資料３－２

英国・EUにおける
カーボンニュートラルシナリオについて

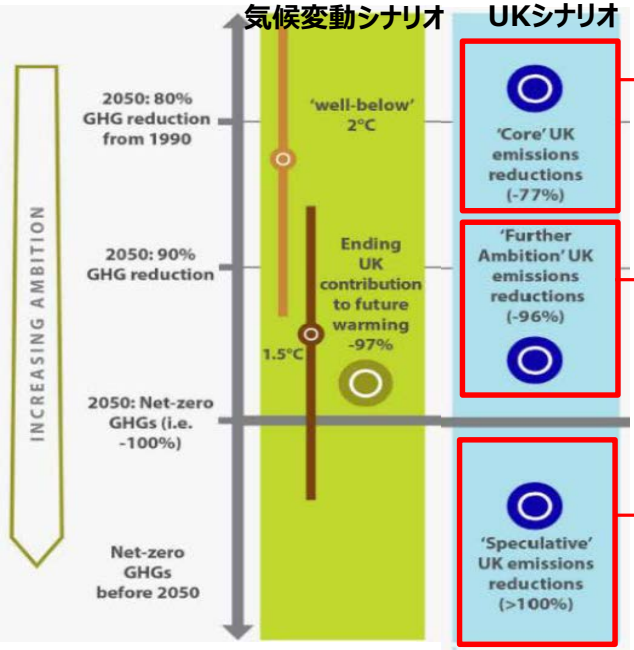
令和２年11月
事務局

（１）英国のカーボンニュートラルシナリオについて

英国におけるカーボンニュートラルの表明の経緯とシナリオの位置づけ

- **2018年4月、80%目標**を前提とした「Clean Growth Strategy」という長期低排出発展戦略を国連に提出。
- 2018年10月、IPCC1.5度報告書の提出を受け、英国政府から気候変動委員会（英国気候変動法に基づく独立機関）に諮問。
- 2019年5月、気候変動委員会は「Net Zero – The UK's contribution to stopping global warming」という報告書で2050年ネットゼロを追求すべきと勧告。
  - ✓**ネットゼロ排出に向けた正確な技術や行動を予測することは不可能**であり、将来の技術ミックスを予測したり規定したりするものではない
  - ✓ミックスがどのようなものか理解し、**可能性のある課題やコストをアセスする**ためのもの

  と説明した上で、**将来のエネルギーミックスを規定するものではなく、一定の前提をおいたシナリオ**として、**3シナリオ（▲約80%、▲約96%、▲100%）**を提示している。
- **2021年に2050年ネットゼロの長期低排出発展戦略を国連に提出**すべく作業を進めている。



※現行政策では、ネットゼロはもちろん、従来の80%削減にも不十分との評価。

①Core
：2050年▲約80%に向けたシナリオ
※産業、農業、航空、建築等で排出残余

②Further Ambition（野心的）
：2050年▲約96%に向けたシナリオ
※①の施策の深掘りに加え、産業部門での排出削減、BECCS等も活用し、また民生（建物）部門での水素を用いたヒートポンプや地域暖房の利用による更なる削減を追求。

③Speculative（投機的）
：2050年ネットゼロに向けたシナリオ
※②の施策の深掘り、炭素除去（例：BECCSやDACCS）、カーボンニュートラル合成燃料（例：藻や再エネから生産）の３つのオプションでネットゼロを実現

※複数の道筋（シナリオ）で達成する絵姿としているため、**部門別の排出量キャップも設定していない**。

出典）Net Zero The UK's contribution to stopping global warming (2019), Fig.1

各シナリオの対策例

- **Coreシナリオ（▲約80%）**では、各セクターごとに実現可能性やコスト、現行政策を考慮して、①技術（technology）や、②行動変容（behavior）に関する対策例を実施するもの。
- **Further Ambitionシナリオ（▲約96%）**は、Coreシナリオより技術的にも難しく、コストの高い選択肢であり、まず排出量をゼロ近づけることができるセクター(電力・建物等)、次に脱炭素化が難しいセクター（農業・航空等）、最後にCO_2を除去するためのオプション（BECCS・DACCS）を深掘り。
- さらに、**Speculative シナリオ（▲100%）**では、上記シナリオの残余排出を削減するために、発展途上の技術である、①Further Ambitionシナリオの複数オプションの深掘り、②炭素除去技術の深堀り、③合成燃料利用等、の3つの対策を提示。

部門	Core(約▲80%)シナリオ/Further Ambition（約▲96%）シナリオでの対策例
電力	再エネ、原子力・水力等の低炭素電源、 CCSと水素による脱炭素ガス
建物	ヒートポンプ、水素による地域熱、スマート貯蔵ヒーティング
産業	CCS、水素利用、電化、資源効率化による省エネ
運輸	電気自動車、電気及びFCトラック
航空	ハイブリッド電動航空機（2040年以降）
船舶	アンモニア燃料
土地利用・森林	植林、泥炭地の修復、牛・子羊から豚・鳥への消費の変化
炭素除去	BECCS、DACCSなど

出典）Net Zero The UK’s contribution to stopping global warming (2019),Table.5.1等から作成

