

## 脱炭素化： 国際的な行動の緊急的必要性

2015年のパリ協定の一環として、196カ国が地球温暖化を抑制するため、温室効果ガスの排出量を大幅に削減することを約束した。しかし、公表された削減策は、2°Cの道筋に全く沿っておらず、ましてや気候変動の最悪の影響を回避するために緊急に必要とされる1.5°Cの軌道にも沿っていない<sup>1</sup>。G7諸国は、世界の累積排出量の約半分を占めており、現在世界の年間二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量の約25%を占めている<sup>2</sup>。すべての主要排出国には、経済力と技術力を用いてパリ協定の目標達成に向けて世界のフロントランナーになる責務が課せられている。

温室効果ガスの排出をネットゼロ、さらにはマイナスの世界への移行を加速するためには、早急な行動が必要である。比較的長いタイムスケールと、技術的・社会的な大きな変化が必要とされるため、化石燃料に依存しない社会を実現するための政策を直ちに実施し、適応していくことがとりわけ重要である。経済とエネルギーシステムにおける脱炭素化においては、エネルギー安全保障とエネルギーシステムの強靭性が等しく重要な役割を果たす。

### 脱炭素化：重要なセクター

#### 電気エネルギー

気候変動に対する世界的な取り組みにより、多くの分野で急速な電化が不可欠となり、電力需要の大幅な増加が見込まれている。そのためには、世界中のエネルギーシステムを根本的に変革し、これまで以上に再生可能エネルギーに焦点を当てる必要がある。さらに、既存設備の廃止や改修のためにインセンティブが必要とされる。発電に関しては、太陽光発電や風力発電など、低炭素・ゼロカーボン技術が利用可能であり、世界のほとんどの地域ですでにコスト競争力がある。短期的には、化石ガスをカーボンニュートラル燃料に置き換える大規模な貯蔵技術が利用可能になるまで、変動的な性質のある風力や太陽光発電をガス火力発電で補完する必要があるかもしれない。また、低炭素技術として、エネルギーミックスに原子力の利用を選択する国もある。G7全体でCO<sub>2</sub>に中立的な発電設備の導入を加速すれば、化石燃料技術から段階的に脱却することができるだろう。最も優先されるのは、発電所において石炭の燃焼から世界的に撤退することである。

再生可能エネルギー資源の賦存は国によって異なるため、地域や国境を越えた大規模な電力システムが必要とされる。このような広範な電力市場は、大規模かつ長距離のエネルギー輸送が必要であるが、蓄電池、屋上または発電所規模のソーラー・太陽光発電の局所的な設置と並行して運用することで、再生可能電力の普及を促進し、システム全体のセクターカップリングに貢献できる。

#### 輸送

モビリティ分野の多くのサービスにおいて、ゼロカーボンに近い技術が利用可能である。旅客輸送では、バッテリー式電気自動車（BEV）がますます市場に投入されている。今後、さらに技術的な進歩が進み、最終的には世界の人口密集地でもBEVが普及することが期待されている。そのためには、電力系統

<sup>1</sup> IPCC, 2022. Summary for Policy Makers. In: *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution of the IPCC Sixth Assessment Report* [Shukla et al. (eds.)], Cambridge University Press.

<sup>2</sup> European Commission, Joint Research Centre, Crippa et al., 2020. *Fossil CO<sub>2</sub> and GHG emissions of all world countries: 2020 report*. Publications Office, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/56420>.

とそのインフラの大幅な拡充が必要となる。人口密度の低い地域では、充電インフラが実用的でない、あるいはコストがかかりすぎるため、代替措置が必要である。

いくつかの輸送手段（例えば航空、船舶、大型車）にとって、電池による発電は、合成燃料（CO<sub>2</sub> と再生可能な水素が原料）、合成航空燃料（SAF）、アンモニアまたは水素で動くエンジン、または水素燃料電池とそれを支えるインフラに依存する脱炭素化戦略と比べて、高価であり、または技術的に困難である可能性がある。水素を利用した輸送手段の開発における安全性の問題を含め、現在から今後 10 年の間に、多様な技術的・工学的ソリューションをシステムレベルまで拡大することが必要である。

