

脱炭素がもたらす新たなエネルギー事業 — 2050年CNに伴う事業機会の展望 —

株式会社日本総合研究所
リサーチ・コンサルティング部門
環境・エネルギー・資源戦略グループディレクタ
段野 孝一郎



1. 加速する「2050年CN」の流れ

EU長期戦略「A Clean Planet for All」において、2050年までに地球の平均気温の上昇を1.5℃以内に収めるためには、2050年にGHG排出量をネットゼロにする必要がある——いわゆる2050年カーボンニュートラル（CN）目標が提唱されて以降、欧州のみならず世界的に脱炭素に向けた取り組みが加速している。

欧州と同様に、わが国でも「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（2021年12月25日）が策定・公表されているが、CN実現に向けた道筋はおおむね同様である。すなわち、①再生可能エネルギー（以下、再エネという）を最大限に導入するとともに、原子力、水素・アンモニア混焼火力、CCUS（Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage：分離・貯留したCO₂を利用しようというもの）付火力などの非化石電源を組み合わせ、供給電力を脱炭素化する、②より一層の電化を促進し、産業・運輸部門を可能な限り脱炭素化する、③産業・運輸部門における熱需要（燃料需要）については、水素・アンモニア、バイオ燃料、合成燃料（e-fuel）といった脱炭素燃料を用いて脱炭素化を図る、④最終的に脱炭素化が困難なGHG残余排出量（航空分野など）に関しては、DACCS／BECCSといった炭素回収技術の活用、森林吸収源の活用によって「吸収」を図る（残余排出の吸収によってGHGネットゼロを実現する）、⑤残余排出量の低減に向けて、生活様式・行動様式の変革を徐々に行う（例：リモートワークなどの常態化による航空機移動の削減など）、といったものである。

2. 「再エネ主力電源化の歴史」から学ぶべきポイント

2000年代初頭、再エネはまだ十分に成熟していない技術であったことから、エネルギー事業では、不安定、低信頼性、高コストという特徴をもつ電源とみなされ、主に系統電力の供給が困難な地域向けの分散電源や住宅用の自家消費電源として用いられてきた。しかし、欧州での再エネ導入拡大政策を受け、再エネの発電コストはガス火力などと比べても遜色ない水準まで一気に低下し、再エネ制御技術・蓄電技術の進展も相まって、不安定性、低信頼性といった欠点もある程度、克服され、主力電源の一翼を担うようになった。一方、自然変動電源の出力変動を補完する役割は主にガス火力が担うこととなり、再エネ導入拡大に伴い、ガス火力は調整電源として稼働する時間が増加し、「上流（大規模発電）で収益を獲得する」という従来のエネルギー事業のビジネスモデルは大幅な転換を余儀なくされた。欧州では、E.ON、RWEといった大手エネルギー企業が「太陽光発電を過小評価していた」と反省の弁を口にし、再エネ・送配電・小売サービス部門を新たな収益源とすべく、分社化に踏み切ったことが記憶に新しい。両社ともその後、再エネ・新エネ分野の収益強化に向け、大型洋上風力、グリーン水素（再エネ水電解水素）、送配電アセット投資などに重点的に資金を振り向けてきている。

上記の経緯は、「2050年CN化」の影響を占ううえでも参考となろう。2050年CNに向けて必要となる技術は黎明期・導入期に当たるものも多く、コストや信頼性の面では商用化までまだまだ時間を要するものも多いと考えられる。しかし再エネと同様に、今後2050年CNに向けたさまざまな政策措置が採用されていくとす

ると、現時点ではコストや信頼性の面で課題がある技術・事業だったとしても、政策措置などを受けてある時点で一気に成熟化し、将来のエネルギー事業の事業開発・運営において必要不可欠な要素となっていく可能性が高い。したがって、「CNに伴うイノベーション」によって既存のエネルギー事業のビジネスモデルの前提条件が変化する可能性に留意して、新たな技術・事業を柔軟にビジネスモデルに取り込んでいく、そのために新たな技術や事業について絶えず知見を蓄積していくという姿勢が重要となる。

