

## 第2章 温室効果ガスの長期大幅削減の道筋

### 1. 2050年80%削減が実現した社会の絵姿

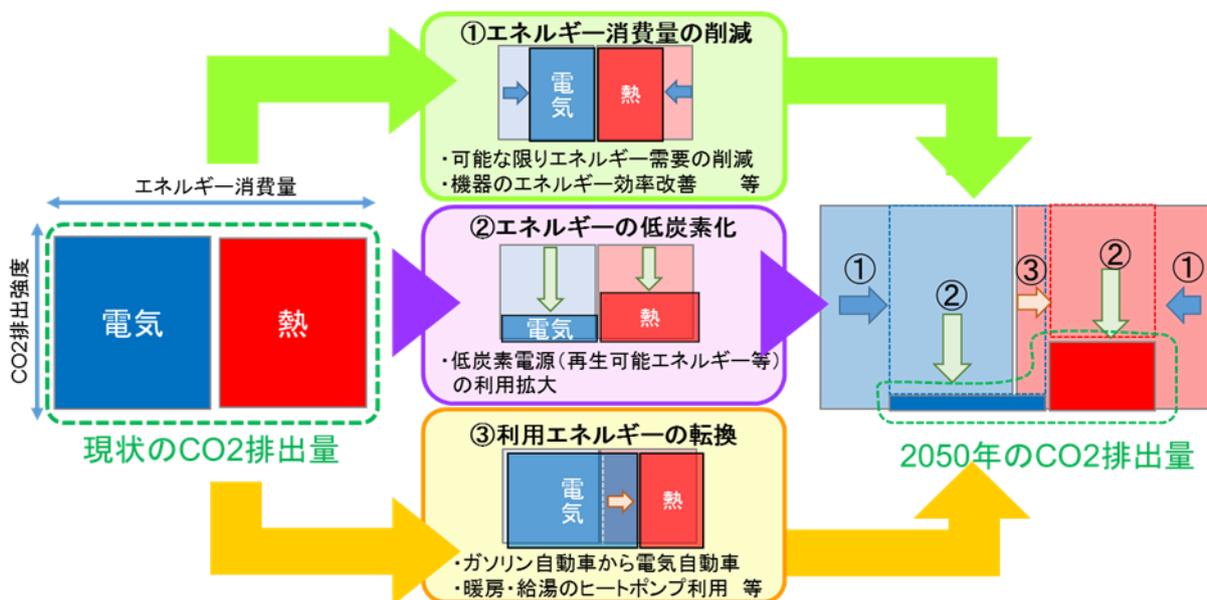
- 2050年80%削減が実現した社会の絵姿
  - ① 可能な限りのエネルギー需要を削減(高効率機器の利用や都市構造の変革等)
  - ② エネルギーの低炭素化(電力は再エネ等の低炭素電源を9割以上とし排出ほぼゼロ)
  - ③ 電化の促進
- 2050年80%削減は、現状の延長線上にはなく、現在の価値観や常識を破るくらいの取組が必要。

温室効果ガスの長期大幅削減を実現していくためには、まず第一に、それが実現した社会の絵姿、国民各界各層に広く共有することが必要である。その上で、そこに至る道筋を時間軸も含めて描いていくことが必要である。

ここでは、安井委員が座長を務めた「温室効果ガス削減中長期ビジョン検討会とりまとめ」で描かれた2050年80%削減が実現した社会の絵姿の一例を紹介する<sup>7</sup>。

#### (1) 2050年80%削減社会の方向性

図3 2050年80%削減の方向性



「温室効果ガス削減中長期ビジョン検討会とりまとめ」より抜粋

<sup>7</sup> 将来の技術の進展や社会の変化等に応じて適時見直していくことが必要とされている。

## ① エネルギー消費量の削減

我が国の発展のためにエネルギーの使用は必須のものであるが、直近年（平成 25 年度）で考えても、温室効果ガス排出量 14 億 800 万トンの約 9 割をエネルギー起源 CO<sub>2</sub> が占めている。我が国において温室効果ガスの 80%削減を実現するためには、まずはライフスタイルの見直しや建物の断熱性能の向上等を通じて可能な限りエネルギー需要を削減することが重要である。

