

【提 言】

脱炭素社会に向けた変革・成長の
フロントランナーを目指せ
～2025 大阪・関西万博を飛躍のマイルストーンに～

2021年（令和3年）4月

一般社団法人 関西経済同友会
環境・エネルギー委員会

目次

はじめに	1
I. 脱炭素をめぐる動き	2
1. カーボンニュートラルへ向けた動き	2
2. カーボンニュートラルに向けた世界の動向	3
3. 我が国の現状	5
II. 脱炭素に向けて求められる視座	9
1. 「脱炭素」と「経済成長」を同時達成する強いマインドセット	9
2. 脱炭素に向けたイノベーション加速と社会実装のための基盤構築	10
3. グローバル市場を見据えた国際間連携の促進	12
4. 社会変容の進展と脱炭素の調和	13
III. 提言	19
1. 成長戦略としての「2050 カーボンニュートラル」を支持。 強い覚悟と戦略的な取り組みを！	19
2. 「脱炭素社会実現」に向けたイノベーションの先導役を果たせ！	19
3. 2025 大阪・関西万博を「脱炭素社会の絵姿」を世界に発信する場に！	22
おわりに	25
2020 年度 環境・エネルギー委員会 活動実績	26
インタビュー実施先	28
2020 年度 環境・エネルギー委員会 名簿	29

はじめに

世界人口の増加、途上国の高い経済成長等を背景として、地球温暖化をはじめとした気候変動、生態系への影響といった環境問題が深刻化している。本年度、当委員会では、様々な環境問題の中でも地球規模で大きな影響をもたらしており、喫緊の対応が必要となる地球温暖化への対策、とりわけ脱炭素に向けた取り組みに焦点を当てて議論を行った。

地球温暖化に関しては、2016年11月発効の「パリ協定」において、産業革命前からの世界平均気温の上昇を2度より十分下方に抑えることや、今世紀後半の温室効果ガスの排出と吸収の均衡の達成などが目標として掲げられている。

この目標達成に向け各国で様々な取り組みが行われる中、日本は2020年10月に「2050年カーボンニュートラル」を宣言し、同年12月には成長戦略会議が「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を発表した。

産業界においても以前より持続可能な開発目標（SDGs）、特に環境分野への取り組みが強く求められている。そして、関西には、かねてより環境・エネルギー分野の技術等が集積しており、これを有機的に活用しエネルギー利用のさらなる効率化・高度化、イノベーションに挑むことは、新たな成長の道を拓くものと思われる。

以上の認識から当委員会では、地球温暖化に有効な対策やイノベーションを関西経済、ひいては我が国全体の成長のドライバーとすることを提言する。

I. 脱炭素をめぐる動き

はじめに、近時の脱炭素をめぐる動きについて整理したい。

1. カーボンニュートラルへ向けた動き

パリ協定の締結

地球環境問題には、地球温暖化や海洋汚染等、様々な問題が存在するが、その中でも特に地球温暖化は人々の生活に大きな影響を及ぼしているものといえる。地球の人口増加と社会経済活動の拡大に伴い、石油や石炭などの資源が大量に使用されるようになった。そうした化石燃料の使用に伴う温室効果ガス排出量の増加が地球の平均気温の上昇、すなわち地球温暖化につながり、異常気象等を引き起こしている。

こうした地球規模の問題に対処するため、これまでに国連における気候変動枠組条約や生物多様性条約の採択（いずれも 1992 年）、京都議定書の採択（1997 年）、愛知目標の採択（2010 年）など、国際的な協調のもと、各国における様々な取り組みが展開されてきた。そして、2015 年には持続可能な開発目標（SDGs）を掲げる「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」や「パリ協定」が採択された。

2016 年 11 月に発効したパリ協定は、国際社会全体で温暖化対策を進めていくための礎ともいべき条約である（2019 年 10 月時点の協定締約国は 187 ヶ国）。世界の平均気温上昇を産業革命前と比較して 2 度より十分低く抑え、1.5 度に抑える努力を追求することを目標としている。また、その達成のために IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change：気候変動に関する政府間パネル）が示す科学的根拠に基づき、なるべく早期に世界全体の温室効果ガス排出量を実質的にゼロにすること、つまり「脱炭素化」を長期目標として定めていることが特筆すべき点である。日本は 2016 年 11 月に国会の承認を経てパリ協定の締結を決定し、国連事務総長宛に寄託した。

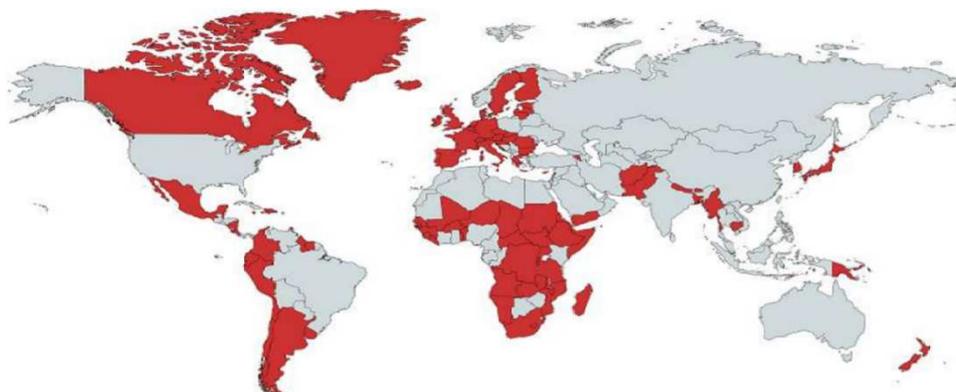
なお、IPCC が 2018 年に発表した「1.5 度特別報告書」によれば、世界の平均気温は、産業革命前に比すすでに約 1 度上昇している。気温上昇を 2 度未満に抑えるためには、2075 年頃には脱炭素化する必要があり、努力目標である 1.5 度に抑えるためには、2050 年に脱炭素化しなければならない状況にある。

カーボンニュートラルへの全世界的取り組み

2050 年までのカーボンニュートラル（気候中立：ライフサイクル全体で見たときに、二酸化炭素（CO₂）の排出量と吸収量とがプラスマイナスゼロの状態になること）にコミットしている国と地域は 123 ヶ国・1 地域¹である（図表 1）。これらの国における世界全体の CO₂ 排出量に占める割合は、2017 年実績で 23.2%である。足下ではコロナ禍からの回復と環境対策の両立を目指すグリーンリカバリーが EU で提唱されたほか、米国・中国の CO₂ の二大排出国も脱炭素に向けて舵を切るなど、世界的な潮流が加速している。

¹ コミットしている国のうち 2 ヶ国が既にネットゼロを達成。6 ヶ国が法律を制定済。EU と 3 ヶ国は法案提出済。11 ヶ国が政府文書に記載。

図表1 2050年カーボンニュートラルに賛同した国・地域



出所：「2050年カーボンニュートラルを巡る国内外の動き（2020年12月）」（経済産業省）
(https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijyutsu/chikyu_kankyo/ondanka_wg/pdf/002_03_00.pdf)

但し、カーボンニュートラルの達成は決して容易なものではない。国際エネルギー機関（IEA）によれば、新型コロナウイルス感染症の世界的流行に伴い世界経済が停滞した結果、2020年のエネルギー起源CO₂排出量は前年比マイナス5.8%となったが、パリ協定が掲げる1.5度目標を達成するためには、今後10年間で年率7.6%、すなわち2020年以上の削減を毎年追加的に行っていく必要があり、その困難さが改めて認識されたといえよう。

2. カーボンニュートラルに向けた世界の動向²

脱炭素へ向けた世界各国の最新動向をまとめる。

(1) EU

EUは、2020年3月に国連にパリ協定長期戦略を提出し、「2050年までに気候中立（Climate Neutrality）達成」を目指すことを表明している。具体的にはCO₂排出量を2030年に少なくとも55%削減（1990年比）することを目指すとしている。また、財政面では、コロナ禍からの復興に向けて金融市場から7,500億ユーロ（約96兆円）を調達する「次世代EU（Next Generation EU）」と題した包括的復興プランにおいて、2,775億ユーロ（約35兆円）をグリーン分野に投入するとしている。

また、今後10年間で官民で少なくとも1兆ユーロ（約128兆円）の資金を導入する計画である「欧州グリーンディール投資計画」を公表している。

加盟各国も具体的な計画を打ち出しており、ドイツは500億ユーロ（約6兆円）の先端技術支援による景気刺激策のうち、それぞれ次の分野に充てることを表明している。なお、大半の予算は2年で執行見込みである。

- ・ 水素関連技術：70億ユーロ（約0.9兆円）
- ・ 充電インフラ：25億ユーロ（約0.3兆円）
- ・ グリーン技術開発（エネルギーシステム、自動車、水素）：93億ユーロ（約1.2兆円）

また、2030年までにガソリン車、ディーゼル車、PHV（Plug-in Hybrid Vehicle：プラグ

² 経済産業省産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会地球温暖化対策検討WG合同会合（2020年12月16日）資料及び各種報道等より

インハイブリッド自動車)の新車販売を禁止するとしている。

フランスは2年間でクリーンエネルギーやインフラ等のエコロジー対策として総事業費300億ユーロ(約3.8兆円)のうちそれぞれ次の分野に充てることを表明している。

- ・ クリーン技術開発(水素、バイオ、航空等):85.8億ユーロ(約1.1兆円)
- ・ 建築のエネルギー利用向上(公共建築、社宅等の断熱工事促進等):67億ユーロ(約0.9兆円)

また、2040年までにガソリン車、ディーゼル車の新車販売を禁止するとしている(PHVは取り扱い非公表)。

(2) 英国

英国は、中期目標として2030年までに温室効果ガスを少なくとも68%減(1990年比³⁾、そして長期目標として**2050年カーボンニュートラル**を掲げている。なお、この長期目標は気候変動法(2019年6月改正)⁴の中でも規定されている。

2030年までに政府支出として**120億ポンド(約1.8兆円)**を予定しており、これにより誘発される民間投資が420億ポンド(約6.2兆円)、それに伴う雇用創出は25万人、CO₂削減効果が累積で1.8億トン(2023年~2032年)と見込まれている。

加えて、ガソリン車やディーゼル車について、2030年までに新車の販売を禁止し(ハイブリッド車は2035年)、電気自動車への移行を図るとしている。

(3) 米国

オバマ前々大統領はパリ協定発効へ向けて中国やインドに批准を働きかけるなど、積極的な取り組みを進めていたが、2019年11月にトランプ前大統領がパリ協定脱退を決定し、同月に効力が発生していた。

一方、2021年1月に就任したバイデン大統領は、2035年の電力脱炭素の達成(100%クリーン電源)や**2050年までのCO₂排出ネットゼロ**、クリーンエネルギー等のインフラ投資に4年間で**2兆ドル(約212兆円)**を投資する計画を発表している。また、就任早々にパリ協定に復帰する大統領令に署名するなど、今後脱炭素へ向けた取り組みを本格化させるものとみられる。

