                                             |
|         | PEM水電解  | ■ 2030年以降：初期費用29万円/Nm3/h、エネルギー消費量4.5kWh/Nm3                         |                                                                                            |
| 輸入水素    |         | ■ 2030年：36 USD/GJ（約51円/Nm3-H2）<br>■ 2050年：26 USD/GJ（約37円/Nm3-H2）    | ■ IEA (2023)「World Energy Outlook 2023」<br>■ NEDO (2017)「水素利用等船頭研究開発事業 エネルギーキャリアシステム調査・研究」 |
| 輸入アンモニア |         | ■ 2030年：34 USD/GJ<br>■ 2050年：25 USD/GJ                              |                                                                                            |
| インフラ    | 系統      | ■ 一次変電所までの変電所の系統容量を考慮<br>■ 「広域連系系統のマスタープラン」の増強計画に準拠し、それ以上の系統拡充なしと想定 | ■ OCCTOデータベースおよび広域系統長期方針                                                                   |
|         | 蓄電池     | ■ 2030年：約13.4万円/kW<br>■ 2040年：約11.2万円/kW<br>■ 2050年：約9.1万円/kW       | ■ NREL「Annual Technology Baseline」                                                         |
|         | 電気自動車   | ■ スマートチャージングあり                                                      | —                                                                                          |
|         | 揚水発電    | ■ 各発電所が現状の設備利用率（約3%）以下で稼働すると想定                                      | ■ 経済産業省 資源エネルギー庁「電力調査統計」                                                                   |