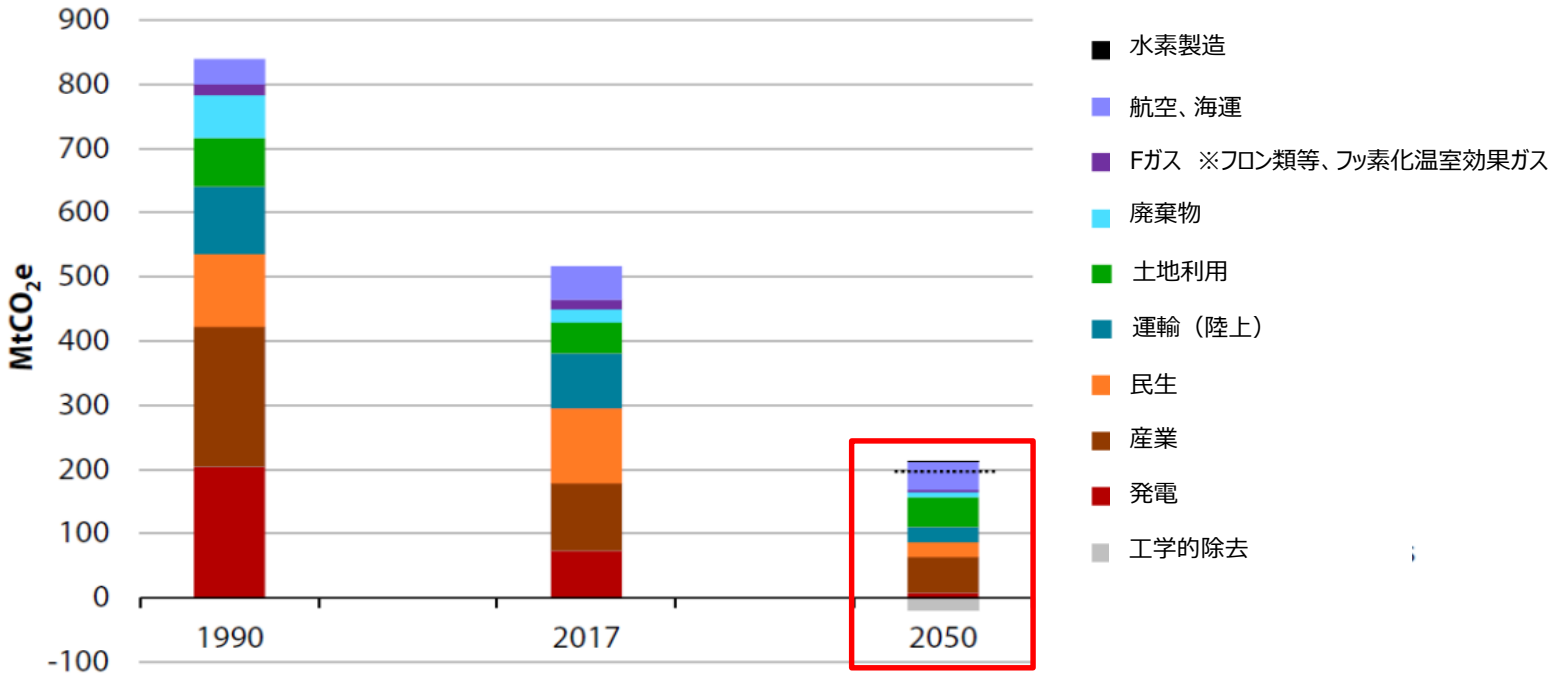
Coreシナリオ（▲約80%）

- Coreシナリオでは、具体的な対策として、
  - ✓ 電力部門：再エネ、原子力・水力等の低炭素電源化、
  - ✓ 民生部門：エネルギー効率の改善と低炭素暖房の普及等による住宅の脱炭素化
  - ✓ 産業部門：ヒートポンプ・水素利用などの資源効率化による省エネ、CCS利用
  - ✓ 運輸部門：自動車・トラックの電動化、船舶のアンモニア燃料化、航空のバイオ燃料の導入
  - ✓ 炭素除去：BECCS等の脱炭素技術の導入

等を実施し、2050年排出量は1.93億tCO_2（1990年比**約80%減**）を想定。

- **産業、農業、航空、重量貨物輸送、民生熱需要等の脱炭素化が難しい分野**で**残余排出**が発生。

2050年CoreシナリオにおけるGHG排出量（1990、2017年比較）



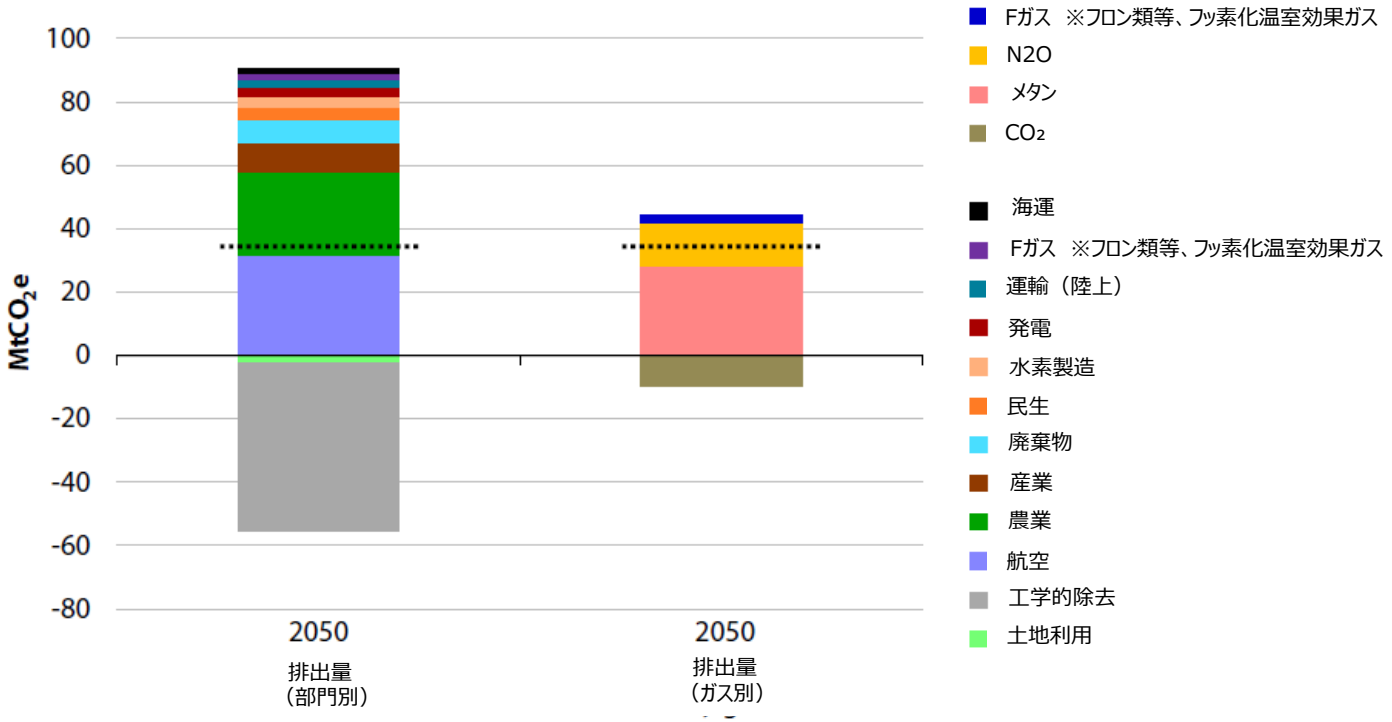
出典）Net Zero The UK's contribution to stopping global warming (2019), Fig.5.3

Further Ambition（野心的） シナリオ（▲約96%）

- Further Ambitionシナリオでは、
  - ✓ 電力部門・建築物・産業では、電源のさらなる低炭素化や、電化率の向上、CCSを進め、
  - ✓ 運輸部門では、さらなる自動車の電動化や航空部門のバイオ燃料・ハイブリッド電動航空機の導入を実施、
  - ✓ 炭素除去では、BECCSのさらなる導入や、一部DACCSの導入

  など、**Coreシナリオより技術的に難しく、コストの高い対策を実施**し、2050年排出量は0.35億tCO_2（1990年比**約96%減**）を想定。
- **産業、農業、航空等の脱炭素化が難しい分野**で**残余排出**が発生。