(4) 中国

習近平主席は2020年9月の国連総会一般討論のビデオ演説で2030年までにCO₂排出量を削減に転じさせることと、**2060年カーボンニュートラル**を目指すことを表明した。また、2020年12月に開催された気候野心サミット2020において、2030年までにGDP当たりCO₂排出量を2005年比65%以上削減することも示している。

具体的には、EVやFCV(Fuel Cell Vehicle:燃料電池自動車)等の脱炭素技術の産業育成に注力しており、2020年の新エネ車の補助金予算は約4,500億円であった。また、

³ 2013年比▲55.2%相当

⁴ 2008年に制定された気候変動法(Climate Change Act)は経済大国で初めて「2050年の温室効果ガス排出量1990年比80%減」を法的拘束力ある目標として設定したものである。

2015年5月に発表された産業政策である「中国製造2025⁵」では、9つの重点戦略と10の重点分野を発表しているが、「グリーン製造の全面的推進」が重点戦略に、「省エネ・新エネルギー自動車」や「電力設備」が重点分野に含まれている。

加えて、同国は世界最大の自動車市場であるが、2035年をめどにガソリン車を廃止し、新車をハイブリッド車・電気自動車などの新エネルギー車にするという工程表を政府主導の下まとめており、国家戦略として電気自動車の普及に力を入れている。

以上のように、それぞれに分野や投資の規模等は異なるものの、世界の主要各国において脱炭素に向けた具体的な取り組みが進みつつあり、この潮流はグローバルかつ、不可逆的なものであるといえる。

3. 我が国の現状

従来、日本政府は温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするタイミングを今世紀後半のできるだけ早期とし、具体的な年限を示していなかったが、2020年10月に菅首相が2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち 2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを宣言した。加えて、同年12月には「経済と環境の好循環」を作っていく産業政策として「グリーン成長戦略」を発表、洋上風力等14の重要分野⁶を掲げ、2兆円の基金創設を表明するなど取り組みを加速させる方針である。

グリーン成長戦略の概要⁷

2050年カーボンニュートラルへの実現イメージは次の通りである（図表2）。今後、エネルギー基本計画の改定へ向けて、下記に限定せず、さらに複数のシナリオ分析を行うこととしている。

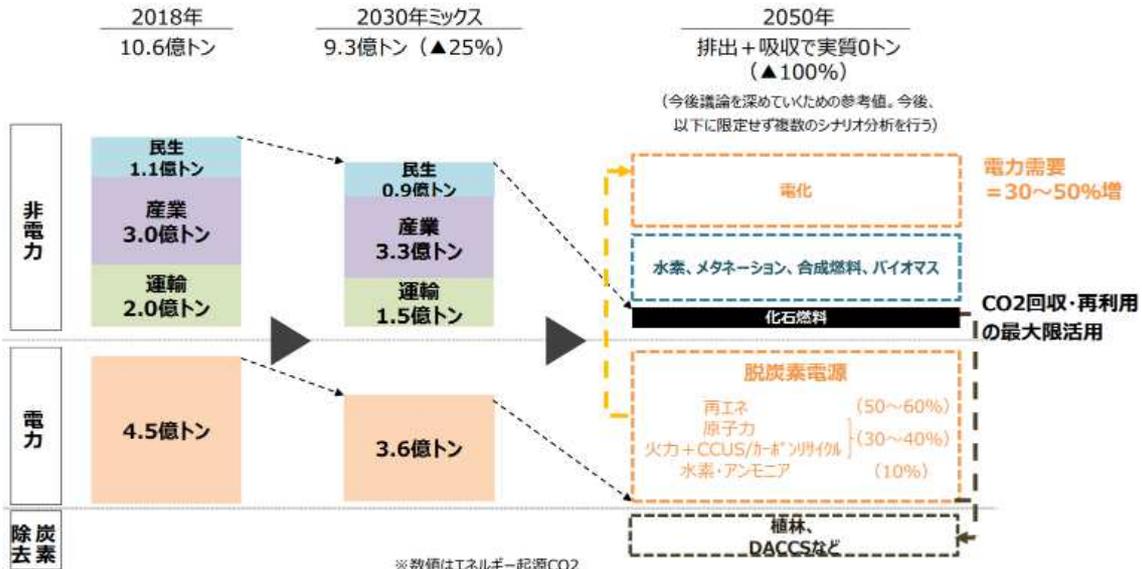
- 成長分野における重点技術等において、①研究開発、②実証、③導入拡大、④自律商用までの各フェーズにおいて国際競争力を強化しつつ、自律的な市場拡大につながるための具体策を提示
- 電力需要は産業・運輸・家庭部門の電化によって現状より30～50%増加
- 再生可能エネルギー（再エネ）の最大限の導入を図るが、調整力・送電容量・慣性力の確保、コスト低減などの様々な課題に直面することが想定され、全ての電力需要を100%再エネで賄うことは困難と考えることが現実的
- 2050年には発電量の50～60%を再エネで賄うことを一つの参考値として今後議論
- 確立した脱炭素技術である原子力は可能な限り依存度を低減しつつ、次世代炉の開発等により更なる安全性向上を図り、引き続き活用
- 社会実装が順調に進むことを前提として、水素・アンモニア発電 10%程度、原子力・CO₂回収前提の火力発電 30～40%程度を参考値とする

⁵ 製造業の高度化を目指す戦略で、建国100年を迎える2049年に「世界の製造強国の先頭グループ入り」を目指す長期戦略の根幹となるもの。

⁶ 洋上風力、燃料アンモニア、水素、原子力、自動車・蓄電池、半導体・情報通信、船舶、物流・人流・土木インフラ、食料・農林水産、航空機、カーボンリサイクル、住宅・建築物／次世代型太陽光、資源循環関連、ライフスタイルの14分野の産業

⁷ 成長戦略会議「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（2020年12月25日）

図表2 カーボンニュートラルへの転換イメージ

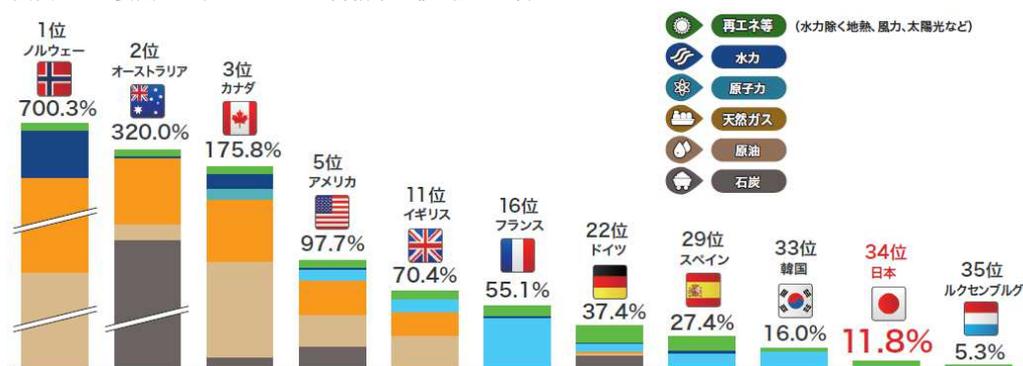


出所：「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（2020年12月25日）」（経済産業省）
<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012.html>

我が国のエネルギー政策は、化石資源に乏しい国情等を踏まえ、安全性（Safety）を大前提としながら、エネルギーの安定供給（Energy security）、環境への適合（Environment）、経済効率性の向上（Economic Efficiency）の達成を目指す「3E+S」が基本に据えられている。

このうちエネルギー自給率については、化石資源に恵まれないことに加えて、東日本大震災後の原発稼働停止も相俟って、一次エネルギーベースで11.8%とOECD35ヶ国中2番目に低い水準である（図表3）。

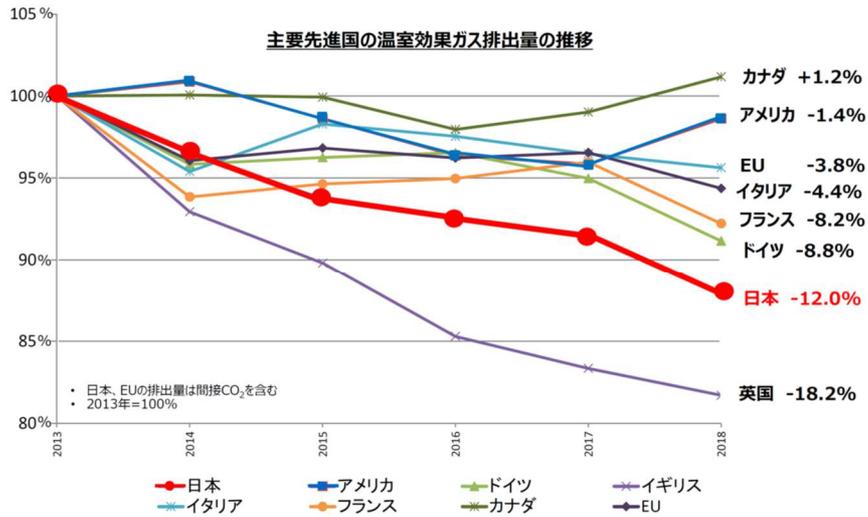
図表3 主要国の一次エネルギー自給率比較（2018年）



出所：「2020-日本が抱えているエネルギー問題（前編）」（2020.11.18）」（資源エネルギー庁）
https://www.enecho.meti.go.jp/about/linksto_thissite/

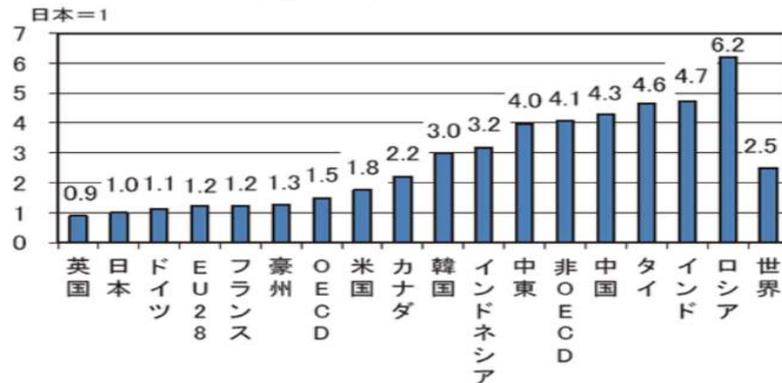
一方、省エネへの取り組みについては、温室効果ガスの排出削減実績（図表4）、エネルギー効率（図表5）共に世界トップレベルである。また、日本の再エネの導入容量は、2012年の固定価格買取制度の導入もあり世界6位、太陽光発電導入量は世界3位であり、省エネへの取り組み及び再エネの導入は世界的にも相応に進展しているところである（図表6）。

図表4 主要国における温室効果ガスの削減実績



(出典) Greenhouse Gas Inventory Data (UNFCCC) を基に作成
出所：「2020-日本が抱えているエネルギー問題(前編) (2020.11.18)」(資源エネルギー庁)
(https://www.enecho.meti.go.jp/about/linksto_thissite/)