### 熱利用と冷房

家庭、産業、商業ビルの熱利用及び冷房は、化石エネルギーに依存する部分が多く、CO<sub>2</sub> 排出の主要な原因の一つとなっている。建築物や産業界では機器の寿命が長いため、新たに追加された化石燃料を使用した冷暖房給湯システムは、何十年にもわたって継続的な排出要因となる。

効率的な断熱材と太陽熱・地熱暖房の組み合わせ（地理的に可能な場合）は、新しい建物の建設における省エネルギー基準や規制の強化に加えて、CO<sub>2</sub> ニュートラルエネルギーを直接利用する代替案である。電気を CO<sub>2</sub> ニュートラルに発電できるならば、電気暖房、可能であればヒートポンプによる電気熱利用は、太陽熱利用が地理的・経済的に効率的でない場合における解決策となる。

地球温暖化に伴い、冷房のための空調需要の増加にも対応する必要がある。断熱性や（再生可能な電力で駆動する逆ヒートポンプによる）エアコンの向上が有効である。これらの技術のほとんどは、規模が大きく、コスト競争的であり、またはこれに近い状況である。

### 産業分野

重工業には様々な脱炭素化のための課題がある。鉄鋼を中心とする金属産業とセメント産業は、いずれも温室効果ガス排出の主要な原因となっている。鉄鋼業では、高炉に代わるものとして、水素を利用したもの、あるいは直接電解プロセスがあるが、まだ競争力のあるコストで商業規模に達していない。金属、ガラス、コンクリートのリサイクルはすでにかなり進んでいるが、エネルギー投入量を最小化させるためにまだ増加させることができる。この場合、母材の本来の純度を取り戻すための品質問題が制約要因となっている。

化学工業もまた、化石燃料のエネルギーと原料に大きく依存する産業分野である。システムにおいて再生可能エネルギーの比率が高まれば、電化や他の低炭素加熱オプションによって、CO<sub>2</sub> 排出量を削減することができる。植物由来の原料は、化石原料をさらに代替することができる。炭素回収・利用（CCU）技術によって生産される炭化水素は、化学バリューチェーンの多くの構成要素へのアクセスを提供することができる。しかし、技術的な変革には、化学生産の改善と適応が必要であり、それには大きな投資が必要である。

### 農業、林業、土地利用

農業、林業、土地利用は、世界の温室効果ガス排出量の 4 分の 1 弱を占める<sup>3</sup>。これらのセクターにおける排出削減と吸収は、決定的に重要である。家畜と酪農の生産は環境に様々な影響を与え、気候変動の主要な要因となっている。畜産の削減、肥料使用の改善、また技術革新や地域に合わせた農法は、気

<sup>3</sup> IPCC, 2022.

候だけでなく、土壌、水、生物多様性、人間の健康に影響を与える持続可能な食料システムに貢献することができる。さらに、森林伐採は、地球温暖化に影響を与える土地利用の変化の中で最も重要なものであり、森林を炭素吸収源から炭素供給源に変容させるものである。

### 脱炭素化：推進要因と阻害要因

低炭素あるいはゼロカーボンの技術が容易に活用できる場合、温室効果ガスを排出する技術や行動様式からの移行を阻害する主な要因は、新しい用途や既存の化石燃料ベースのインフラを改修する際の経済性である。しかし、エネルギーの安全保障と自立、地域の大気質、人々の健康にとって不可欠な要素として、再生可能エネルギー供給への評価が高まっている。

脱炭素化は、エネルギー・キャリアや合成燃料の開発・利用によって、さらに支えられる。低炭素で再生可能なエネルギー源をベースにした「グリーン」水素<sup>4</sup>の利用は、電化が困難な分野における脱炭素化を実現する可能性がある。課題としては、製造コスト、輸送時のロス、電力から水素・水素から電力への変換過程における低い変換率などがある。

経済全体では、CO<sub>2</sub> 排出量に一律の価格は存在しない。主要排出国間で国際的に調整された最低炭素価格の採用が必要である。これは、低炭素生産・消費の選択を支持する制度と個人の行動を適応させるのに役立つだろう。