2050年Further Ambitionシナリオにおける残余排出



出典）Net Zero The UK's contribution to stopping global warming (2019), Fig.5.5

Speculativeシナリオ（▲100%）対策例

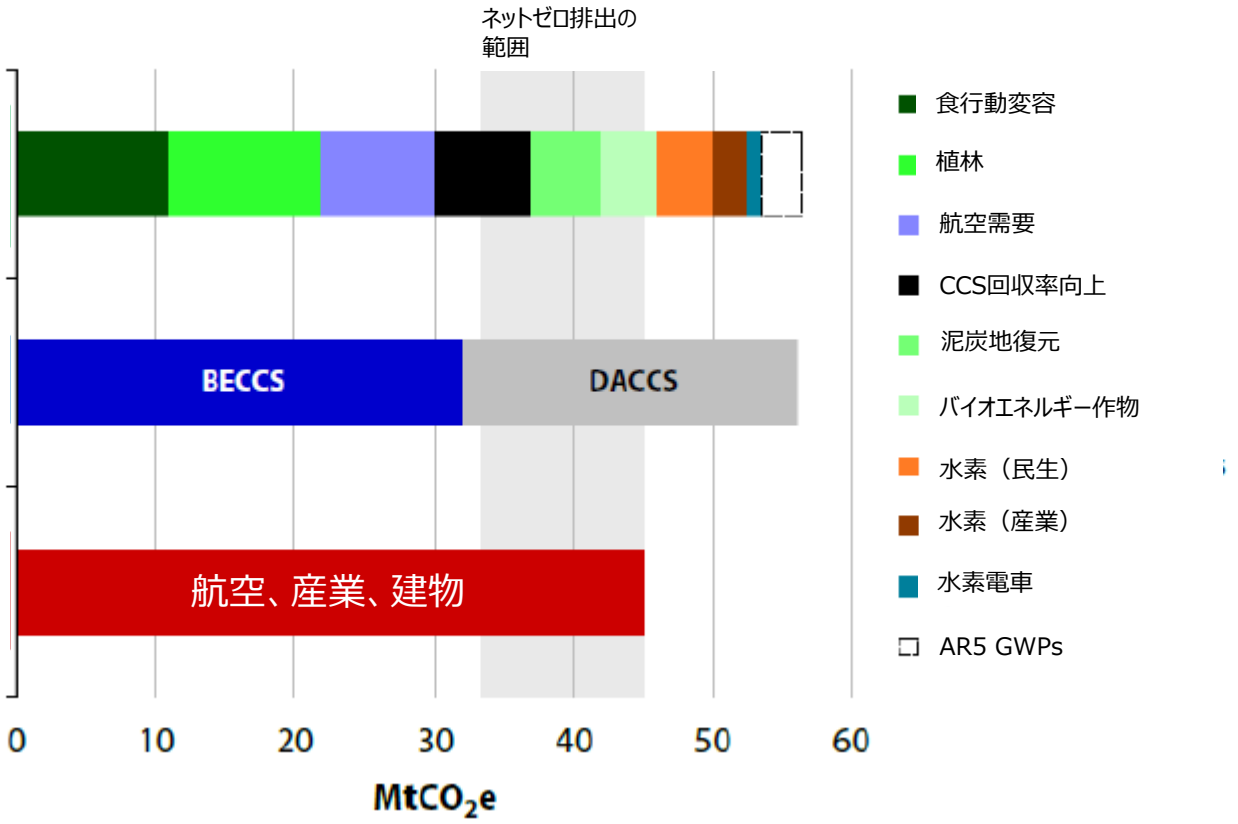
- Speculativeシナリオでは、Further Ambitionシナリオの残余排出を削減するための対策として、**技術導入には発展途上であり、コストの高い**、①Further Ambitionシナリオの複数オプションの深掘り、②BECCSやDACCS等の**炭素除去**技術の深掘り、③藻や再エネから生産される等の**カーボンニュートラル合成燃料**、の3つのいずれかの対策により**2050年カーボンニュートラル**を想定。

2050年Speculativeシナリオにおける残余排出の深掘り

① Further Ambition複数オプションの深掘り

②炭素除去
BECCSとDACCS

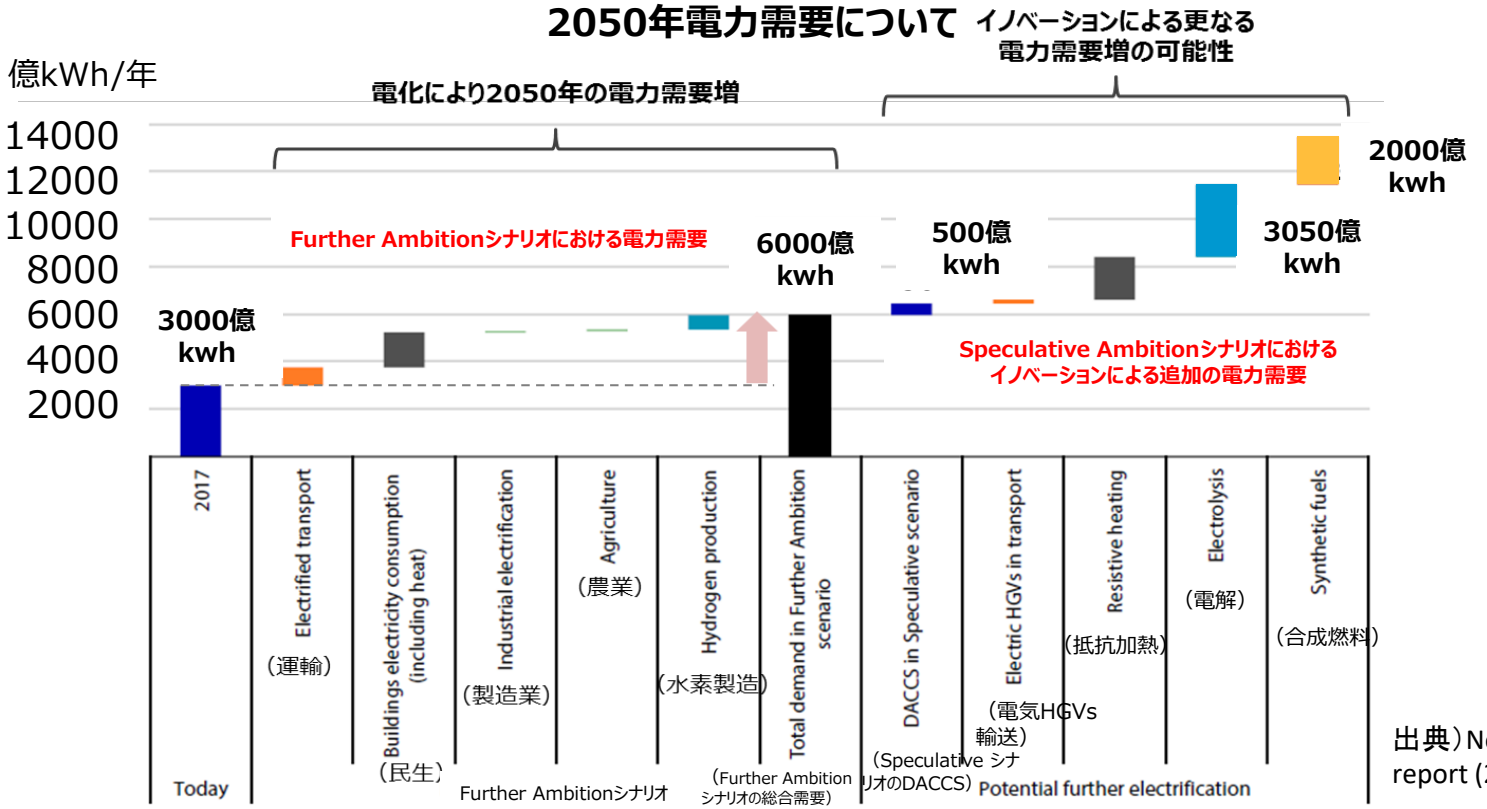
③カーボンニュートラル合成燃料
藻や再エネから生産



出典）Net Zero The UK's contribution to stopping global warming (2019), Fig 5.7

英国シナリオにおける電力需要

- 2017年から2050年にかけて、**輸送の電動化･建築物の電力消費、水素製造など**によって**電力需要**は、
  ①**Coreシナリオ**では、5000億kWh程度と**約1.7倍**
  ②**Further Ambitionシナリオ**では、6000億kWh程度と**約2倍**に増加。
  ③**Speculativeシナリオ**では、DACCS（＋500億kWh）や電気分解による水素製造（＋3050億kWh）など、さらに**電力需要が拡大する対策の実施が想定**されている。