図表5 実質 GDP 当たりのエネルギー消費の主要国・地域比較 (2017年)



出所：「エネルギー白書 2020年」(資源エネルギー庁)
(<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitpaper/2020pdf/>)

図表6 各国の再エネ導入容量及び太陽光導入容量 (2018年)

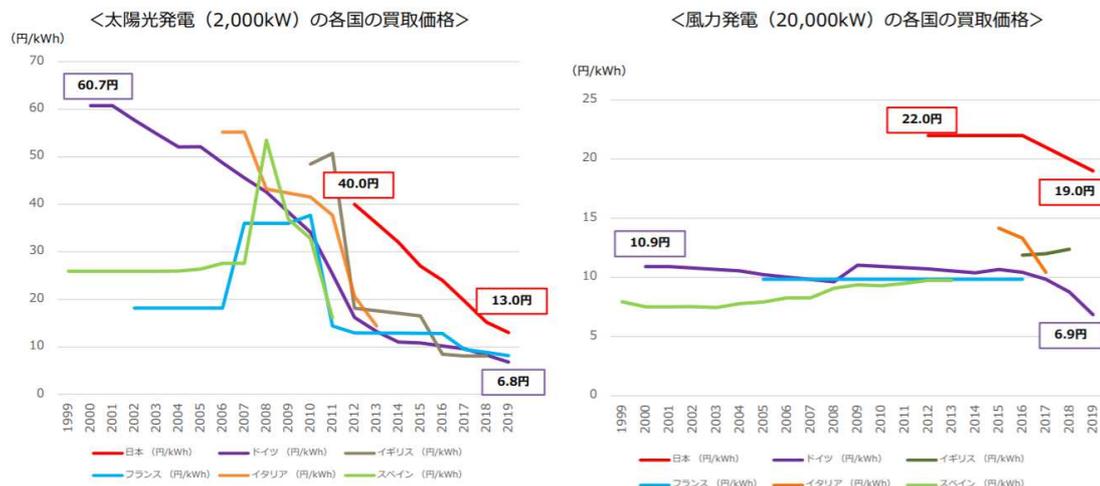


出所：「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討 (2020年11月17日)」(資源エネルギー庁)
(https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/033/033_004.pdf) p. 36

一方で、再エネの発電コストは先進各国と比べると高く、同コストは賦課金として電力料金に上乗せされるなど、**国民負担の増大や産業競争力への負の影響**も生じている(図表7)。また、2020年冬には寒波の到来により電力需要が増大する一方、悪天候により太陽光発電

量が低下するなどして需給が逼迫、大規模停電が危惧される事態となるなど、脱炭素に向けた再エネ導入拡大の一方で、エネルギー安定供給確保の重要性が改めて認識されることとなった。

図表7 各国のコスト低減状況

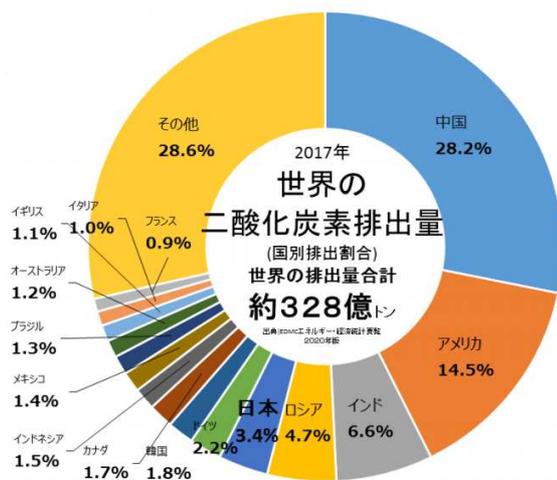


※資源エネルギー庁作成。太陽光は2,000kW、風力は20,000kWの初年度価格。欧州の価格は運転開始年である。入札対象電源となっている場合、落札価格の加重平均。1ユーロ=120円、1ポンド=150円で換算。

出所：「再生可能エネルギーの主力電源化に向けた制度改革の必要性と課題（2019年9月19日）」（資源エネルギー庁）
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/saiene_shuryoku/001/pdf/001_007.pdf p. 8

また、2017年時点における世界のエネルギー起源のCO₂排出量は約328億トンであるが、排出量の約半数を上位3ヶ国（中国28.2%、米国14.5%及びインド6.6%）で占める（図表8）。一方、日本の排出量は世界で5番目であるものの、その割合は約3.4%であり、世界の脱炭素化に向けては、日本だけの努力には限界があることも認識する必要がある。

図表8 世界のエネルギー起源CO₂排出量（2017年）



出典：温室効果ガスインベントリオフィスより作成

出所：「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討（2020年11月17日）」（資源エネルギー庁）
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/033/033_004.pdf p. 5

Ⅱ. 脱炭素に向けて求められる視座

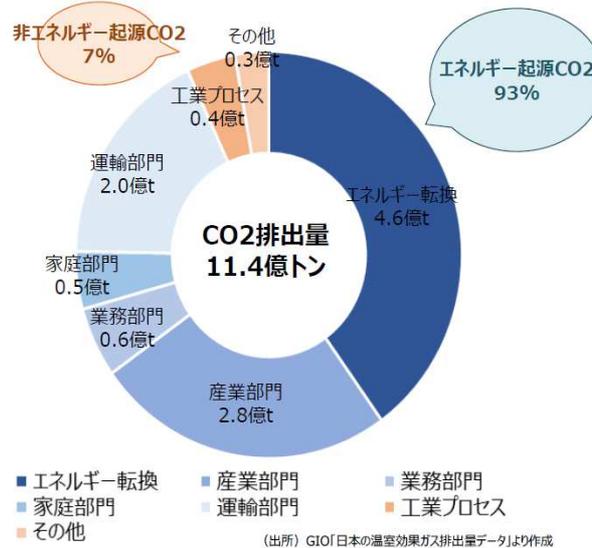
前章では、パリ協定を中心に国内外の脱炭素化に向けた動きを整理し、脱炭素化への取り組みが足元急速に変化・加速し、日本においても斯かる状況を踏まえて今後の展開を考える必要があることを確認した。

本章では、脱炭素の実現に向けて踏まえるべき重要なポイントについて整理したい。

1. 「脱炭素」と「経済成長」を同時達成する強いマインドセット

2018年度の日本のCO₂排出量は11.4億トンであり、部門別では、発電・石油精製等のエネルギー転換部門が最多(4.6億トン(40.1%))である他、産業部門(2.8億トン(25.0%))、運輸部門(2.0億トン(17.8%))等が続く形となっている(図表9)。2050年の脱炭素に向けては、再エネの最大限の導入を進めていくことに加えて、あらゆる分野において抜本的な対策が求められる。

図表9 日本の部門別CO₂排出量(2018)



出所:「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討(2020年11月17日)」(資源エネルギー庁)
(https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/033/033_004.pdf) p. 5

例えば、産業部門のCO₂排出量の4割超を占める鉄鋼業においては、日本鉄鋼連盟は、水素製鉄法の実用化等を通じて製鉄工程で排出される温室効果ガスを2050年に実質ゼロにすることを目指すと表明している。また、運輸部門においては政府が2035年に国内の新車販売を全て電動化する方針を打ち出すなど車載用蓄電池のさらなる効率化・低価格化に加え、バイオ燃料、水素燃料の活用など大きなビジネスモデルの転換が求められる。

また、業務・家庭部門では、住宅・建築物のネット・ゼロ・エネルギー化(ZEB、ZEH)や電化、蓄電池活用が期待されており、このように電化が進むことで、電力需要が増加することが見込まれるため、一層の省エネ促進を図っていくことも重要である。つまり脱炭素に向けては「電源の非炭素化」×「需要面の電化・効率化」が求められる。

以上のようにエネルギー分野、あるいは他の各種産業界において様々な「ゲームチェンジ」

が起きているが、これらの変化は決して大企業だけの問題ではない。例えば、下図（図表 10）のようにサプライチェーン全体での脱炭素化を志向し、原材料や輸送・配送を行う企業にも脱炭素化を求める「脱炭素サークル」を構築するグローバル企業（Apple 社、ウォルマート社等）も登場するなど、脱炭素への対応は大企業のみならず全ての企業において求められるものである。

図表 10：サプライチェーン全体での脱炭素化の動き



出所：岸 雅明「脱炭素社会に向けた潮流と企業・地域の価値向上について」中部地方環境事務所第 19 回地球温暖化に関する中部カンファレンス（2020 年 12 月 9 日）

但し、脱炭素への取り組みは、ただ単にコスト増加を許容するだけでは、持続的な取り組みにはなり得ない。企業には、脱炭素に対しビジネスとして主体的に取り組み、「脱炭素」と「経済成長」の両立を目指すことが求められる。2050 年カーボンニュートラルはかつてないハードルの高い挑戦であることに疑問の余地はないが、世界の不可逆の流れになっているこの課題から我が国が目を背けることは最早できない。この困難な目標を達成するため、民間企業はこの変化に覚悟を持って向き合い、新たなビジネスチャンスを見出す姿勢が不可欠であるとともに、政府はそうした企業の取り組みを全力で応援するという、従来の枠を超えた「官民一丸」での戦略的取り組みが必要である。

2. 脱炭素に向けたイノベーション加速と社会実装のための基盤構築

2050 年カーボンニュートラルへの道筋は、「低炭素社会」を経て「脱炭素社会」へと段階的に進んでいく。その過程では日本が長年培ってきた省エネ技術のさらなる高度化をはじめとして、従来の延長線上の取り組みにより脱炭素に向けて着実に歩みを進めることは今後とも不可欠である。但し、それだけでは脱炭素という高い目標の達成には不十分であり、「非連続なイノベーション」が不可欠である。そのためのキーテクノロジーとして、水素、蓄電池やネガティブエミッション技術である CCUS（含メタネーション⁸）、DAC（Direct Air Capture：直接空気回収）あるいはアンモニアの活用などに重点的に取り組むとともに、今はまだない技術の発掘・開発にも取り組み、2050 年脱炭素を実現することが求められている。

キーテクノロジーのひとつである水素エネルギーは、利用段階では CO₂ を排出しないため、

⁸水素と CO₂ から天然ガスの主成分であるメタンを合成する技術。

発電・産業（水素還元製鉄）・運輸（燃料電池トラック）など幅広く利活用することで、脱炭素への取り組みを進めるべきである（図表 11）。

図表 11 水素社会の実現に向けた取組



出所：「日本のエネルギー2020（2021年2月）」（資源エネルギー庁）
https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/pdf/energy_in_japan2020.pdf

また、気候による発電量の変動性の高い再エネの導入拡大を進める上では、蓄電池も不可欠な技術であり、家庭用、産業用のみならずEV用蓄電池も含め、大幅なコストダウン、小型化・大容量化が求められる。余剰電力を水素に変えて貯蔵するPower-to-Gas技術にも注目すべきである。