パリ協定を達成するためには、温室効果ガスの排出をマイナスにする必要がある。選択肢としては、枯渇した土地の植林や再植林、湿地の復元、その他の自然を基盤とした解決策がある。さらに技術的なアプローチとして、（長寿命製品や循環型エネルギー経済における）CO<sub>2</sub> 吸収と利用、CO<sub>2</sub> 吸収と隔離、大気や海水による直接吸収がある。このような気候変動緩和策の新たなツールボックスは、上記の各分野の進展にかかわらず必要とされる。

また、気候ニュートラルへの移行に伴い、科学技術上の基本的な課題や、規制、規模、社会的な課題も残されている。これら全ての取り組みにおいて、G7 諸国は、自国と世界の様々な状況にある国々の双方に有効な解決策を開発する上で、主導的な役割を果たす必要がある。

### 提言

我々は、G7 各国政府に対し、2050 年あるいはそれ以前にネット・ゼロ・エミッションを達成するために、以下のようなリーダーシップを発揮することを要請する。

#### （1）カーボンニュートラルで強靱なエネルギーシステムの構築

- 石炭を始めとする化石エネルギーと、気候変動に負の影響を与える補助金を段階的に削減する。
- 電力部門の完全な脱炭素化を加速する。
- モビリティ、交通、関連インフラ、冷暖房の電化を加速する。
- 削減が困難なセクターの温室効果ガス排出を以下の方法で削減する。
  - 省エネルギー化、材料効率化、循環化
  - 合成燃料やアンモニア、水素などの代替燃料を導入
- ネガティブ・エミッション技術や自然を利用した解決策の開発し、普及させる。
- 再生可能エネルギーの供給が少ない時期には、蓄電や再変換、需要側管理・効率性、国境を越えた

<sup>4</sup> グリーン水素は、天然ガスの水蒸気改質で製造されるグレー水素に比べて、二酸化炭素の排出量が大幅に少ないという特徴がある。

送電網延伸、スマートグリッドなどの発電電ソリューションを開発し、間欠性に対処するメカニズムを提供する。貿易や資源供給を促進するための市場ルールや価格制度が必要。

- 潜在的な供給の途絶の可能性を緩和するとともに、システムの強靭性を高めるために供給を多様化することによる、エネルギー安全保障を確保する。

## (2) 世界的に公正なエネルギー転換 (just energy transition) に向けた国際協力の強化

- G7を超えて広く実施するための青写真として、再生可能エネルギーの国際取引制度を整備する。CO2 負荷の標準化と認証、エネルギー・キャリアの出所に関する合意から開始。
- より直接的で即効性のある措置によって補完される、世界的なCO2価格設定メカニズムの確立による脱炭素化の努力を強化する。
- 気候行動を調整し、世界的な気候資金の合意を実現するために、気候同盟（世界的かつ協同的な気候クラブなど）やパートナーシップを促進する。
- 適切な解決策のグローバルな利用を確保する。

## (3) 気候リテラシーと市民参加の強化

- 気候変動から生じる脅威、それが自分たちの生活や将来の世代の生活にどのように影響するか、そして緩和と適応のためにどのような役割を果たす必要があるかについて、世界中の人々がより良く理解できるよう支援する。
- 低炭素消費への障壁を減らし、エネルギー効率と節約、徒歩や自転車などでの旅行、食生活の変化（肉や乳製品の消費を減らし、植物由来の製品をより消費する等）を奨励し、行動様式の変化を促進する。
- 大気汚染や騒音の低減、エネルギー安全保障の向上、価格の安定・低下といった、再生可能エネルギーやクリーンエネルギーのコベネフィットについて啓発する。

## (4) 気候中立に向けた研究、技術革新、社会的革新の推進

- 気候科学や産業変革における研究開発への課題に対応するため、基礎研究への投資や国際協力を拡大。気候変動に影響を与えない技術の規模を拡大する。
- エネルギーと排出のデータを、透明性をもってほぼリアルタイムで提供することにより、エネルギーシステムとその変革のモニタリングにおける国際協力を支援する。
- 温室効果ガスの発生源と吸収源を報告するための方法をさらに開発し、標準化。自然に基づく解決策、特にその気候への影響と世界的な緩和の可能性に関する研究を拡大する。
- カーボンニュートラルなライフスタイルのための技術、政策、習慣への支持を高めるために、変革をもたらす社会的イノベーションを支援するための社会・行動科学を推進する。