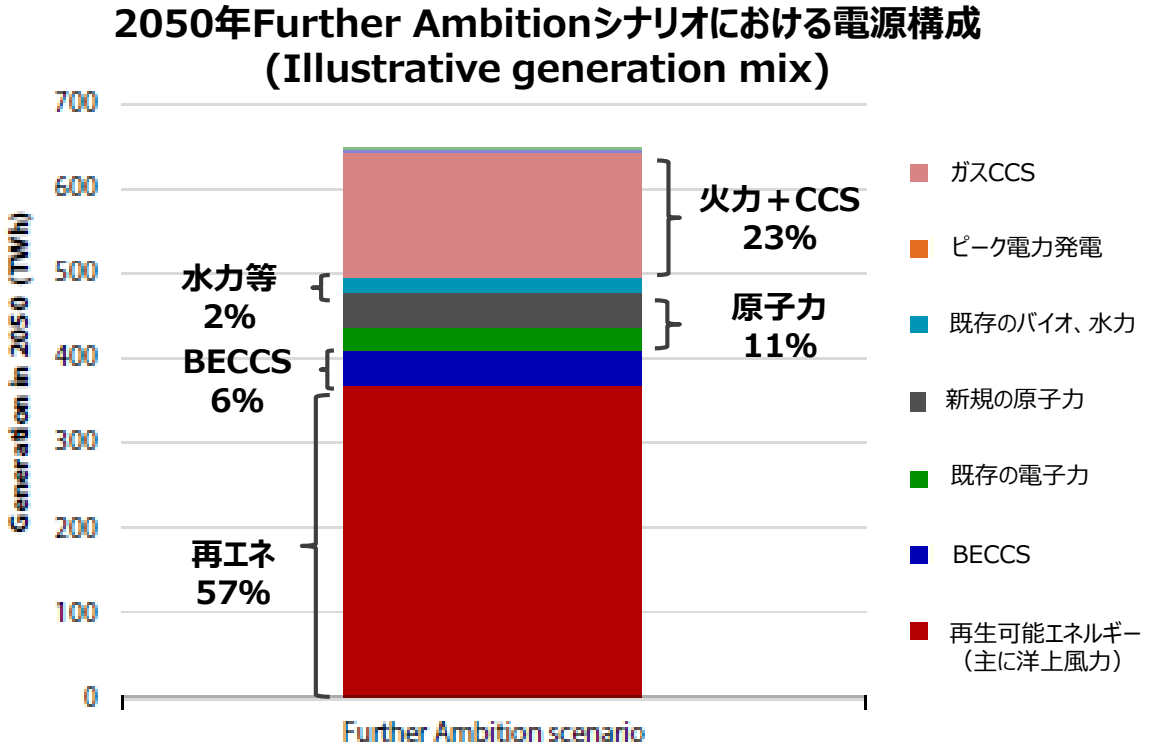


出典）Net Zero Technical report (2019), Fig 2.3

英国シナリオにおける電源構成イメージ

- **安定供給を維持しながら、最小コストで電力需要増加を達成するための電源構成を正確に出すことは不可能**であるため、**イメージとして、再エネ（水力含む）は59%**(50%まではグリッド制御等により可能、50%以上についてはシステムの柔軟性の改善により可能）、**BECCSは6%**、**原子力は11%**、**残りの23%がCCS付きガス火力発電という電源構成（indicative/illustrative generation mix）**を示している。

※水素発電は再エネ発電が少なく需要が大きいとき、さらに、蓄電がその差を埋められないときのバックアップ電源として想定されている。



出典）Net Zero Technical report (2019), Fig 2.5

（２）EUのカーボンニュートラルシナリオについて

EUにおけるカーボンニュートラルの表明の経緯とシナリオの位置づけ

- 2018年11月、欧州委員会は、2050年のカーボンニュートラル経済の実現を目指す「A clean planet for all」という**「ビジョン」を公表**。

  ※本ビジョンより新しい政策を打ち出すことを決定するものではなく、EUの気候・エネルギー政策の**方向性（direction of travel）を示す**ことが明記されている。
- 2020年3月に国連に提出したパリ協定長期戦略では、このビジョンに基づく議論の結果として2050年「気候中立」合意に至ったとの説明。
- なお、ビジョンでは、**具体的なエネルギーミックスの目標を決定している訳ではなく**、**削減の道筋には様々なオプションが考えられる**ことから、
  - ✓ **技術の成功に関する長期の不確実性が大きい**。
  - ✓ ベースラインや脱炭素化シナリオは、単にシナリオでしかない。
  - ✓ **技術の進展、消費者の選択、規制により異なった結果をもたらす**。
  - ✓ モデルの結果は、注意を持って解釈せねばならず、現実の近似したものとして形式化されたものであることを認識しなくてはならない。

  といった認識の下、**どのような対策を実施するか複数の前提**を置き、**80%（5つ）、90%（1つ）、100%削減（２つ）となる8シナリオ**を分析。

(出典)IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM(2018)773 P.53

2050年カーボンニュートラルに向けたEUの対策・シナリオ①

●各シナリオを実現するために、以下の**7つの対策（Building Block）**を共通して実施するとしている。

①**エネルギー効率の最大化**（ZEBを含む）：デジタル化や既設住宅への対策等、エネルギー消費効率の向上。

②**再エネ導入の最大化、電力の脱炭素化**の推進
：再エネ、原子力を骨組みに脱炭素電源を推進。再エネ普及のためのエネルギー貯蔵、デマンドレスポンスの推進。

③**クリーン、安全、コネクティドモビリティ**の推進
：電化に加えて、代替燃料、モーダルシフトおよび個人や企業による行動の変化を取り込んだ運輸部門の脱炭素化。

④**産業政策と資源循環経済**
：CCU（合成燃料、プラスチックや建築素材）、水素、バイオマス等
特に、鉄、セメント、化学を対象。研究開発によるコスト低減。

⑤**スマートネットワークインフラ**：輸送システムとエネルギーシステムの最適なグリッドを追求したEU大でのネットワーク化。

⑥**バイオ経済と吸収源**：バイオエネルギー消費増大。森林吸収源の確保。農業分野の効率化。

⑦**CCS**：エネルギー多消費産業の残余排出、BECCS、カーボンフリー水素製造への活用。

2050年カーボンニュートラルに向けたEUの対策・シナリオ②

● （１）～（３）の３つの削減目標と８つのシナリオを提案。
※ベースラインシナリオ（EU内で合意された現行の対策の延長）では**2050年▲64%（1990年比）に留まる**。