しかしながら、今後さらなる再エネの導入を促進し、かつ電化を進めたとしてもCO₂の排出をゼロにすることは難しい。そこで、排出されるCO₂を回収し再利用する技術や回収したCO₂を地下に貯留する技術であるCCUSや大気中のCO₂を直接収集するDACなどのネガティブエミッション技術の開発も求められる（図表 12）。

図表 12 カーボンリサイクル、CCUS（CO₂の再利用）



出所：「日本のエネルギー2020（2021年2月）」（資源エネルギー庁）
https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/pdf/energy_in_japan2020.pdf

以上に限ることなく次世代太陽電池（ペロブスカイト太陽電池、多接合太陽電池等）やバイオガス・バイオマス利用、洋上風力発電、小型モジュール炉を含む原子力分野など多くの

脱炭素関連でのイノベーションを同時並行的に模索すべきである。

同時に、要素技術の開発のみならず、社会実装にも注力し、我が国エネルギー政策の基本方針である3E+Sを前提に、産業競争力の強化につなげる発想が必要である。なお、脱炭素への取り組みは、大企業のみならず全ての企業において求められることは既述の通りだが、企業体力が相対的に劣る中堅・中小企業に対する政策的配慮など、産業の特質や企業規模に応じた政府によるきめ細やかな対応も必要である。

こうした技術の開発、実証と、実装に向けた低コスト化には、多角的な取り組みが不可欠であり、産官学がそれぞれの強みを活かして連携することに加え、国が長期的な政策や技術開発の道筋を可能な限り明確に示すことにより、民間企業の投資予見性を高めるべきである。また、イノベーションの社会実装・ビジネス化に際しては、供給サイドにとっては需要量が必要であり需要サイドにとっては供給の安定性と競争力ある価格設定が必要である。この「ニワトリとタマゴの関係」を打破するため、初期段階での研究開発及びエネルギーインフラ構築等には、国による強力かつ効果的な支援が必須である。加えて、新技術の社会実装にむけて障壁となる規制の緩和や、実証プロジェクトのさらなる推進も求められる。

3. グローバル市場を見据えた国際間連携の促進

地球温暖化問題への対応には国際的な協調体制が不可欠である。前述の通り、世界のCO₂排出量に占める日本の割合は3%程度であり、我が国単独での脱炭素化への貢献は限定的であることから、米中といった排出大国や途上国とも足並みを揃えて推進していく必要がある。

米国のパリ協定への復帰や中国の2060年カーボンニュートラルの表明により、従来EUが主導してきた脱炭素に向けた国際的なイニシアティブの力学にも変化が起こる可能性がある。日本としても2050年カーボンニュートラル宣言を契機とし、2021年英国開催の第26回国連気候変動枠組み条約締約国会議(COP26)をはじめ、国際的なルールメイクにより一層積極的に参画し、産業競争力、国民負担、エネルギー安全保障など日本の国益を踏まえた戦略的な対応を取ることが求められる。

一方、大企業のみならず技術力のある中堅・中小企業を含め、脱炭素を成長の機会と捉え、海外企業との技術提携やM&Aなどの活用も積極的に検討すべきである。また、グローバルマーケットでシェアを獲得しビジネスを展開・拡大するためには新技術や規格の国際標準化の動向を注視することも重要である。

また、脱炭素に向けて注目が高まる水素については、燃料としての使用段階ではCO₂を排出しないものの、現在は化石燃料から取り出す方法が主流であり、その過程ではCO₂が排出されている（ブラウン水素）。脱炭素に向けては、化石燃料から水素を抽出する過程で生じるCO₂を回収し地下に貯蔵もしくは再利用するCCUSを併用する（ブルー水素）ことや、再エネを用いて水を電気分解して水素を取り出す（グリーン水素）ことが必要となる。再エネの適地に恵まれない我が国においては、海外からブルー水素もしくはグリーン水素を調達することが必要であり、安定調達を可能とする新たなサプライチェーンの構築も重要な課題である。

また、中堅・中小企業を含め、日本が持つ優れた脱炭素技術を今後さらなる成長が期待される東南アジアをはじめとする海外各国に展開することを通じて、日本の産業競争力の強

化のみならず、世界の脱炭素化にも貢献することは「SDGs」と「ビジネス」双方の観点から極めて重要である。

4. 社会変容の進展と脱炭素の調和

日本では脱炭素の他にも、デジタル化、少子高齢化、災害の激甚化など様々な社会変容が進行している。こうした社会変容を十分念頭に置きながら脱炭素に取り組むことにより、地球環境問題と社会課題解決の両立につなげることも可能となる。

今後さらなる再エネの導入拡大を進めるに当たっては、再エネポテンシャルの大きい地域と大規模需要地が離れているため、さらなる投資による系統の強化が必要となる。また、少子高齢化により、2050年までに現在の居住地域の6割以上で人口が半分以下になるなど、地域による電力需要のばらつきの拡大が予想されており、人口減少地域では、送配電線の維持等に係る投資の費用対効果が悪化することが懸念されている。

一方で、地域における再エネやEV等の分散型電源の普及と、それらを効率的に調整・制御するシステムの高度化等により地域内の需給バランスを向上させることにより、送電設備のスリム化等、合理的な電力インフラ投資を実現できる可能性がある。また、これらの取り組みにより、系統電力の停電時にも配電系統内での地域供給が可能になるため、エネルギー供給の信頼度向上といった効果も期待できる。すなわち、脱炭素の取り組みを進展させることによって、副次的に日本の抱える人口減少問題や災害へのレジリエンス向上などの課題解決の一助となる可能性がある。

デジタル化について、新型コロナウイルス感染症の影響もあり従来からの変化がより一層加速している状況にあるが、2050年カーボンニュートラルを目指す上では、再エネの導入拡大とともに、電力供給システムの安定稼働や電力の需給調整の高度化・効率化に向けたデジタル技術の更なる活用が欠かせない。

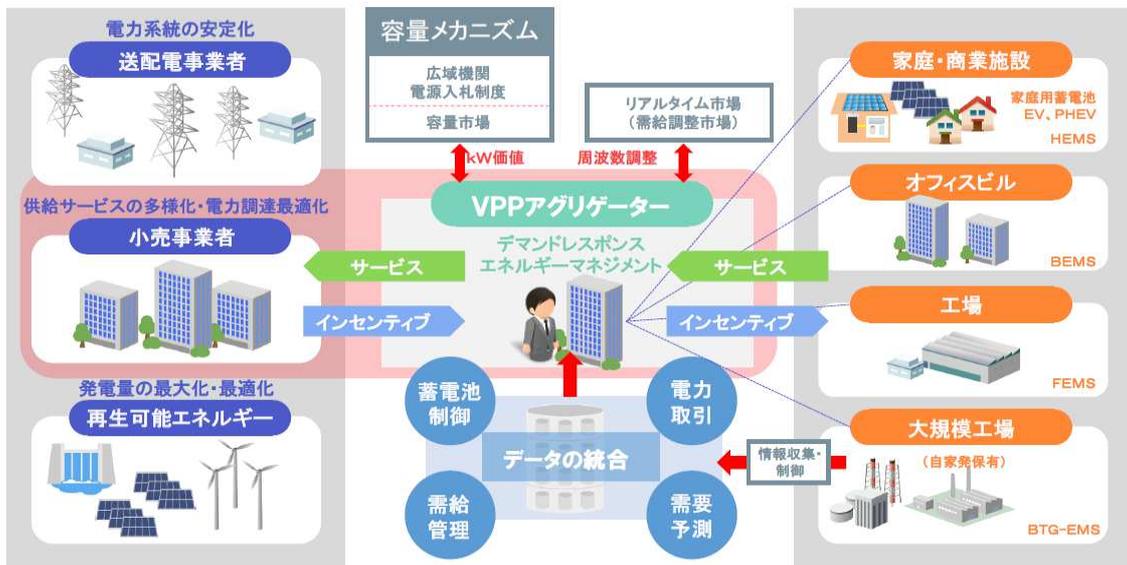
近時導入拡大が進む太陽光や風力といった再エネは天候による発電量の変動性が大きいため、デジタル技術を用いた需給予測等により電力需給の同時同量を確保し、電力供給システムの安定稼働により停電を回避することは国民生活及び経済活動の根幹である。

また、デジタル技術を活用したデマンドレスポンス（DR）⁹やバーチャルパワープラント（VPP）¹⁰などによる需給調整の高度化や効率化も重要な取り組みとなる（図表13）。これまでに日本では太陽光発電や燃料電池などのコージェネレーション、蓄電池、電気自動車など、需要家側に導入される分散型のエネルギーリソースの普及も進んできた。個々の分散型エネルギーリソースは小規模だが、デジタル技術を活用した高度なエネルギーマネジメントによりこれらを束ね、遠隔・統合制御することで、電力の需給バランス調整に活用することがより一層重要である。

⁹需要家側エネルギーリソースの保有者もしくは第三者が、そのエネルギーリソースを制御することで、電力需要パターンを変化させること。需要制御のパターンによって、需要を減らす「下げDR」と需要を増やす「上げDR」の二つに区分される。需要制御の方法によって、電気料金設定により電力需要を制御するものと、電力会社やアグリゲーター等と需要家が契約を結び、需要家が要請に応じて電力需要の抑制等をするものとの2つに区分される。

¹⁰需要家側エネルギーリソース、電力系統に直接接続されている発電設備、蓄電設備の保有者もしくは第三者が、そのエネルギーリソースを制御することで、発電所と同等の機能を提供することである。IoTを活用して分散電源（蓄電池、EV等）を統合的に制御・管理することにより、一つの発電所のように機能させることで系統の安定化に寄与する。

図表 13 VPP のイメージ



出所：三菱電機（株） 塚本幸辰氏講演（2020. 10. 21）資料より

また、脱炭素に向けて、国民一人一人の行動変容を促すことが重要であると同時に、整備に時間と資金を要する都市インフラについては、長期的視点で展開することが必要である。今後新規で開発されるエリアにおいて、脱炭素化を念頭におき ZEH・ZEB¹¹や高効率なコージェネレーション¹²の活用、電力の効率的な創電・蓄電・利用を制御するシステム運用などを取り入れた 高度なエリア・エネルギー・マネジメントを導入した「新しいまちづくり」を進めることも重要であり、非収益投資に関する政府のサポートも引き続き実施していく必要がある。

そうしたエリア・エネルギー・マネジメント導入の一例として、都心部の再開発プロジェクトである「日本橋スマートシティ」の取り組みがある。系統からの電力とコージェネレーションシステムにより発電した電力を併用し、自ビルだけでなく周辺のビルにも電力を供給するとともに、発電時の排熱も効率的に利用し高いエネルギー効率を実現している。また、AI を活用した最適な運転計画の立案や ICT による運転計画の補正など、デジタル技術の活用による運営高度化も行っている。加えて、災害などによる停電時にも、地震に強い中圧ガス管によるガス供給とガスコージェネシステムを用いた自家発電により電力供給の維持を可能とするなど、地域のレジリエンスの向上にも貢献する取り組みである。