その上で、エネルギーを消費する機器を使用する場合には、エネルギー消費効率の高いものが選択されるとともに、エネルギー消費の効率改善が継続的に実施されていく必要がある。

## ② エネルギーの低炭素化

現在、社会で消費するエネルギーの大宗は化石燃料に由来しており、これが大量の温室効果ガスの排出の原因となっている。2050 年 80%削減に向けては、最終エネルギー消費部門で消費されるエネルギーを可能な限り非化石燃料に置き換えることで、化石燃料への依存を限界まで少なくしていく必要がある。

最終エネルギー消費部門で消費される電気は、ほぼ全て低炭素電源により供給される必要がある。この低炭素電源としては再生可能エネルギー発電や CCS 付き火力発電、安全性が確認された原子力発電等が含まれ得る。また、最終エネルギー消費部門で消費される熱は、可能な限り太陽熱や地中熱、バイオマス等の再生可能エネルギー熱である必要がある。

### (i) 再生可能エネルギーの利用拡大に伴って必要な措置

2050 年 80%削減に向けて発電部門において再生可能エネルギーを最大限導入することが必要である。再生可能エネルギー電気を最大限活用するためには、比較的安定的な運用が可能な地熱発電や水力発電、バイオマス発電に加え、発電の変動性が高い太陽光発電や風力発電などを安定的に利用できるような対応が必要である。そのためには、需給状況に応じた需要量の自律的な制御、需要側と供給側の双方に存在する蓄電装置の効率的な稼働など、需要・供給の横断的な取組を実施すべきである。また、広域連系によって変動を少なくする「ならし効果」を利用することも可能である。さらに、再生可能エネルギーから水素を製造し、それを利用する機器を普及させることは、再生可能エネルギーが大量導入された社会において、発電の変動性を吸収する手段として有効である。

太陽熱や地中熱、バイオマス等の再生可能エネルギー熱については、需要地と供給地のミスマッチが存在する場合等も考えられることから、地域の特性に応じた適切な活用が必要となる。

### (ii) CCS 付き火力発電

再生可能エネルギーの最大限の導入を図るに当たって、電力を安定的に供給することが困難な場合は、火力発電による電力供給が維持されることとなる。その場合であっても、2050 年及びそれ以降の炭素制約を考えると、火力発電については CCS が行わなければならない、それが実現できなければ、その他の低炭素電源にエネルギー源を求めることとなる。CCS の

導入が前提となれば、現在の火力発電の経済的優位性が損なわれ、将来にわたる投資リスクが生じ得る。

### ③ 利用エネルギーの転換

再生可能エネルギーの大量導入や CCS 普及等により低炭素化した電力が確保できるようになれば、エネルギー消費に占める電力の割合（現状 30%程度）を向上させることは 2050 年 80%削減に向けて現実的かつ有効な対策になり得る。特に、電気は輸送が容易であること、様々な用途に用いることが可能であること、ヒートポンプ等を利用することで効率的なエネルギー利用にもつながること、需要の自律的な制御によって再生可能エネルギー電気の導入促進につながる事等様々なメリットを持つものであり、こうしたポテンシャルを十分に活用すべく、電力利用への転換を一層進める必要がある。

しかしながら、社会の全エネルギー需要を電力でまかなうことも現実的ではない。また、電気は低コストで貯蔵が難しいというデメリットをもつ。そのため、太陽熱、地中熱等の再生可能エネルギー熱、再生可能エネルギー発電の変動性を吸収するための水素利用、バイオマスや水素を用いたコージェネレーション等による分散型エネルギーシステム等の活用を行うとともに、今後の技術革新を通じて、温室効果ガスの排出を最低限のものとしていく必要がある。

## (2) 2050 年 80%削減の具体的な絵姿

(1) で述べた方向性に沿って考えると、2050 年 80%削減が実現した社会の絵姿の一例を以下のとおり描くことができる。

### ① 部門別の絵姿

#### (i) エネルギー転換部門

発電部門については、再生可能エネルギー等の低炭素電源が大量に導入され、火力発電所には CCS が設置されている。

需要と供給のバランスについては、高度情報化された通信システムが双方の情報から、需給状況に応じた需要量の自律的な制御、双方に存在する蓄電装置の効率的な稼働、揚水発電や火力・水力発電所の調整能力を用いて再生可能エネルギー発電を最大限活用する等需要・供給の横断的な取組が実施されている。