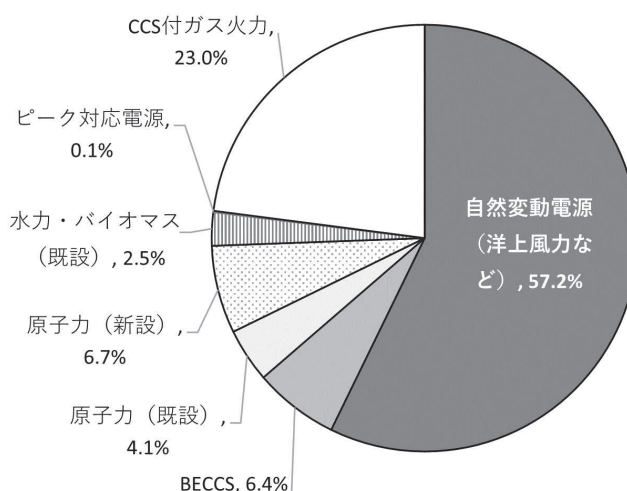
一方、日系企業にとって2050年CNの流れに追随していくうえでの課題のひとつは、国内の事業環境にある。たとえば、諸外国では、CNを志向する需要家が再エネ調達を行う際、再エネ発電所から相対契約で電力を調達する「コーポレートPPA」という仕組みが一般的に活用できるが、日本の電気事業法では原則的に小売電気事業者と需要家が受給契約を締結する必要があり、コーポレートPPAは一般的ではなかった（※2021年11月から、自己託送の要件緩和を適用し、発電事業者と需要家企業が一定の要件を満たす「組合」を結成することで需給契約の締結が可能となった。いわゆる日本版コーポレートPPA）。また、発電事業からのCO2排出をCCS（Carbon dioxide Capture and Storage：二酸化炭素回収・貯留技術）によって回収・貯留しようとしても、国内では適地が限られているといった制約が存在する場合もある。

3. 「2050年CN」に伴い期待されるエネルギー事業

こうした背景から、2050年CNに向けて必要となる技術・事業に先行的に取り組むのであれば、海外市場のほうが適していると考えられる。ただし、対象となり得る市場を検討する際、相手国の経済発展段階・エネルギー政策・地政学・通商政策の違いにより、2050年CNを実現するうえで必要となるエネルギー事業の方向性が異なる点には留意が必要である。