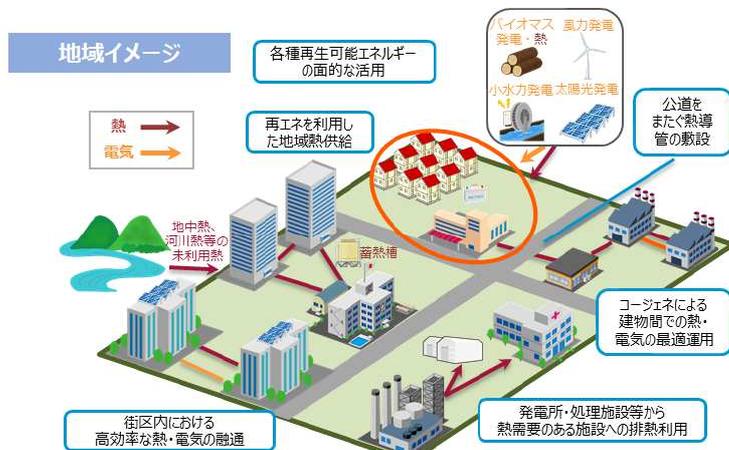
こうした都市の再開発における先進的なエネルギー・マネジメント・システムの導入に加え、郊外や地方においては、太陽光、風力の他木材、バイオガス等の地域資源の活用も考えられる。多様なエネルギーを一定規模のエリアで面的に利用する分散型エネルギーシステムの構築は、大幅な省エネルギー化やエネルギーコストの低減、エネルギーの真の地産地消

¹¹ ZEH (net Zero Energy House)、ZEB (net Zero Energy Building) は、「建築物における一次エネルギー消費量を、建築物・設備の省エネ性能の向上、エネルギーの面的利用、オンサイトでの再生可能エネルギーの活用等により削減し、年間での一次エネルギー消費量が正味でゼロ又は概ねゼロとなる建築物」

¹² コージェネレーション（熱電併給）は、天然ガス、石油、LP ガス等を燃料として、エンジン、タービン、燃料電池等の方式により発電し、その際に生じる廃熱も同時に回収するシステム。

につながるとともに、災害時等のエネルギーの維持・確保にも有効である（図表 14）。

図表 14：地域における需給一体的な再エネ電源の活用



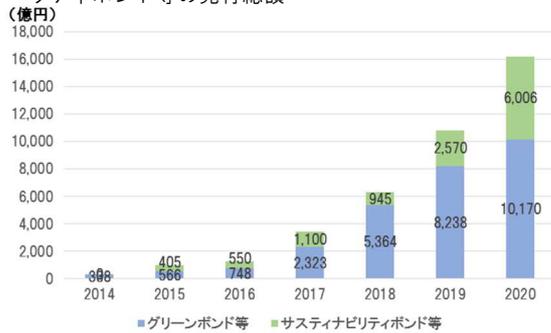
出所：「地域の系統線を活用したエネルギー面的利用システム（地域マイクログリッド）について（2019年12月6日）」（資源エネルギー庁）(https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/community/dl/04_06.pdf)

関西圏においては、例えば、奈良県は県土の70%以上が森林で覆われ全国有数の林業県であり、桜井市、吉野町等には木材団地が形成されており、木質のバイオマス資源が豊富に存在している。こうしたバイオマス資源を関西において活用し、太陽光や風力のみならず、地域の木材等を活用したエネルギーの地産地消型のマイクログリッドも今後導入が進むことが期待される。

また、ファイナンスの観点からは、世界のESG投資を国内企業等に呼び込み、成長につなげることも重要である。ESGやSDGs意識の高まりや、従来の株主資本主義からマルチステークホルダー資本主義へのシフトとも相俟って、投資家は投融資に際して投資先の収益性のみならず社会的意義や、サステナビリティにも注目するようになってきている。特にESGへの取り組みとして、近年、国内企業等はESG関連に資金使途を制限した社債を発行しており、その発行額は増加傾向にある（図表 15）。

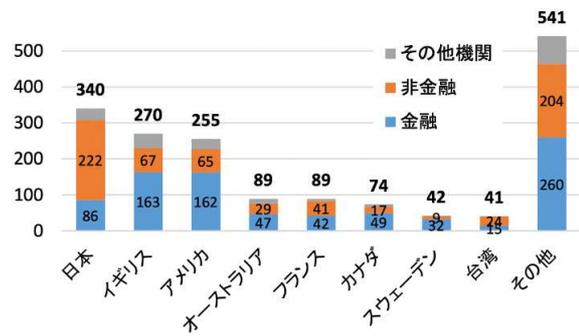
日本は「気候関連財務情報開示タスクフォース（TCFD：Task Force on Climate-related Financial Disclosures）」賛同機関数が340機関と世界最多であり、そうした気候変動関連リスク及び機会に関する情報の開示を継続することで、トランジション・ファイナンスを含むさらなる積極的な投資を呼び込み成長につなげることを期待される（図表 16）。

図表 15 国内企業等によるグリーンボンド/サステナビリティボンド等の発行総額



出所：グリーンボンド発行促進プラットフォーム「市場普及状況（国内・海外）」（2021年1月時点）

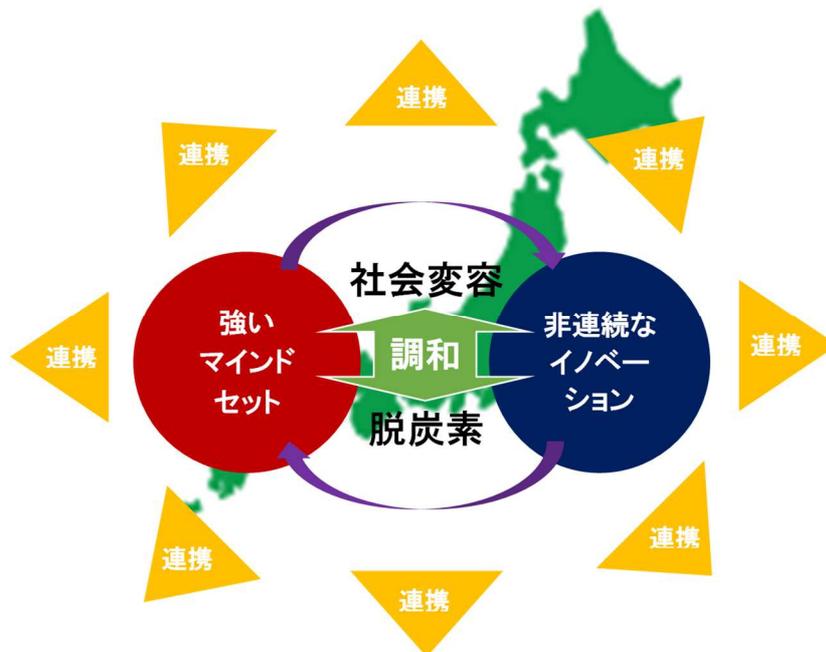
図表 16 TCFD 賛同機関数



出所：TCFD コンソーシアムホームページ「TCFD とは」（TCFD 公式ホームページの情報をもとに TCFD コンソーシアム作成）（2021年1月27日時点）

本章では4つの視座について整理したが、これらはそれぞれが独立しているものではなく、様々な関係者が脱炭素に強いマインドセットを持ち、非連続なイノベーションに取り組む続けるとともに、社会の変容と脱炭素の調和、さらには国際間連携を推進することで、脱炭素という大きなゲームチェンジの中で、我が国、あるいは関西が、変革・成長のフロントランナーを目指すことができるものとする（図表 17）。

図表 17 4つの視座によって導かれる将来の姿



【参考】英国との意見交換会

●英国の制度面における特徴

➤ 法的拘束力のある法律である「気候変動法」を 2008 年に制定

2050 年に 1990 年対比で温室効果ガス 80%削減を目指すとする、気候変動対策に関して法的拘束力のある、経済大国の中では初めての法律(2019 年6月には改正法が可決・成立、現在は国内全ての温室効果ガス排出量を 2050 年までに実質ゼロとすることを目標として掲げる)。気候変動や科学、経済学の専門家から構成され、政府から独立した第三者委員会である気候変動委員会(CCC)が 2050 年目標に向けた 5 年毎の削減目標(Carbon Budget=炭素予算)を政府に勧告し、政府は特段の理由がない限りこれに従わねばならないなど **CCC に大きな権限を持たせ、政府との緊張関係の下、二人三脚で政策を立案。**

➤ クリーン成長を産業戦略の中心とする「クリーン成長戦略(Clean Growth Strategy)」

2017 年にビジネス・エネルギー・産業戦略省(BEIS)が温室効果ガス排出削減と経済成長の両立を目指す国家戦略である「クリーン成長戦略」(Clean Growth Strategy)を発表。同戦略では、**企業や消費者への手頃な価格でのエネルギー供給を確保しながらクリーン成長を達成することが英国の産業戦略の中心と位置づけられている。**

➤ 低炭素なグリーン産業改革に向けた政策を示す「The Ten Point Plan」

ジョンソン英首相が 2020 年 11 月に発表。①洋上風力、②水素、③原子力、④ゼロエミッション車、⑤公共交通機関、⑥航空機・船舶、⑦一般家庭と公的施設、⑧CO₂回収・利用・貯蔵(CCUS)、⑨自然環境保全、⑩グリーンファイナンスとイノベーションの 10 項目に対し、総額 120 億ポンドを投じ、25 万人の雇用創出・支援を図るもの。

●当委員会では、COP26 の議長国でもある英国と意見交換を行った。政府・企業団体・都市から 5 名(英国総領事 セーラ・ウテン氏、COP26 アジア大洋州特使 ケン・オフラハティ氏、英国産業連盟(CBI)¹³ インフラストラクチャー・エネルギー部主任政策アドバイザー タニア・クマール氏、エネルギー・気候変動部主任 ジェームス・ディグル氏、ブリストル市議会 アレックス・ミシュル氏)を迎え実施。以下はそこでの意見の一部。

- ・ コロナ禍からの回復に向け、各国は大規模な経済刺激策を打ち出しており、この機会に再エネに投資しなければ脱炭素に向けた一世代のチャンスを失うことになる(政府)。
- ・ 産業界として、パンデミックに対応するためにグリーン・リカバリーが必要だと政府に主張している。サイエンスが重要であり、データに基づき行動しなければならない。また、政府と産業界、産業界と市民、市民と政府の連携が必要(CBI)。
- ・ CBI が約 200 社にインタビューをした結果、今後脱炭素に取り組むにあたっての最大の障壁は不確実な規制であり、政府には明確な方向性の提示とビジネス環境整備を求めている(CBI)。
- ・ ブリストル市には幅広い年代の市民 1 万 2000 人からなる「市民の議会」と呼ばれる組織があり、市民が気候変動について何を求めているのかを吸い上げ、より良い行動を取るにあたって、支持を得つつより早く行動に移せる仕組みとなっている(ブリストル市)。