また、再生可能エネルギー電気とその変動を吸収する仕組み（例えば蓄電装置、水素等）を組み合わせたシステムのコストは、火力発電や安全性が確認された原子力発電のそれと十分に競争できるようになっており、コスト面で再生可能エネルギー電気の導入普及の障壁はなくなっている。

#### (ii) 家庭部門

断熱性の向上等の住宅本体の工夫、省エネ機器の利用等によって、無駄を省き必要最小限のエネルギーを利用することで低炭素な住まいが普及している。また、家庭で消費されるエ

エネルギー需要の多くは、低炭素化した電力や水素、再生可能エネルギー熱でまかなわれており、家庭部門のゼロエミッション化がほぼ達成されている。さらに、HEMSや情報通信技術を用いつつ、電気自動車やヒートポンプ式給湯機等を活用して、エネルギー需要とエネルギー供給が連動した低炭素なエネルギーシステムが成立している。

### (iii) 業務部門

断熱性の向上等の建物本体の工夫、省エネ機器の利用等によって、無駄を省き必要最小限のエネルギーを利用することで低炭素な建物が普及している。また、業務部門で消費されるエネルギー需要の多くは、低炭素化した電力や水素、再生可能エネルギー熱でまかなわれており、業務部門のゼロエミッション化がほぼ達成されている。また、BEMSや情報通信技術を用いつつ、電気自動車等を活用して、エネルギー需要とエネルギー供給が連動した低炭素なエネルギーシステムが成立している。

### (iv) 運輸部門

乗用車ではモーター駆動の自動車が主流となっており、そのエネルギー源は低炭素化した電力や水素である。また、貨物車やバスでは、燃費改善やバイオ燃料、電力や水素をエネルギー源とするモーター駆動の自動車の普及より、温室効果ガスの排出は大幅に削減されている。

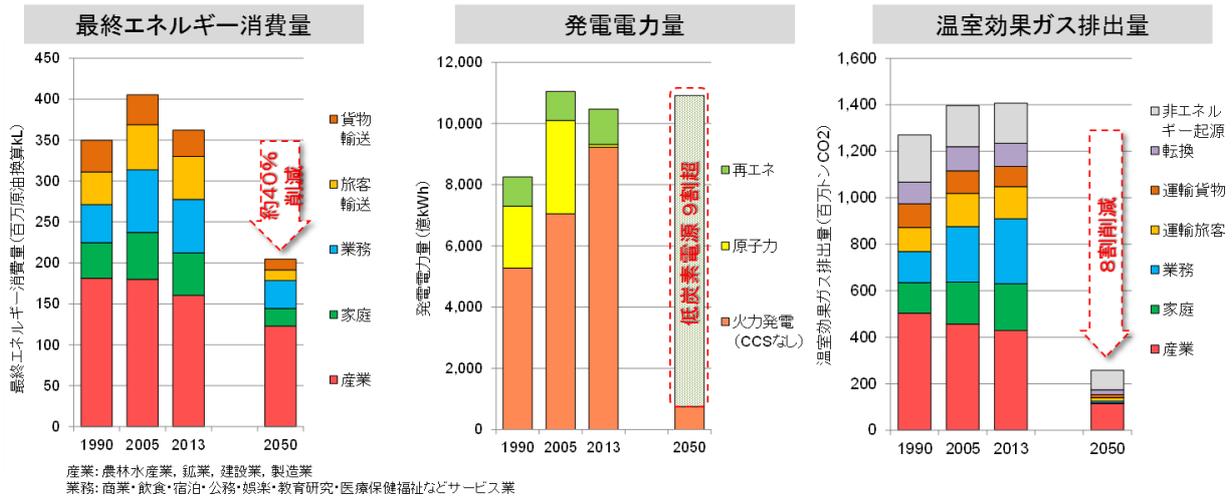
都市構造の変革や効率的な輸送手段の組み合わせ、モーダルシフト等によって、人や貨物の移動は大幅に合理化されている。また、先進的な情報通信技術等を通じて高度な自動車利用がなされている。