（１） 2℃相当（2050年▲80%）

◇脱炭素エネルギーキャリアによるGHG排出削減シナリオ

①電化：全てのセクターで**電化を重点化**（特に、産業プロセスの電化、輸送部門の電化の促進）

②水素：産業、運輸、建築分野での**水素利用**

③Power-to-X：産業、運輸、建築分野でCO_2を原料とする**合成燃料（e-fuel）の利用**

◇需要によるGHG排出削減シナリオ

④省エネルギー：全セクター（特に産業、運輸、建築分野）での**エネルギー効率向上**

⑤資源循環：リサイクル、リユース、シェアリング、材料効率向上等の**資源循環政策**により実現

（２） 上記対策の組み合わせ（2050年▲90%）

⑥組み合わせ：上記(1)の手法により**90%削減となるよう、費用対効果の高い方法**で組み合わせ

（３） 1.5℃相当（2050年ネットゼロ）

⑦技術：⑥組み合わせを深堀り、**脱炭素化が困難な部門の排出をネガティブエミッション技術（BECCS、DACCS等）で補完**。

⑧行動変容：⑥組み合わせを深堀り、**脱炭素化が困難な部門の排出を生活の行動変容（自動車シェアリング、冷暖房の更なる合理的利用、食の変化、 オンライン会議による長距離移動の代替）で補完**。

EUの想定8シナリオ

長期戦略におけるオプション

	電化 (ELEC)	水素 (H2)	Power-to-X (P2X)	省エネルギー (EE)	資源循環 (CIRC)	組み合わせ (COMBO)	1.5℃ 技術 (1.5TECH)	1.5℃ 行動変容 (1.5LIFE)
主要な要素	全てのセクターで電化を重点化	産業、輸送、建物での水素利用	産業、輸送、建物での合成燃料利用	全セクターでのエネルギー効率向上	資源、材料効率の向上	2℃シナリオから費用対効果の高い方法で組み合わせ	COMBOからBECCS,CCSの更なる利用	COMBOとCIRCからさらに行動変容
温室効果ガス2050年目標	−80%GHG（吸収源を除く）（“2℃を大きく下回る”野心）					−90%GHG（吸収源を含む）	−100%GHG（吸収源を含む）（“1.5℃”野心）	
主要仮説	・2030年以降の省エネの向上 ・持続可能、高度なバイオ燃料の展開 ・適度な資源循環対策 ・デジタル化				・インフラ配備のための市場調整 ・2℃シナリオ下ではBECCSは2050年以降のみに存在 ・低炭素技術について著しい learning by doing ・輸送システム効率の著しい改善			
電力部門	2050年までに電力はほぼ脱炭素化。 システム最適化による再エネシステム施設の強力な浸透力（デマンドサイドレスポンス、貯蔵、相互接続、プロシューマーの役割）。原子力は依然として電力部門で役割を果たし、CCS配備は限界に直面。							
産業	プロセスの電化	対象アプリケーションでの水素利用	対象アプリケーションでの合成ガス利用	省エネによるエネルギー需要の減少	高いリサイクル率、代替材料、循環対策	対象アプリケーションでの“2℃を大きく下回る”シナリオから費用効果のあるオプションの組み合わせ	COMBOの強化	CIRC＋COMBOの強化
建物	ヒートポンプの配備増加	暖房用水素の配備	暖房用合成ガスの配備	リノベーション率の向上	持続可能な建物			CIRC＋COMBOの強化
輸送部門	全輸送方法用の電化の迅速化	HDVs (LDVs)用水素配備	全ての方法のための再生燃料配備	モーダルシフトの増加	サービスとしての可動性			CIRC＋COMBOの強化 航空旅行の代替
他の要素		配ガス網における水素	配ガス網における合成ガス				自然吸収源の限定的向上	・食生活の変化 ・自然吸収源の向上

80%減（2℃シナリオ）異なる技術オプション

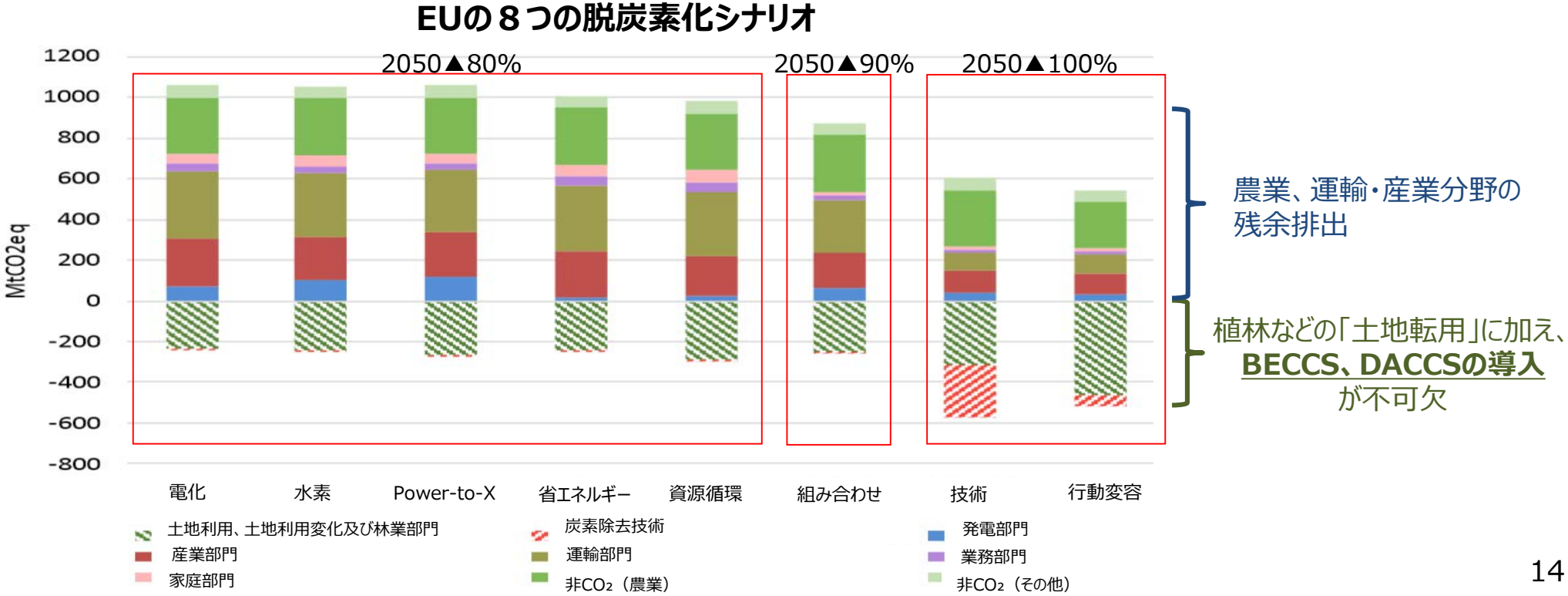
90%減 組合せ

ネットゼロ（1.5℃シナリオ）BECCS/CCS、行動変容

出典）A Clean Planet for all IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM (2018), Table 1