意見交換会から得られた示唆として、政府や産業界の明確なコミットメント、また市民の活動を促進するためのコミュニケーションの重要性が挙げられる。また、2050 年カーボンニュートラル達成に向けたキーワードは「共通」と「協力」。共通の目標をもち、すべての関係者が協力して達成を目指すことが重要であることを学んだ。

¹³ 非営利団体であり、英国内及び国際的な問題に関する英国のビジネスのためのロビー活動組織。英国政府、国際的な立法者、経済界、政策立案者と協力して、英国の企業が効果的に競争できるよう支援している。

【参考】デンマークの取り組み（エネルギー転換と経済成長の両立）

- ・ かつては現在の日本と同様に、沿岸部にある大規模発電所での化石燃料を用いた電力供給を行ってきたが、自国の北海油田の将来的な枯渇の懸念を抱えていたことに加え、1973年の石油危機を契機に経済と安全保障の問題を併せて解決していくため、エネルギー政策の転換を断行した。注目したのは、風力や太陽光の拡大に加え、林業や農業から出てくる廃棄物を使ったバイオマス、都市生活から出てくる廃棄物を使った「Waste to Energy」といった電源の多様化である。石油や石炭に依存したエネルギー源を多様化することでエネルギー自給率を高めるとともに、大規模な太陽熱プラントや地域熱導管の整備も推進して熱利用の合理化も進めた。
- ・ 当初の取り組みの契機にCO₂削減という目的は明確にはないが、このエネルギー政策の転換が世界屈指の脱炭素先進国への進展につながっていく。後に世界有数の風力発電機メーカーとなるVestas Wind Systems A/Sなどの再エネ産業の発展にもつながった。コペンハーゲン市は2025年までに世界初のカーボンニュートラルの都市を目指している。また、国としても2050年までに化石燃料の使用をゼロにする目標をいち早く掲げている（2011年2月24日「エネルギー戦略2050」）。
- ・ 最近完成したコペンハーゲンの清掃工場（Amager Ressourcecenter）では、ゴミ焼却だけでなく、電気と熱の供給も行っている。デザインコンペで選ばれた建物は、スロープ状に造られた屋上が人工スキー場（Copenhill）になっているなど街の新たなランドマークとなっており、もはやここに嫌悪施設の感はない。また、自国のゴミだけでなく、ロンドンなどの他国からもゴミを有償で受け入れて稼働率を上げるなど、エネルギーの安定供給とビジネスの両立にも取り組んでいる。
- ・ 一般に、再エネの導入増加に伴い電力需給のバランスや安定性の確保が難しくなることが指摘されるが、デンマークはその課題をバイオマスと廃棄物をベースロード電源に据えることによって克服している。火葬場までもが地域の電熱併給施設になっていることには驚かされる。
- ・ 日本においても、全体を一つに見るのではなく、九州・北海道などポテンシャルが高いエリアで再エネ導入を加速させその先にある水素産業を育てたり、都市部では都市生活から生じる廃棄物を活用することで、変動電源である再エネの大量導入に備えることで、結果として日本全体の脱炭素化に一步一步、近づけるのではないだろうか。

（三井不動産（株） 中出 博康氏講演より）

各国の置かれた状況はそれぞれ異なり、日本においても島国であり系統連携に課題があることや、電力消費地である大都市近郊では再エネの導入ポテンシャルが高くはないことなど特有の問題はある。一方で、海外事例のようにエリアの特徴を活かし脱炭素に向けたエネルギーのあり方をデザインしていくことが、日本全体の脱炭素につながるのではないかと考えられる。

Ⅲ. 提言

第1章では、国内外において脱炭素化をめぐる状況は時々刻々と変化が加速していることを確認した。そのうえで、第2章では、脱炭素への視座として、①産業界は脱炭素と経済成長を同時達成する強いマインドセットを持つことが必要であること、②従来の延長線上の取り組みに加え、非連続なイノベーションの実現が不可欠であること、③グローバルな脱炭素と日本の国益確保の両立のため国際的なルールメイクへのより積極的な参画や国際連携が必要であること、④脱炭素への取り組みを社会変容と調和させ社会のサステナビリティ向上にもつなげるべきであることを確認した。

これらを踏まえ、以下の三点を提言したい。

1. 成長戦略としての「2050 カーボンニュートラル」を支持。

強い覚悟と戦略的な取り組みを！

<ポイント>

- ① 脱炭素の潮流は不可避。企業は変化に向き合い、新たなビジネスチャンスを見出す姿勢が必要

脱炭素の潮流は全世界的に急速に進んでおり、不可避である。その背景には、地球環境問題は、誰もが被害者であると同時に加害者であるという側面がある。人類による社会経済活動がCO₂を排出することで地球温暖化を進めるという観点から加害者であると同時に、世界各地で発生する、地球温暖化が一因とみられる異常気象によって多くの人が被害を受けていることから被害者でもあるといえる。

日本は2050年カーボンニュートラルを宣言し、今後着実に脱炭素に向けた取り組みを進めていかなければならない。特に世界中が新型コロナウイルスの感染拡大による景気後退を経験し、そこからの復興において環境を重視した投資等を通じて経済を浮上させようとする動き、すなわちグリーンリカバリーを進める中で、我が国産業界も脱炭素の潮流に対応しなければいずれ淘汰されかねないという強い危機感と、この変革の中に新たなビジネスチャンスを見出す強い覚悟が必要であり、変化にいち早く対応し世界をリードすることが企業にとっての新たな成長戦略となるという認識を持つべきであることを提言したい。

2. 「脱炭素社会実現」に向けたイノベーションの先導役を果たせ！

<ポイント>

- ① イノベーションの実現に向け、政府による強力かつ効果的な支援と、官民一丸となった取り組みを
- ② 企業は、広く海外に目を向けるとともに、要素技術開発のみならず、社会実装に向けた取り組みを
- ③ 関西は、水素、蓄電池、メタネーション等の企業集積、有力大学等の知の集積を活かし、関西広域連合が旗振り役となることで、産官学の一層の連携を促し、「脱炭素ビジネス先進地域」として存在感の発揮を

脱炭素の実現にむけては、日本がこれまで培ってきた省エネ技術のさらなる高度化といった従来の延長線上の取り組みは勿論重要であるが、加えて、「非連続なイノベーションの実現による飛躍が不可欠」である。

国は、水素や蓄電池、CCUS、DAC等のキーテクノロジーを中心に、長期的な政策や技術開発の道筋を可能な限り明確に示すことにより、民間企業の投資予見性を高めると共に、イノベーションの社会実装・ビジネス化に向けて、「需要の増大が先か、供給の増大が先か」という所謂「ニワトリとタマゴ」のジレンマを解決するため、研究開発の初期段階やエネルギーインフラ構築に対して強力かつ効果的な支援を行うことが不可欠である。同時に、2050年脱炭素実現に向けた複数のシナリオを形成するため、今はまだない技術の発掘・開発への取り組みと、それに対する支援も必要である。

企業は変革の中に新たなチャンスを見出す強い覚悟を持ち、国は政策を総動員して企業のそうした取り組みを支援するという、従来の枠組を越えた「官民一丸」での戦略的取り組みがあつてこそ、脱炭素というかつてない高いハードルを達成することができるのである。

また、脱炭素への取り組みはグローバルな潮流であり、企業は、日本国内だけでなく、広く世界に目を向け、海外企業との技術提携や M&A なども活用して成長の機会を求めることが重要である。そして、単なる要素技術開発に留まることなく、社会実装にも注力し、我が国の産業競争力の強化につなげる発想も忘れてはならない。

関西地域には、脱炭素に向けて有望な技術を持つ企業の集積があり、イノベーションの社会実装に向けた企業コンソーシアム、協議会の設立や実証実験が進行している。例えば、水素技術について関西には次の2つの組織が設立されており、取り組みが進められている。

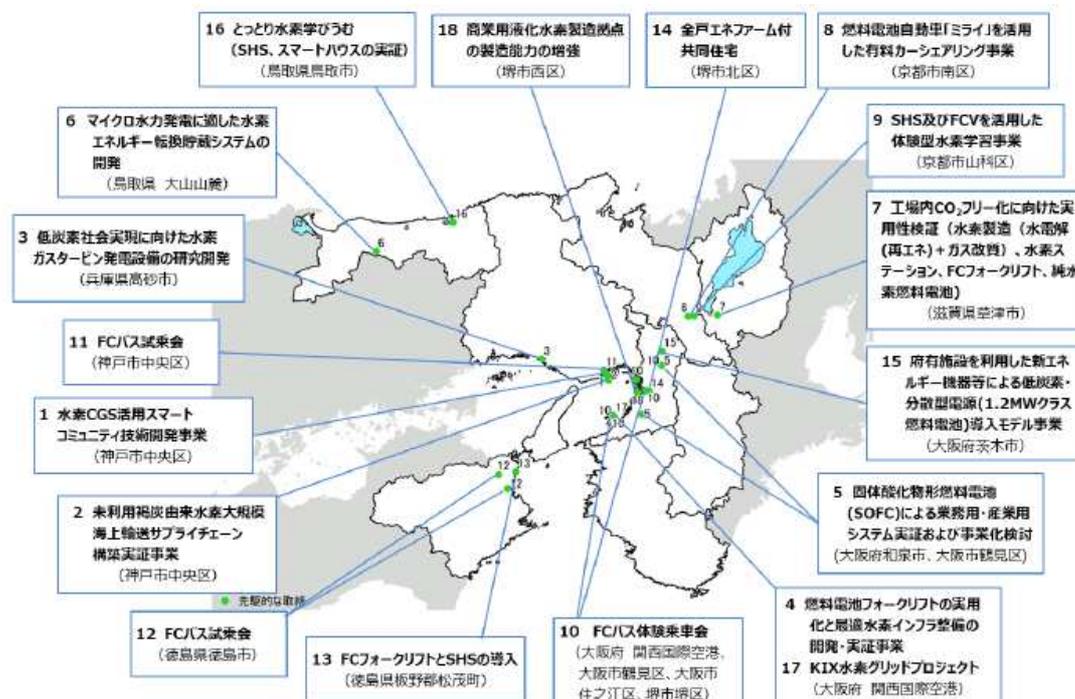
名称	概要	関係企業
HySTRA: 技術研究組合 CO ₂ フリー水素サプライチェーン推進機構	褐炭を利用した水素製造、輸送・貯蔵、利用からなる CO ₂ フリー水素サプライチェーンの構築に対し、2030 年頃の商用化を目指した、技術確立と実証への取り組み	組合員：岩谷産業、川崎重工業、シェルジャパン、電源開発、丸紅、ENEOS、川崎汽船
神戸・関西圏水素利活用協議会:	水素の社会実装に向けた取り組みを加速させ、国の示す水素社会の実現を目指す為、関西圏で水素関連事業に取り組む事業者が集まり 2020 年 9 月 4 日設立	設立時会員：岩谷産業（事務局/幹事）、大林組、川崎汽船、川崎重工業、関西電力、神戸製鋼所、シェルジャパン、電源開発、丸紅（事務局/幹事）、三菱パワー、ENEOS オブザーバー：神戸市