さらに、電気自動車のバッテリーや燃料電池自動車が消費する水素は電力需給の調整力としても機能している。

### (v) 産業部門

産業部門のCO<sub>2</sub>大規模発生源にはCCSが設置されている。製造工程のエネルギー効率改善を実現する革新的技術や、循環可能な資源の有効利用、低炭素な原料（例えばバイオマス資源利用など）による代替等を通じて、新たな生産プロセスが確立されている可能性がある。さらに、軽くて強い素材など、使用段階においても低炭素社会を支える製品が開発され、それが普及することが必要である。業種横断的な技術についても、高効率モーターやインバータ制御がなされるとともに、産業用ヒートポンプの導入や低炭素燃料への転換等により温室効果ガス削減が進んでいる。

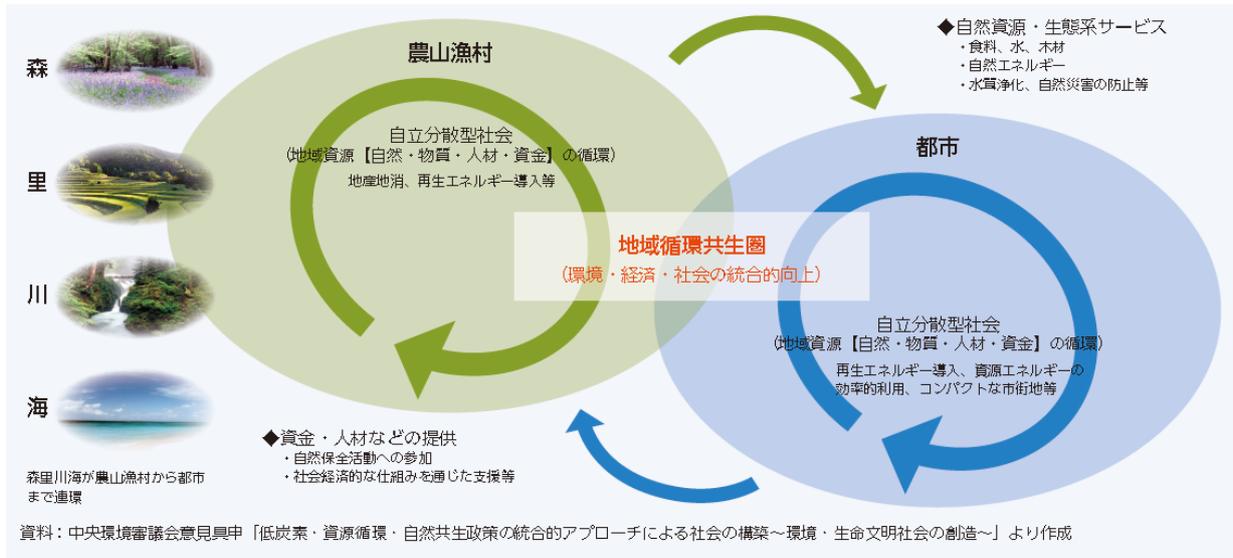
図 4 2050年80%削減の具体的な絵姿の試算の一例



「温室効果ガス削減中長期ビジョン検討会とりまとめ」より抜粋

② 地域における絵姿の例

図 5 地域循環共生圏のイメージ



平成 27 年環境白書より抜粋

自然的社会的条件に応じた自立分散型の再生可能エネルギーが最大限導入され、地産地消が進むとともに、再生可能エネルギーのポテンシャルが多い地方部から余剰分が都市部へと供給されて「地域間連携」が成立している。

地方都市においても公共交通を軸とした市街地のコンパクト化が実現し、徒歩や公共交通機関の分担率が向上して自動車走行量が合理化され、建築物の床面積も合理化されている。また、コンパクト化された市街地などでは、エネルギーの面的利用が進んでいる。市街地のコンパクト化は、徒歩で暮らしやすい市街地を形成する点において、都市規模の大小は問

わず、中小都市にも当てはまるものである。さらに、都市内部では、エネルギー効率の向上による人工排熱の低減、水辺や緑地といった自然資本の組み込み等によりヒートアイランド減少が緩和されるなど、快適性が増している。