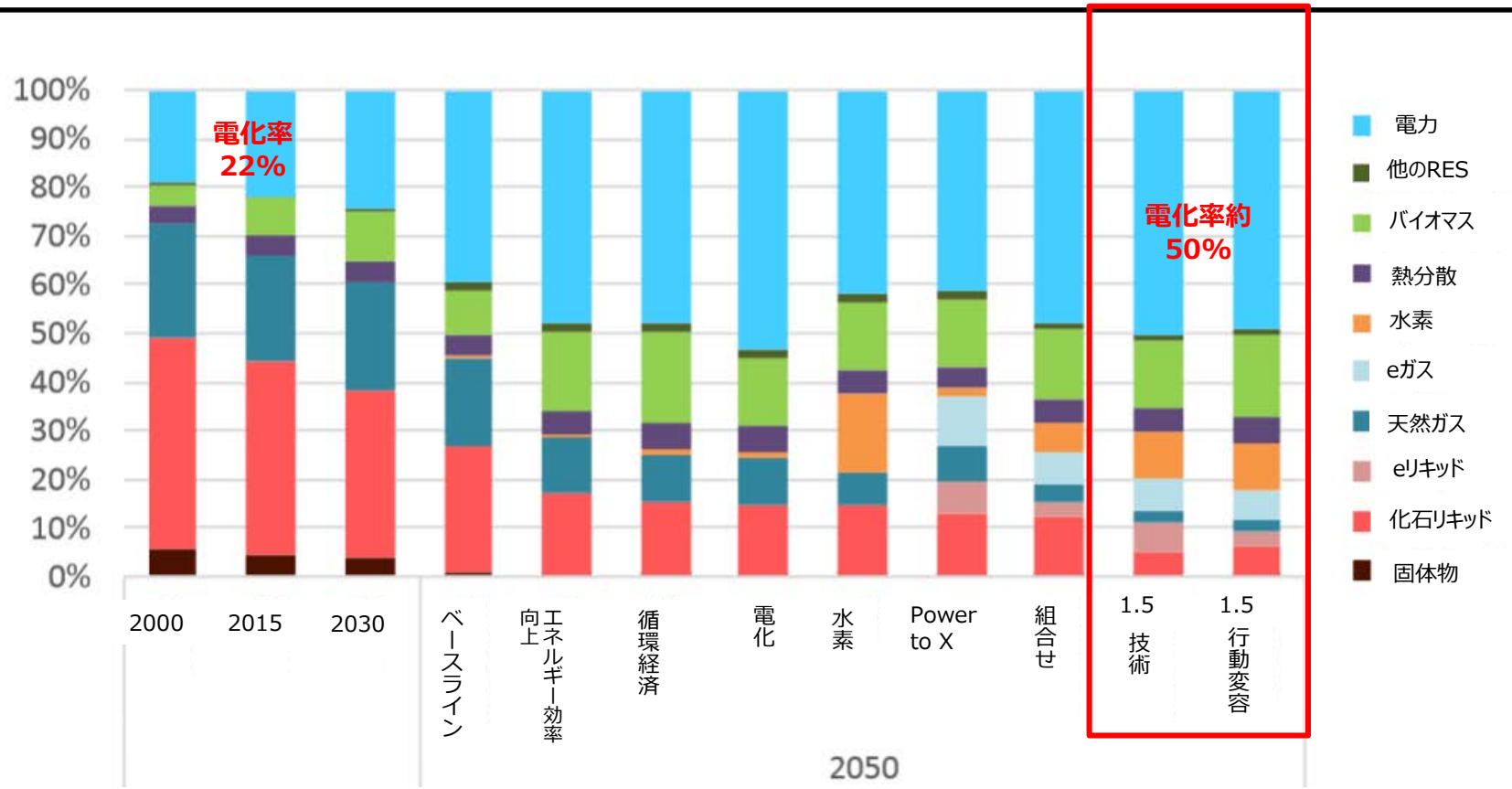
EUの８つのシナリオ概要

- 「電化」、「水素」、「合成燃料」、「省エネ」、「資源循環」の各シナリオでは▲80%になるように分析。「組み合わせ」はこれらを費用対効果の高い方法で▲90%になるようにしたもの。
- **農業や運輸、産業などの部門では、現在の技術では排出ゼロを実現できず**、カーボンニュートラルの実現には、植林などの「土地利用に加え」、BECCS（バイオマス発電＋CCS）、DACCS（大気からCO_2回収＋CCS）**などの炭素除去（ネガティブエミッション）技術の活用が不可欠**とされている。
- 各シナリオで**電化率、電力需要、電力消費が増加、電力消費者価格の上昇**を想定。
- 現在**EUETS価格（EU排出量取引制度の炭素排出枠価格）**は約25EUR/t-CO_2、2030年の28EUR/t-CO_2、2050年に▲80%シナリオで250EUR/t-CO_2、▲100%シナリオで350EUR/t-CO_2と**大幅な上昇を想定**。エネルギー総コストも2040年に大幅に上昇し、その後減少することを想定。**今後、研究開発が進展することにより、こうしたコストが低減していく**ことについても言及。



EUシナリオにおける電化率

- いずれのシナリオにおいても、再エネの導入により、最終エネルギー消費における電力の割合は、2015年の22%から各シナリオで大幅に増加、**2050年カーボンニュートラルのシナリオでは電化率が50%に増加**することを想定。
- 電化はほぼ全ての部門で進むが、**とりわけ運輸部門が最も大きく進展し、住宅や産業部門も大きく進展**することを想定している。

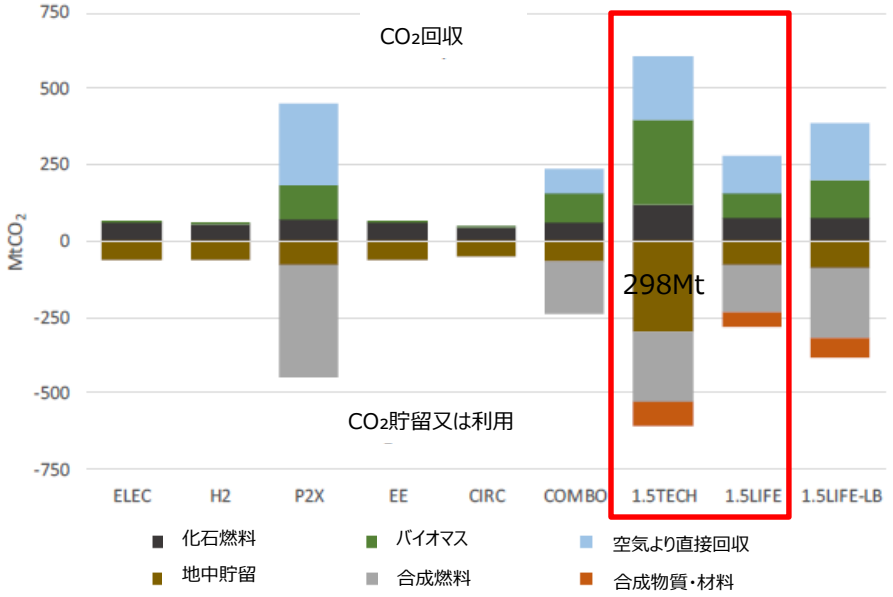


出典）A Clean Planet for all IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM (2018), Fig.20