HySTRA は、2020-2021 年度にかけて豪州での褐炭ガス化・水素精製（CCS により CO₂ は回収・貯蔵）から水素液化・液化水素貯蔵、さらに液化水素運搬船による豪州から日本への輸送というサプライチェーン構築にかかる実証を行っている。本事業を通じて、未利用資源からの CO₂ フリーな水素製造、輸送に必要な技術の確立及びサプライチェーンの構築、さらに

実装へとつなげることで、日本の脱炭素に向けて重要な要素であるクリーンな水素の安定的な調達に貢献することが期待されている。さらに、こうしたサプライチェーン構築の技術やノウハウを海外展開することで、世界における水素を活用した低炭素化を日本がリードすることも考えられる。本事業はNEDOの助成を受けているが、**今後とも、官民で取り組みを進めることが必要**である。また、関西においては上記以外にも下図（図表18）のように多くの水素関連実証実験が行われている。

企業は、上記のようなサプライチェーンの構築等、技術開発から社会実装へ向けて、国内外の企業等の動向を常に意識し、**相互連携も念頭に置きながら、ビジネスモデル構築を進めることが重要**である。

図表18 関西圏内の水素関連の取組み



出所：関西広域連合 関西広域連合エネルギー検討会「将来における関西圏の水素サプライチェーン構想」(2020年3月)

加えて、水素技術と並び世界的にも高い技術力を持つ蓄電池の分野において、関西には電池メーカーのみならず、関連部材メーカー、装置メーカーも多く集積し、経済産業省所管の産業技術総合研究所は電池技術の研究部門を関西センターに設置している。さらに、ネガティブエミッション技術の一つとして注目されるメタネーションについても、大阪ガス(株)と産業技術総合研究所による基礎研究や、日立造船(株)による炭素循環モデルの構築実証事業等の取り組みも行われている。

こうした**技術力のある企業の集積と有力大学や研究機関等の知の集積を活かし、関西広域連合が個々の自治体を越えたより高い視点から旗振り役となり、産官学の一層の連携を促すことなどにより、関西が「脱炭素ビジネス先進地域」として存在感を発揮し、「脱炭素社会実現」に向けたイノベーションの先導役を果たすべき**であることを提言したい。また、関西広域連合においては、2020年3月に「将来における関西圏の水素サプライチェーン構

想」を公表しており、脱炭素の切り札としての水素を軸に様々な主体への連携の呼びかけを行っている。関西広域連合の第4期広域計画（2020年3月公表）においても「低炭素社会づくり」を掲げているが、その後2020年10月の政府のカーボンニュートラル宣言を踏まえ、今後この分野への取り組みを一層重点化する形での見直しを期待したい。

関西の大学においても下記の水素関連分野への取り組み等、脱炭素技術に関わる研究やそれに関わる人材育成がなされている。各大学においてはグローバルな最重要課題であるこの分野への研究・教育の取り組みを更に強化するとともに、産官学の連携を一層深化させることは、極めて有効かつ意義深いことと考える。

図表 19 水素に関連する研究を行っている大学等

大学等	所在地	研究内容
立命館大学	滋賀県草津市	燃料電池ドローンの開発
滋賀県立大学	滋賀県彦根市	高圧水素タンク用材料に向けた樹脂複合材料の開発
同志社大学	京都府京田辺市	水素を利用したパワーエネレーションとエネルギーネットワーク ナノスケールシリカ層での被覆を利用した固体高分子形燃料電池用Ptカソード触媒の高耐久化 アンモニアを燃料として用いる固体酸化物形燃料電池用高活性アノードの開発
京都大学	京都市西京区	高圧タンクを必要としない固体水素源 アンモニアを直接燃料とした固体酸化物形燃料電池（SOFC）による発電 多孔性材料を用いた高圧水素ガス貯蔵の研究 オンサイト水素発生システムの研究
大阪大学	大阪府吹田市	太陽光広帯域利用による水から水素を高効率で生成できる光触媒 繊維強化複合材料を用いた水素貯蔵タンク事業化に向けての技術開発
大阪電気通信大学	大阪府寝屋川市	ヘテロ原子置換型炭素材料の作製とエネルギー分野への応用
大阪府立大学工業高等専門学校	大阪府寝屋川市	PEFCの低コスト化/長寿命化に向けた研究
大阪市立大学	大阪市住吉区	太陽光エネルギーを利用した水素製造・二酸化炭素利用技術 バイオ燃料電池に適した高効率微生物触媒
大阪府立大学	堺市中区	水素社会に向けたエネルギー変換・貯蔵素子の高性能化 光触媒を用いた水分解によるソーラー水素生成反応に関する研究 固体高分子形燃料電池用触媒の開発 超高圧合成法を活用した水電解触媒材料の開発
兵庫県立大学	兵庫県姫路市	次世代水素触媒の研究・開発 水電解による水素発生触媒の開発
明石工業高等専門学校	兵庫県明石市	固体高分子形燃料電池要素材料・水素貯蔵材料の知的設計
関西学院大学	兵庫県三田市	ポリタンクで運べる液体燃料から直接発電する燃料電池
神戸大学	神戸市中央区	海洋再生可能エネルギーと水素エンジニアリングへの展開
甲南大学	神戸市東灘区	水分解光触媒と光電極の研究
奈良先端科学技術大学院大学	奈良県生駒市	水素エネルギー利用を目指した酵素反応メカニズムの解明
奈良工業高等専門学校	奈良県大和郡山市	固体高分子形燃料電池（PEFC）の研究 全固体アルカリ形燃料電池に関する研究
和歌山工業高等専門学校	和歌山県御坊市	リン系イオン液体の特性とプロトン伝導性電解質としての可能性
公立鳥取環境大学	鳥取県鳥取市	バイオマス（下水汚泥、バイオエタノール等）からの水素製造システム（水素ステーション）開発 燃料電池自動車、電気自動車からの電力供給を含むスマートエネルギーネットワーク構築研究
徳島大学	徳島県徳島市	パラジウム膜型水素製造器の量産化技術

出所：関西広域連合 関西広域連合エネルギー検討会「将来における関西圏の水素サプライチェーン構想」（2020年3月）

3. 2025 大阪・関西万博を「脱炭素社会の絵姿」を世界に発信する場に！

＜ポイント＞

- ① 万博会場を「脱炭素のまちづくり」、「ビヨンドゼロ」、「資源循環型社会」のショーケースとし、脱炭素社会の実現が可能であることを「実感」できる場に
- ② 万博のテーマ「いのち輝く未来社会のデザイン」、ユニークな中堅・中小企業を含む関西の産業・地域の魅力、「三方良し+次世代良し」の理念と脱炭素化をハーモナイズした情報配信の場に
- ③ 万博のレガシーとして、大阪・関西を脱炭素ビジネスのグローバルな結節点に

国際博覧会条約において、国際博覧会とは「公衆の教育を主たる目的とする催しであって、文明の必要とするものに応ずるために人類が利用することのできる手段又は人類の活動の

一若しくは二以上の部門において達成された進歩若しくはそれらの部門における将来の展望を示すもの」とされている。

アジアで初めて開催された1970年日本万国博覧会（大阪万博）から半世紀超を経て開催される2025大阪・関西万博は、折よく日本政府が掲げた2050カーボンニュートラルの下、脱炭素に向けた動きを加速するために活用することが考えられる。

太陽光を中心に再エネを最大限活用した会場運営を目指し、そのために必要となる蓄電池の活用に取り組むとともに、電気自動車（EV）、燃料電池自動車（FCV）、水素船等会場への輸送手段の脱炭素化にも注力するべきである。**関西を中心に、国内外の英知を結集し、万博会場を「脱炭素のまちづくり」、「ビヨンドゼロ」、「資源循環型社会」のショーケースとし、脱炭素社会の実現が可能であることを「実感」できる場にする**ことが重要である。

すでに大阪・関西万博に対しては、関西の企業を含め多くの企業から、多様な分野に対し提案が寄せられている（図表20）。万博会場という限られたエリアにおいて、限られた期間だからこそ、先進的な取り組みによる未来社会の姿を実現することができる。また、関西には大企業のみならず技術力を有する中堅・中小企業の集積もあることから、そうした取り組みを多様な関係者が集まって実施することで、次のイノベーションにもつながるなど、非連続なイノベーションの出発点とすることも期待できる。

また、関西には、売り手、買い手に加え、社会に貢献できてこそいい商売だとする三方よしの精神が根付いていることにも着目したい。これは、脱炭素社会実現へ向けた企業の取り組みにおいて基礎とすべき理念である。そこで、**世界に発信する国際博覧会の会場を「三方よし」に社会のサステナビリティの観点も加えた「三方よし+次世代よし」の理念と脱炭素をハーモナイズした情報配信の場にするべき**と考える。

図表20 2025大阪・関西万博への提案（テーマ2 環境・エネルギー）

エネルギー マネジメント	「DX エネルギーマネジメント」（関西電力）、「見て、触って、感じる」涼しさの演出～自然エネの冷蓄熱利用～」（竹中工務店）、「ネットゼロカーボンとレジリエンスを実現する地産地消VPP」（大阪ガス）
再エネ	「オールジャパンによる『オールCO ₂ フリー電力』等の活用」（大林組）、「エネルギー最適配分とオフグリッド運用」（NTTグループ）、「万博会場へのCO ₂ フリー水素供給における水素活用の見える化」（岩谷産業）、「浮体式洋上風力発電と浮体の多目的利用」（日立造船）
水素エネルギー	「RE100 アイランドー水素を軸に波風や新技術でエネルギー地産地消ー」（パナソニック）、「バイオガスからのCO ₂ フリー水素製造」（大阪ガス）、「大型水電解設備によるCO ₂ フリー水素製造」（住友商事）
3R（廃棄物、リサイクル）	「RE-PLASTIC STATION 共創コンソーシアム」（RE-PLASTIC STATION in EXPO2025）、「資源循環・CO ₂ 削減を共創する会場全体のウェイストマネジメント」（Hitz&DINSPLL 提案チーム）
環境技術	「空間伝送型無線電力伝送搭載モビリティによるちょこちょこ充電」（関西電力、SpacePower Technologies）、「海水淡水化技術で世界の水不足解決に貢献！」（東洋紡）

環境に関する 啓発	「環境を楽しく考える、学びの機会の提供」（吉本興業ホールディングス）、「生きていることがエネルギー～いつでもどこでも発電できる～」（シン・エナジー）
--------------	--

出所：公益社団法人 2025 年日本国際博覧会協会「People' s Living Lab 促進会議中間報告
いのち輝く未来社会のデザイン」（2020 年 3 月）より一部抜粋