コンパクト化された市街地を中心とする都市部と周辺の農山漁村が、高度な情報技術等に支えられながらネットワーク化されている。農山漁村から再生可能エネルギーや食料などの「生態系サービス」が都市に供給され、都市から農山漁村に人材、資金、技術等が供給されて、都市と農山漁村とが相互補完することによって相乗効果を生む「地域循環共生圏」<sup>8</sup>が形成されている。また、各地の「地域循環共生圏」のネットワーク化も促進され、多様性に富む地域の連携による相乗効果が発揮されている。

### ③ 世界における削減

我が国の低炭素化技術が他国に追い越されることなく引き続き競争力を維持しているならば、我が国の技術が世界全体の大幅削減に貢献している。それは、同時に、食料・資源を世界に依存するなど交易によって存立し、気候変動による世界の経済・社会の不安定化の影響を受けやすい我が国にとって、気候変動による損害を回避することに寄与する。

## 2. 2050年80%削減の絵姿の実現に向けた道筋（時間軸）

- 絵姿実現に向けた時間軸の明確化に努めるべき。
  - ✓ 2℃目標を踏まえた累積排出量低減のため早期削減が基本。
  - ✓ 都市インフラなど長期間交換できない対策には早期に着手（「ロックイン」回避）。
  - ✓ 過渡的な対策か、長期的に有効な対策かを見極め、過渡的な対策については、終期を常に念頭に置く必要。
    - 例：2050年には火力発電への依存度を極力減らす必要があり、今後、特に初期投資額が大きい石炭火力の新設（投資）には大きなリスクが伴うことに留意が必要。

### (1) 累積排出量の低減

COP21で合意された2℃目標の達成に向けて、2050年80%削減に至る累積排出量の低減も重要である。対策の先延ばしは、将来にわたりその影響が累積される。着実に個別対策を実施するとともに、可能な限り早期に累積排出量の低減に向けた取組を進める必要がある。

### (2) ロックインと削減効果の発現期間

2050年時点で必要とされる対策のうち、現時点からの行為が鍵を握るものが少なくない。例えば、今から建てられる住宅・建築物は2050年時点でもその多くが使用されていると考えられる。こうした都市インフラや構造物などは寿命が長く、数十年単位の時間を有するも

<sup>8</sup> 中央環境審議会意見具申「低炭素・資源循環・自然共生政策の統合的アプローチ～「環境・生命文明社会の創造」～」（平成26年7月）

のもあるため、温室効果ガス排出量が高止まり（ロックイン効果）することのないよう長期的視点に立って対策を進めていく必要がある。また、将来のイノベーションの普及に向けた障壁を生じることがないようにすることも重要である。

### （3）過渡的な対策と長期的な対策

現時点においても、80%削減の長期目標を見据えて、対策を選択しなくてはならない。つまり、その対策が過渡的なものか長期的に有効なものかを常に見極めた上で、長期的に有効な対策の導入が進むスピードと過渡的な対策の終期とを常に念頭に置く必要がある。

例えば、火力発電の高効率化は、火力発電の発電量が総発電量の半分以上を占めると想定される2030年時点には有効な対策であるものの、他方、2050年時点では、火力発電は、電力供給に占める割合を相当程度減少させていることが必要で、かつ、追加コストを要するCCSを活用しなければ80%削減に対応した電力部門の低炭素化のレベルを満たすことが難しい。火力発電所は通常40年以上稼働するとされているが、2050年までの残りの年数を踏まえると、新規の火力発電への投資、特に初期投資額が大きく排出係数の高い石炭火力発電への投資には大きなリスクが伴うことをあらかじめ理解しておく必要がある。

### （4）不確実性への対応

様々な要因によって大きく社会が動いている状況で、2050年といった長期の経済・社会の道筋を正確に予見することには自ずと限界がある。将来の不確実性にも対応しつつ、事業者や国民の創意工夫が活かされるような柔軟な仕組みづくりが求められる。

## 3. 2050年80%削減の絵姿の実現のための社会構造のイノベーション

- 絵姿実現のためには社会構造のイノベーションが必要。
  - ✓ 技術に加え、社会システム、ライフスタイルを含めた社会構造全体を新しく作り直すような破壊的なイノベーションが必要。
  - ✓ 自然体では起きないため、政策による後押しが不可欠。

1. で絵姿を示したような2050年80%削減の実現を目指すため、さらにはパリ協定で合意された「今世紀後半に人為的排出と吸収のバランス」の達成に向けては、その実現に不可欠な先進的技術の開発だけでなく、その技術が実装され、普及・大衆化することが必要である。