CCUS/カーボンリサイクル、ネガティブエミッション技術の活用

- 各シナリオで、化石燃料、バイオマス燃料から排出されるCO₂の回収や、DAC活用により回収された大気中のCO₂を、**CCUS/カーボンリサイクル技術を活用して地中貯留、合成燃料・材料に活用するネガティブエミッション技術が大きな役割を果たす**ことを想定。
- 特に、2050年カーボンニュートラルのシナリオの1.5技術シナリオでは大幅な活用が想定されている。

CO₂の回収・貯留・利用バランス



出典：*PRIMES*

Table 8: 地中貯留 ($MtCO_2$)

CCS	ベースライン	電化	水素	Power to X	エネルギー効率向上	循環経済	組合せ	(1.5)技術	(1.5)行動変容	5LIFE-LB
電力	5	6	7	16	4	7	7	218	9	20
産業	0	59	57	61	60	44	60	81	71	71
合計	5	65	63	77	65	52	67	298	80	92
バイオマスより	0	5	6	6	4	5	6	178	6	14

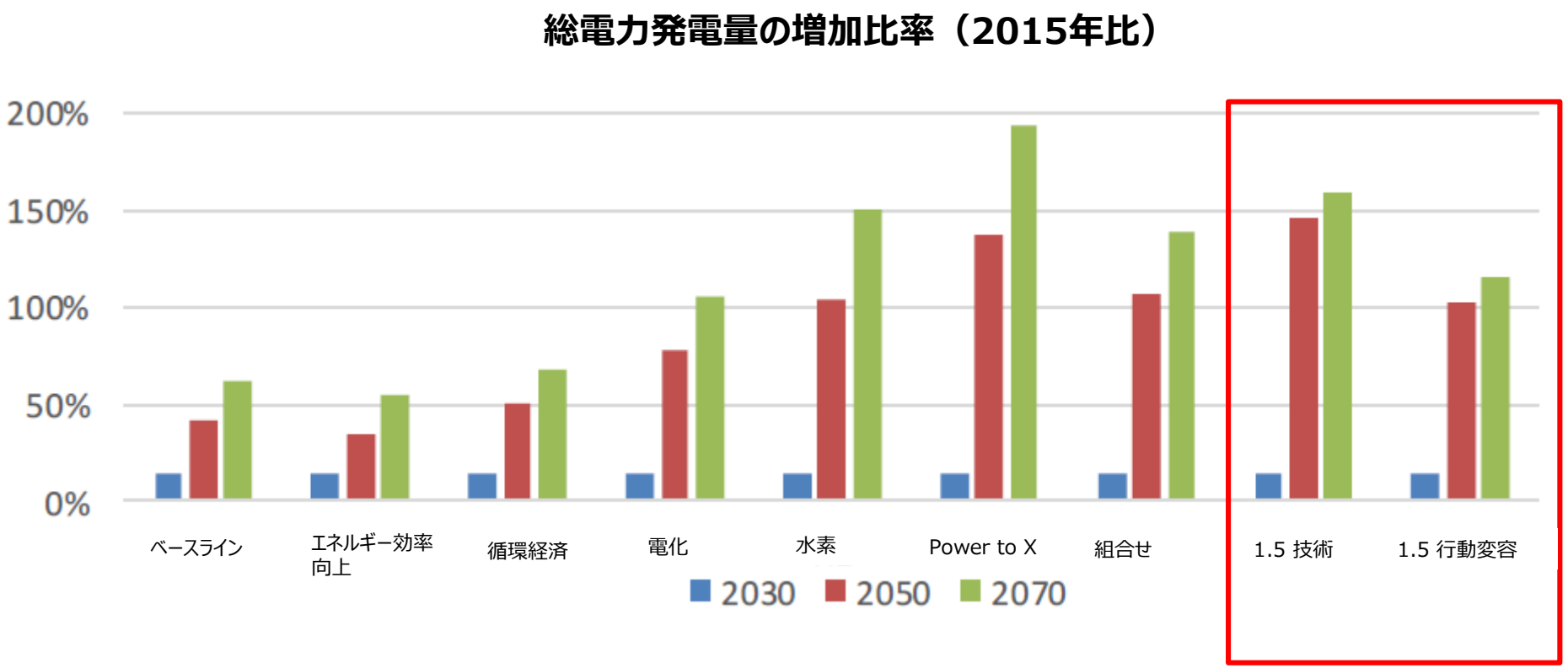
＊注：*PRIMES*シナリオにおいては、バイオマスCCSは主に電力セクターで使用

出典：*PRIMES*

出典）A Clean Planet for all IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM (2018), Fig. 89, Table 8