なお、大阪・関西万博は、大阪湾の人工島である夢洲で行われるものであるが、ここで実現された未来社会の姿を、打ち上げ花火で終わらせるのではなく、**万博のレガシーとして、大阪・関西を脱炭素ビジネスのグローバルな結節点にすること**を提言したい。万博会場で示した脱炭素社会の絵姿を国内外で将来に向けて展開していくために大阪・関西がグローバルな結節点となること。これこそが、「いのち輝く未来社会のデザイン」をテーマとする万国博覧会のレガシーにふさわしいと考える。

おわりに

2020年に我が国が宣言した2050年カーボンニュートラルは、エネルギー分野のみならず、あらゆる産業分野において時代を画する大きな転換点になるものと思われる。脱炭素は、地球温暖化問題に直面する全世界が向き合い、協力し合う課題である。しかし同時に、各国の発展段階、産業構造、エネルギー事情等は千差万別であり、各国ともに経済の安定や成長を犠牲にして脱炭素に取り組むことは出来ないと考えられる。こうした前提の下、それぞれの国、企業が、国内政策の在り方を巡って、企業戦略の在り方を巡って、あるいは国際ルールの議論の場で、より良い解を求めて知力を尽くし、せめぎ合う局面が、今後当面継続するのではないかと思われる。

今回の提言は、かかる状況を直視し、脱炭素に向けて今後の我が国あるいは関西地域の多様なステークホルダーが「堅持すべきスタンス」、「軸となる考え方、行動」を示そうと試みたものである。エネルギーの安定供給を確保しつつ脱炭素と経済成長の両立を模索する道が険しいものであることは論を待たないが、2025年の大阪・関西万博という大きなマイルストーンを積極的に活かし、我が国企業、関西企業がこの道の先に明るい未来を切り開いていくことを心から期待したい。

最後に、本提言の作成にあたって、講演会・インタビューなどを快くお引き受け下さり貴重な知見をご提供頂いた各方面の皆様、委員会運営にご支援ご協力頂いた委員やスタッフの皆様に、この場をお借りして深く感謝申し上げます。

2021年4月
一般社団法人関西経済同友会 環境・エネルギー委員会
委員長 清水 博

2020年度 環境・エネルギー委員会 活動実績

(役職は実施当時のもの)

2020年

- 6月5日 会合「2020年度 活動方針案の意見交換」
- 8月27日 講演会・会合
「日本のエネルギー・温暖化問題の現状と課題
ーコロナ後の社会変化を踏まえてー」
講師：特定非営利活動法人 国際環境経済研究所 理事・主席研究員、
筑波大学 客員教授 竹内純子 氏
- 10月21日 講演会・会合
「再エネ拡大を支える電力システムの ICT ソリューション最前線」
講師：三菱電機株式会社 電力 ICT センター 電力 ICT 技術部長
塚本幸辰 氏
- 12月3日 特別講演会・意見交換会
「気候変動対策の取組みと低炭素移行に関するビジネスチャンスについて」
講師：英国総領事館 総領事 セーラ・ウテン 氏
COP26 アジア大洋州特使 ケン・オフラハティ 氏
英国産業連盟 (CBI)
エネルギー・気候変動部主任 ジェームス・ティグル 氏
インフラストラクチャー・エネルギー部主任政策アドバイザー
タニア・クマール 氏
ブリストル市議会企業担当 アレックス・ミンシュル 氏
- 12月11日 講演会・会合
「都心型自律分散エネルギー拠点の創造と先進エネルギーマネジメントに
ついて～日本橋スマートエネルギープロジェクトを題材に～」
講師：三井不動産株式会社 ビルディング本部
環境・エネルギー事業部長 中出博康 氏

2021年

- 1月18日 講演会・会合
「非連続なイノベーションを活用した未来のエネルギー社会に向けて」
講師：産業技術総合研究所 ゼロエミッション国際共同研究センター
副研究センター長 (総括担当) 福田敦史 氏
副研究センター長 (研究担当) 羽鳥浩章 氏

2月12日 会合「提言骨子（案）について」

2月22日 提言骨子（案）を常任幹事会にて審議

3月10日 会合「提言（案）について」

3月26日 提言（案）を幹事会にて審議

4月12日 提言「脱炭素社会に向けた変革・成長のフロントランナーを目指せ
～ 2025 大阪・関西万博を飛躍のマイルストーンに～」
を記者発表

インタビュー実施先

<スタッフによるインタビュー等>

Fujisawa SST	
運営	Fujisawa SST 協議会（代表幹事 パナソニック株式会社）
所在地	神奈川県藤沢市辻堂元町6丁目21番1号
URL	https://fujisawasst.com/JP/
柏の葉スマートシティ	
運営	柏の葉スマートシティコンソーシアム（幹事：柏市、三井不動産株式会社、柏の葉アーバンデザインセンター）
所在地	千葉県柏市
URL	https://www.kashiwanoha-smartcity.com/
大阪ガス株式会社	
設立	1897年4月10日
事業内容	国内外のエネルギー事業、ライフ&ビジネス ソリューション事業
URL	https://www.osakagas.co.jp/
大阪府	
ヒアリング部署	環境農林水産部エネルギー政策課 温暖化対策グループ・スマートエネルギーグループ・企画推進グループ、環境管理室環境保全課 自動車環境推進グループ
URL	http://www.pref.osaka.lg.jp/default.html

2020年度 環境・エネルギー委員会 名簿

(敬称略、2021年3月26日現在)

委員長	清水 博	(株)日本政策投資銀行	常務執行役員 関西支店長
副委員長	石川 博紳	大阪製鐵(株)	取締役
"	岸本 照之	西日本電信電話(株)	常務取締役 設備本部長
"	更家 悠介	サラヤ(株)	代表取締役社長
"	塩田 達夫	三井物産(株)	関西支社副支社長
"	堀口 誠	岩谷産業(株)	取締役 副社長執行役員
"	松田 憲二	ユアサM&B(株)	代表取締役会長兼社長
"	宮川 正	大阪ガス(株)	代表取締役 副社長執行役員
"	山本 雅史	ダイキン工業(株)	執行役員
委員	五十川 龍之	新明和工業(株)	代表取締役 取締役社長
"	岡田 圭司	農林中央金庫	関西営業部支配人
"	岡田 雅彦	(株)エネゲート	代表取締役社長
"	小口 新平	大成建設(株)	常務執行役員西日本営業本部副本部長
"	河合 宗一	川崎重工業(株)	理事 関西支社長
"	北角 強	バイオマスパワーテクノロジーズ(株)	代表取締役 最高経営責任者
"	久保 友志郎	ソーラーテック(株)	代表取締役
"	久米 一郎	関西電力(株)	総務室 秘書役
"	小林 浩	(株)大林組	大阪本店建築事業部 担任副事業部長
"	酒井 祥三	西松建設(株)	常務執行役員 西日本支社長
"	佐藤 博	アイフォーコムホールディングス(株)	上席執行役員
"	多賀谷 実	日本ベンチャーキャピタル(株)	代表取締役社長
"	田ノ畑 好幸	(株)竹中工務店	常務執行役員
"	辻 克之	(株)太洋工作所	代表取締役社長
"	辻村 英雄	サントリーホールディングス(株)	顧問
"	津吉 学	岩谷産業(株)	取締役 常務執行役員
"	寺田 政登	アートコーポレーション(株)	代表取締役社長
"	中島 宏	(株)関電パワーテック	代表取締役社長
"	中村 誠司	Team Energy(株)	代表取締役
"	福田 裕司	(株)関西再資源ネットワーク	代表取締役
"	間狩 泰三	帝人(株)	帝人グループ 常務執行役員、帝人㈱エンジニアリング管掌
"	安田 佳子	(株)日立製作所	関西支社 企画部 部長
委員長スタッフ	松野 孝彦	(株)日本政策投資銀行	関西支店 部長
"	樫村 直樹	(株)日本政策投資銀行	関西支店企画調査課課長
"	柏山 稜介	(株)日本政策投資銀行	関西支店企画調査課副調査役
"	東野 和香子	(株)日本政策投資銀行	関西支店企画調査課副調査役
スタッフ	石毛 立也	川崎重工業(株)	関西支社 業務課長
"	浦尾 恭正	大阪ガス(株)	秘書部経営調査室
"	大木 謙司	ユアサM&B(株)	社長室長 兼 管理本部 担当部長
"	大森 茂幸	帝人(株)	エネルギー戦略部 部長
"	小野山 貴浩	アートコーポレーション(株)	経営管理本部 課長
"	貝原 一弘	(株)エネゲート	理事 営業開発部長
"	角 宣賢	関西電力(株)	総務室 秘書グループ リーダー

スタッフ	河原 典仁	Team Energy(株)	秘書
"	北坂 征洋	西日本電信電話(株)	秘書室 担当課長
"	國田 奈津子	西日本電信電話(株)	秘書室
"	黒田 聡	三井物産(株)	関西支社 エネルギー第一・第二本部 国内事業開発部長
"	佐原 義規	岩谷産業(株)	社長室担当部長
"	清水 定義	(株)関電パワーテック	経営企画室 総務グループ 担当部長
"	末松 隆一	サラヤ(株)	渉外室担当次長
"	武内 拓	新明和工業(株)	社長付担当部長
"	田中 成憲	アートコーポレーション(株)	経営企画部課長
"	坪井 理史	帝人(株)	エンジニアリング管理部 部長
"	寺西 正俊	ユアサM&B(株)	社長付執行役員
"	徳永 洋治	ヤンマーエネルギーシステム(株)	うめきた・夢洲まちづくり推進担当 顧問
"	長東 政幸	大成建設(株)	西日本営業本部 プロジェクト営業部 統括営業部長
"	西川 佳秀	(株)日立製作所	関西支社 企画部 部長代理
"	濱 宏行	ダイキン工業(株)	CSR・地球環境センター 担当課長
"	古江 健太郎	西日本電信電話(株)	秘書室長
"	本家 達郎	大阪ガス(株)	秘書部 経営調査室 室長
"	水上 真	サントリーホールディングス(株)	大阪秘書室課長
"	宮口 一郎	西松建設(株)	西日本支社 現場工務革新センター 環境リーダー
"	米村 泉	(株)エネゲート	総務室 アシスタントマネジャー
代表幹事スタッフ	加藤 行教	伊藤忠商事(株)	調査・情報部関西開発調査室長
"	光信 博雄	伊藤忠商事(株)	調査・情報部関西開発調査室 社長特命(関西担当)付
"	高澤 求尚	日本生命保険(相)	本店企画広報部 部長
"	清水 和樹	日本生命保険(相)	本店企画広報部 課長
"	白川 夏美	日本生命保険(相)	本店企画広報部
事務局	廣瀬 茂夫	(一社)関西経済同友会	常任幹事 事務局長
"	吉竹 良陽	(一社)関西経済同友会	顧問(事務局長補佐)
"	與口 修	(一社)関西経済同友会	企画調査部長
"	木津 光明	(一社)関西経済同友会	企画調査部課長
"	東野 訓子	(一社)関西経済同友会	企画調査部主任