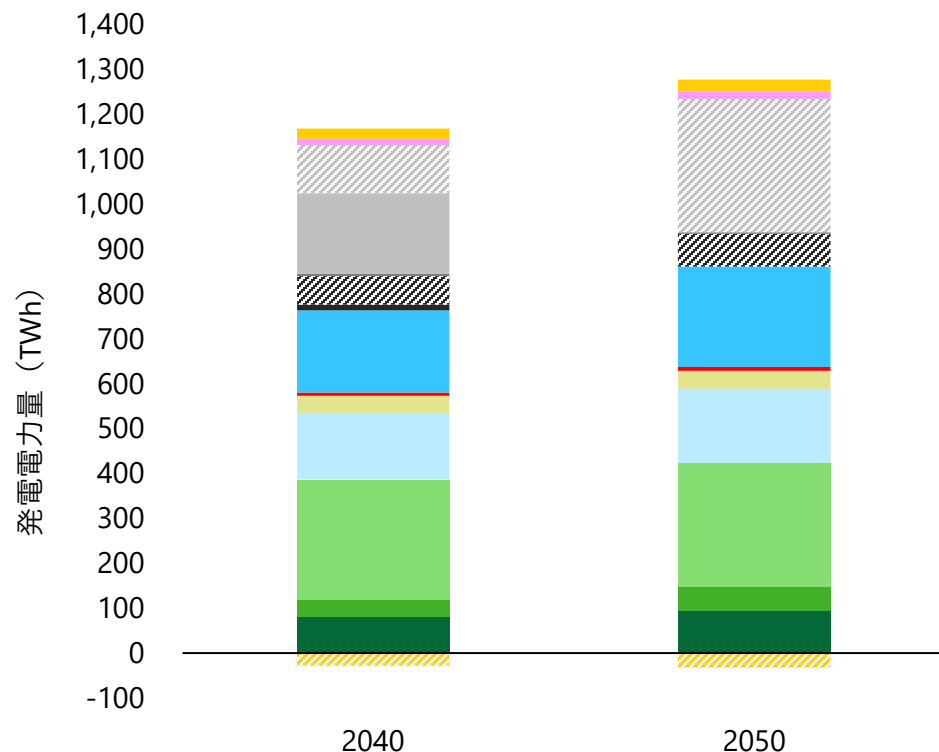
### 3 試算結果

|   |         |
|---|---------|
| 1 | 本日の位置付け |
| 2 | 前提条件    |
| 3 | 試算結果    |

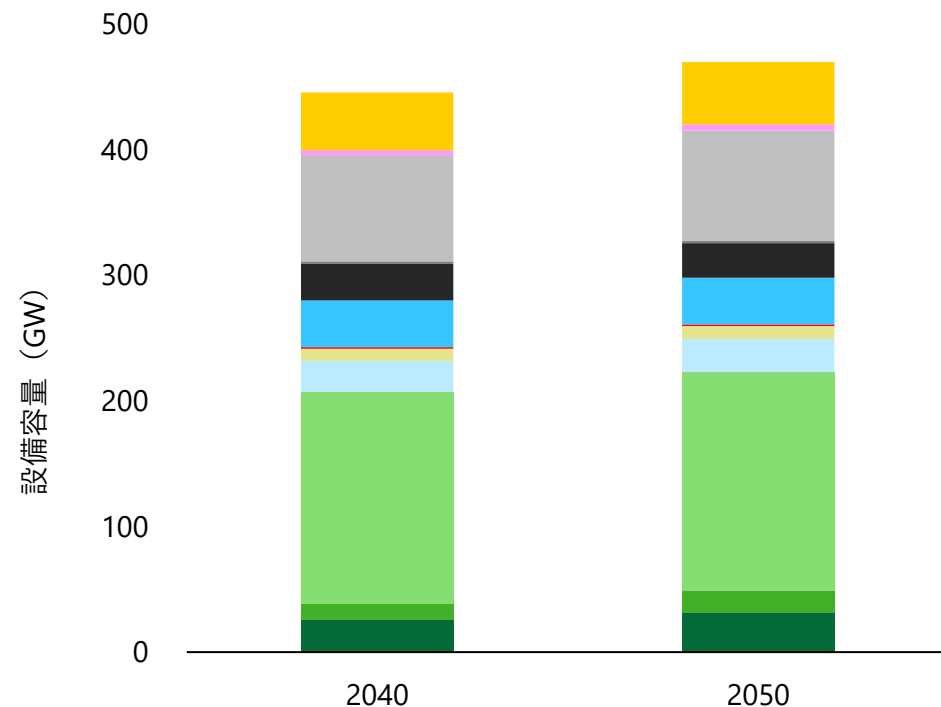
## 【電源構成】

燃料価格の安い石炭火力からガス火力の順番でCCSが導入される

### 発電電力量 (TWh)



### 設備容量 (GW)



■ 洋上風力  
 ■ 太陽光  
 ■ バイオマス  
 ■ 原子力  
 ■ 石炭 (CCSなし)  
 ■ 石炭 (CCSあり)  
 ■ 石油  
 ■ LNG (CCSなし)  
 ■ LNG (CCSあり)  
 ■ 水素・アンモニア発電  
 ■ 揚水・蓄電池 (充電)

■ 陸上風力  
 ■ 一般水力  
 ■ 地熱  
 ■ 石炭 (CCSなし)  
 ■ 石炭 (CCSあり)  
 ■ 石油  
 ■ LNG (CCSなし)  
 ■ LNG (CCSあり)  
 ■ 水素・アンモニア発電  
 ■ 揚水・蓄電池 (充電)

■ 洋上風力  
 ■ 太陽光  
 ■ バイオマス  
 ■ 原子力  
 ■ 石炭 (CCSなし)  
 ■ 石炭 (CCSあり)  
 ■ 石油  
 ■ LNG (CCSなし)  
 ■ LNG (CCSあり)  
 ■ 水素・アンモニア発電  
 ■ 揚水・蓄電池 (充電)

■ 陸上風力  
 ■ 一般水力  
 ■ 地熱  
 ■ 石炭  
 ■ LNG  
 ■ 揚水・蓄電池 (放電)

## まとめ

- 本検討では、2050年カーボンニュートラルを前提として、火力発電の脱炭素化の進展に関して、エネルギーモデルを用いて定量的に分析した。
- シミュレーションの結果、CO<sub>2</sub>貯留量を十分に確保できれば、水素・アンモニアよりもCCSが優先され、より具体的には、燃料価格の安い石炭火力からガス火力の順番で既設火力発電所に対してCCS設備を導入しつつ、CCS火力を新設することが経済効率性の観点から選択される。