このためには組織や制度などの社会システム、個人の価値観・ライフスタイル等の社会構造全体を視野に入れ、現状の延長線上、すなわち既存の社会構造を前提に個々の対策を積み上げるのみならず、社会構造全体を新しく作り直すための破壊的<sup>9</sup>なイノベーション（社会構

<sup>9</sup> オーストリアの経済学者であるシュンペーターが唱えた「創造的破壊」の概念が参考になると考えられる。「破壊イノベーション」の用語は、2000年にハーバード大学のクリステンセンが提唱したとされている。

造のイノベーション)が必要である。具体的には、以下のように、技術に加え、社会システム、ライフスタイルを含めた社会構造全体のイノベーションが必要である。

他方、この社会構造のイノベーションは、自然体で実現するものではない。イノベーションを進めるための後押しや障害の除去が必要である。必要に応じ、規制・制度改革、教育・訓練、起業・創業支援、研究開発、税制・補助金等の政策的対応の実施が求められる。

### (1) 技術イノベーション

低炭素社会の構築には現状の技術水準では十分ではなく、更なる研究・技術開発が不可欠である。先進的な要素技術(生産、品質、基盤等の製品を成り立たせている技術)の開発に加え、既存の要素技術の組み合わせや情報通信技術等を用いた要素技術の有機的連動、将来の先進的要素技術の連動などこそが技術のイノベーションにつながるものであり、そういった技術のシステム全体での変革を起こしていくことが重要である。

これまでも、世界を席卷するいくつかの技術、例えば、ヒートポンプ技術、ハイブリッド自動車、LED照明が実用化されたように、戦略を立て、開発実証や人材育成をしっかりと行っていけば、新たなイノベーションは可能である。

### (2) 社会システムイノベーション

社会構造のイノベーションを進めるためには、要素技術をはじめとした個別の技術イノベーションを大衆化・市場化し、世の中に実装しなくてはならない。そのためには、新たな技術に対する社会全体でのニーズを高めるインセンティブを作り出す、自立分散型エネルギーを前提とした制度構築を含め新たな技術が社会に円滑に導入される仕組みを形成する等、社会システム全体の変革が必要である。

また、これらの社会システム全体の変革を進めるためには、国民各界各層が、気候変動問題や温室効果ガス削減の必要性等を正しく理解し、これを強く支持することが必要である。このためには、科学的・技術的知見に関する深い理解を有する人材だけでなく、システム全体として俯瞰できる横断的視点を有した人材を含めた多様な人材がコミュニケーションを図っていくことが必要であり、そのための人材育成、環境整備が不可欠である。

### (3) ライフスタイルイノベーション

人々の価値観、ライフスタイル・ワークスタイルの在り方は温室効果ガスの排出に大きく関わっている。従って、社会構造のイノベーションの重要な要素として、国民の価値観や暮らし方や財・サービスの選択が低炭素な方向に転換すること、すなわちライフスタイルのイノベーションが必要である。多くの人々が、意図的か否かに問わず、温室効果ガスの削減に向け最適なものを選択して動くことができるよう、低炭素な財やサービスの選択肢が充実していることが重要である。

その際、例えば断熱性の優れた住宅・建築物の普及やコンパクトなまちづくりなどは、高齢化社会における対応としても必要であるばかりか、快適な生活、暮らしの質の向上にもつながるものである。こうした温暖化対策のコベネフィット(健康面、安全面など)を追求す

る視点も有効である。

そもそも、我が国の文化は自然との調和を基調とし、日本人は、自然を畏れ、自然への鋭い感受性を培い、我が国の伝統的芸術文化や高度なものづくり文化の礎としてきた<sup>10</sup>。加えて、戦後の高度経済成長を経て公害を経験し、それを反省、克服する過程で、企業活動や地域社会の在り方として持続可能性を追求する文化も培ってきたと言える。温室効果ガスの長期大幅削減に向けて、こうした日本社会の根底に流れる価値観を再認識し、生活の質の向上を目指し、もう一段の「高み」の魅力を持ったライフスタイルのあり方を考えていくことが必要であろう。

---

<sup>10</sup> 寺西重郎「経済行動と宗教～日本経済システムの誕生～」(2015)