EUシナリオにおける発電電力量

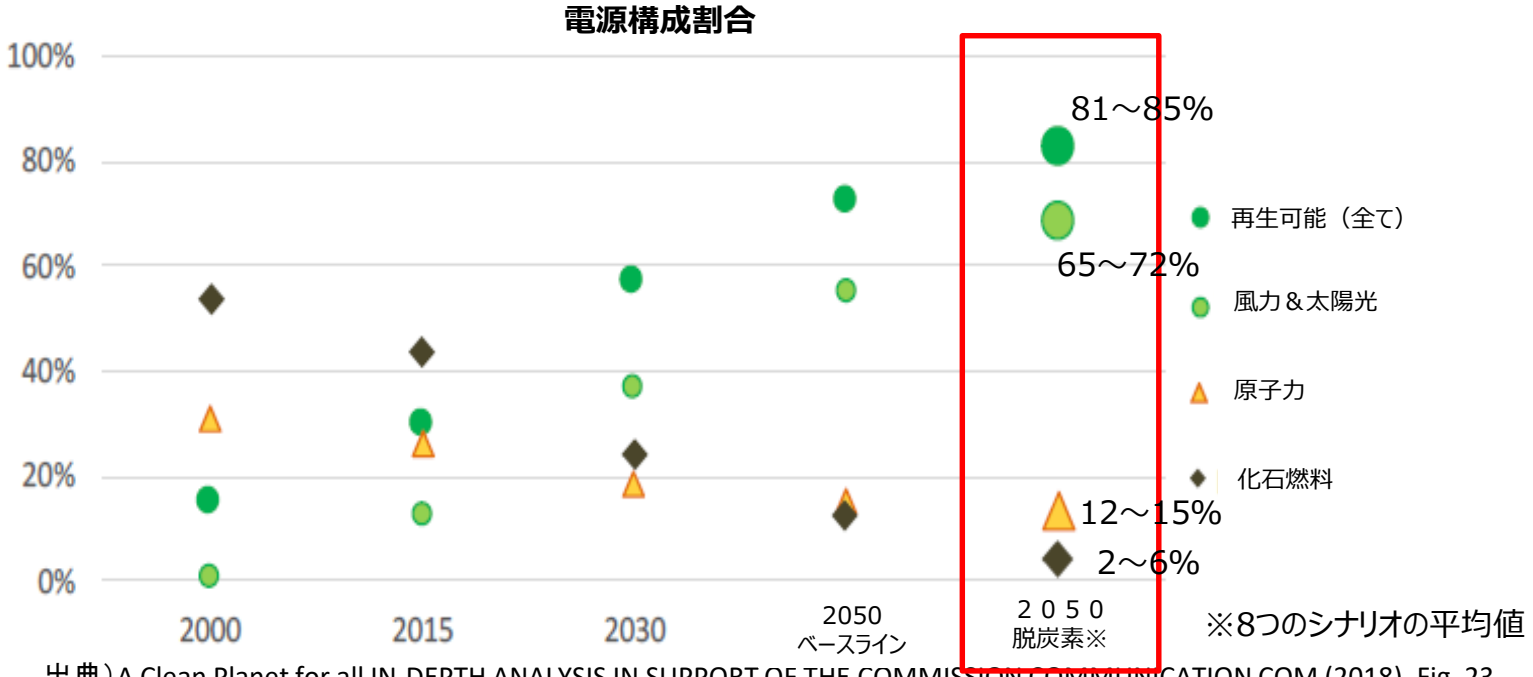
- いずれのシナリオも、最終**電力需要量が増加**することに加えて、**合成燃料製造の増加**により、**発電電力量がさらに増加**することを想定。
- 2015年比で、**2030年は10%程度**、**2050年は各シナリオで30～150%程度増加**、**カーボンニュートラルのシナリオでは2～2.5倍の増加**を想定。



出典）A Clean Planet for all IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM (2018), Fig.22

EUシナリオにおける電源構成

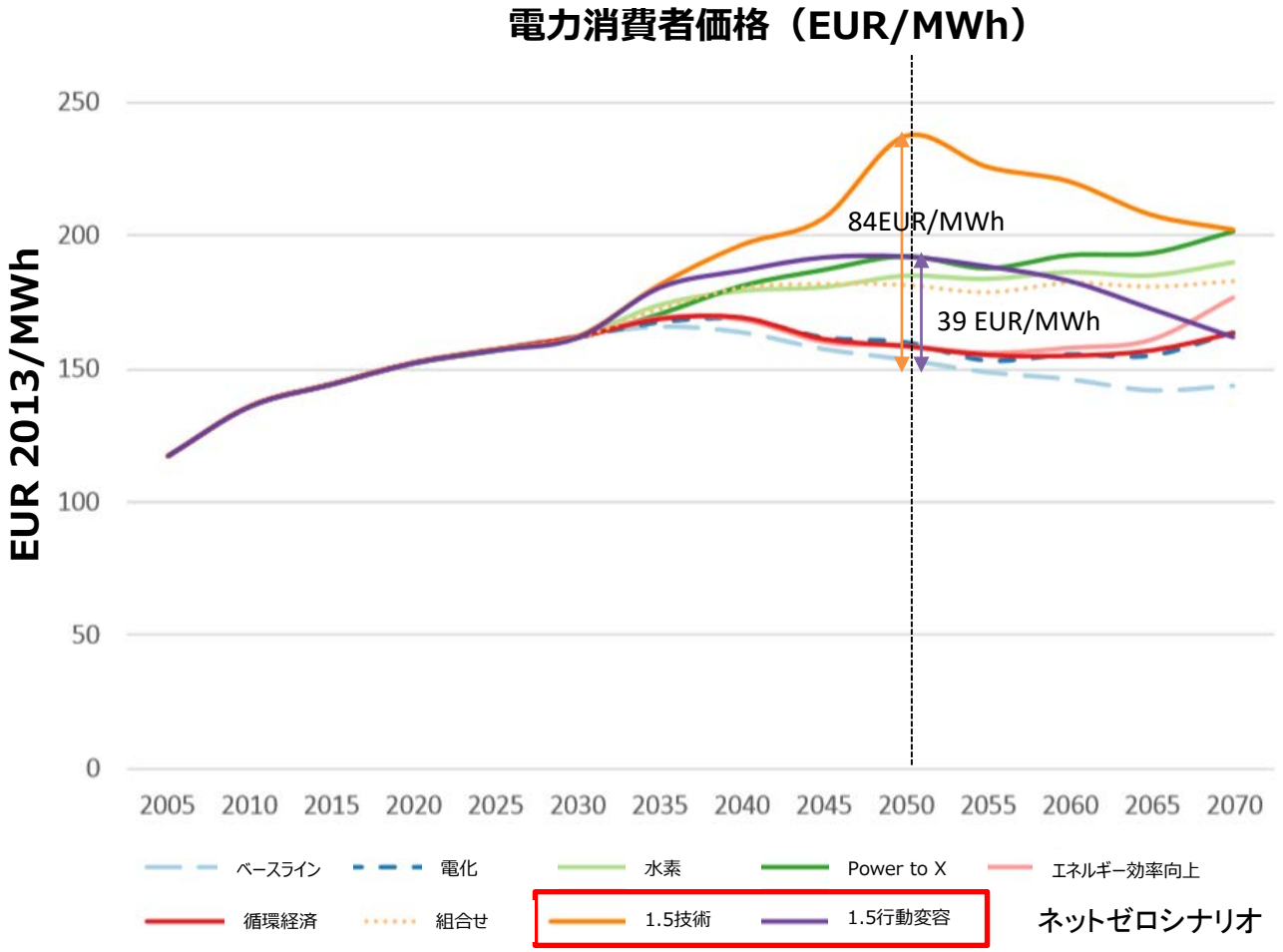
- 各シナリオ毎に異なると考えられるが、2050年の8つのシナリオにおける**電源構成は以下を想定**。**再エネは、揚水、定置・EV車載電池、（間接的に）水素（電力貯蔵(chemical storage）としての役割を期待）、e-fuel、デマンドレスポンスによる電力貯蔵の可能性によって導入が促進されることを想定**しているが、モデルでは、**土地制約、社会受容性、域外からの電力・水素・合成燃料の輸入との競合など、あらゆる可能性のある事象をとらえて示したものではない**としている。
  - **再生可能エネルギー全体：81～85%**（うち**太陽光＋風力：65～72%**）
  - **原子力：12～15%**
  - **化石燃料：2～6%**



出典）A Clean Planet for all IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM (2018), Fig. 23

EUシナリオにおける電力消費者価格

- 電力価格は、2015年比で、2030年は電力システムの脱炭素化コストを反映して約20%程度上昇。2050年は各シナリオで約20～70%程度上昇。特に**カーボンニュートラルのシナリオでは、2030年以降も上昇し、約30～70%程度の上昇**を想定。



出典）A Clean Planet for all IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM (2018), Fig. 99