まず、「電力の脱炭素化」については、非化石電源

図表1 英国における2050年エネルギーミックス想定（野心的シナリオ）



出所：Committee on Climate Change “Net Zero Technical report” (May 2019) をもとに日本総研作成

図表2 欧州と日本のカーボンニュートラル戦略の比較

大分類	No	小分類	欧州	ドイツ	英国	日本
エネルギー	1	洋上風力	「セントラル方式」で大規模化かつ産業化を図る（北海、バルト海）			「再エネ海域利用法」制定もボトムアップ型プロセスであり、大規模化困難
	2	アンモニア	石炭火力は段階的に廃止する想定であり、アンモニアには直接的な言及なし			老朽石炭（SC以下）は廃止。その他はアンモニア混焼による延命化を想定
	3	水素	脱炭素の切り札として期待 アフリカから大規模輸入	アフリカから大規模輸入 水電解関連産業の振興を 狙う（Siemensなど）	再エネ由来水素生産能力 5GW確保を目指す	豪州からブルー水素輸入 産業化に向けた取り組みは 実証段階に留まる
	4	原子力	非化石電源のひとつとして 位置付け	フランス、東欧の原子力を 国際連系にて活用	大型原子力、SMRとも国内 にて維持・新設計画	新設議論は停滞 SMRは国際協力に限定
輸送・産業	5	自動車・蓄電池	2030年までにガソリン・ディーゼル車の販売を禁止する見通し			新車販売規制は2030年半ばまで猶予
	6	半導体・情報通信	特段の言及なし			パワー半導体の消費電力を 2030年に半減
	7	船舶	電化、合成燃料（e-fuel）活用によるゼロエミッション化			2050年までに水素等の代替 燃料に転換
	8	物流・人流・土木	電化、合成燃料（e-fuel）活用によるゼロエミッション化			港湾等の脱炭素化
	9	食料・農林水産	2050年度1.5℃目標の実現に向けては、自然の大規模吸収が重要と想定			森林吸収を重要なカーボン ニュートラル施策とみなす
	10	航空機	EU-ETSによる航空機分野への排出規制強化 電化、合成燃料（e-fuel）活用によるゼロエミッション化			ハイブリッド電動化・全電動 化・代替燃料活用
	11	カーボンサイクル	地域の事情に応じて地中 固定、CCUSなどを想定	特段の言及なし	CCS（地中固定）を国内4 地域で実施	CCUSとして、コンクリート、 燃料、化学品、DACを想定
家庭・オフィス	12	住宅・建築物	欧州グリーンディール政策パッケージ「Renovation Wave」として、住宅・建築物の省エネ化によるエネルギー消費効率化と省エネ分野の産業振興を扱う			既築は寿命が短く、新設は 十分にエネルギー効率が高い 点が課題
	13	資源循環	従来の埋立・焼却から、資源利用へ転換			すでに資源循環利用は高度 化しており、上積み限定的
	14	ライフスタイル	2050年度1.5℃目標の実現に向けては、行動変容が重要と想定			ナッジなどによる行動変容

（凡例） ■：日本が先行 □：日本特有の施策

出所：日本総研作成

100%を目指すという目標自体は欧州各国で共通であるが、具体的なエネルギーミックスでは差異が存在する。たとえば、島国である英国の場合は、隣接地域からの電力融通に制約が存在するため、原子力、洋上風力、CCS付火力によって英国国内でのエネルギー自給率を高めつつ、脱炭素化を図る計画を志向している。一方、同じ欧州でも、フランスは原子力の拡大に舵を切り、ドイツは北部地域での洋上風力拡大と隣接するフランスからの原子力由来の電力輸入でCN化を図る取り組みを志向している。日本では、2050年CNを実現する重要技術として、水素混焼発電・アンモニア混焼発電が位置づけられているが、欧州では類似の取り組みは少数派である。この大きな理由としては、天然ガスへの依存度が高い欧州において、社会経済と両立し得る2050年CNまでの現実的な移行手段（トランジション）として、天然ガスを位置づけざるを得ず、一定の条件下で「グリーン」な投資対象として見なそうとする動きがあげられる。「脱炭素」という競争環境を大きく打ち出したうえで、ルールメイキングの詳細に至ると、自国・自地域に有利なルールに改正する－欧州が現実的な判断に基づきルールを変えようとする間、欧州以上に化石燃料依存度が高い日本では、火力発電の脱炭素化の切り札として水素・アンモニアを打ち出した。今後、海外市場に対して本技術をどのように展開していくかについては、国際情勢を踏まえて改めて検討する必要がある。

続いて、「熱需要（燃料需要）」に関しては、欧州で

は水素および合成燃料（e-fuel）に注目が集まっている。特に水素に重点的に取り組む国としてはドイツがあげられるが、同国では再エネを最大限に活用する手段として、「グリーン水素」が位置づけられている。この背景としては、①EU域内エネルギーセキュリティの強化（ロシア依存度の低減）：化石燃料の脱炭素化（水素、e-fuel転換）を推し進めることで、ロシアから輸入する化石燃料（石油・天然ガス）依存度を低減し、エネルギーセキュリティを強化する、②脱炭素ブロック経済化：再エネポテンシャルが高いアフリカ地域を再エネ水素製造拠点化し、自国のサプライチェーンに組み込む、③脱炭素産業によるグローバル市場獲得：通商政策面で自国が裨益する産業分野を対象に、脱炭素のルールメイキングからEU域内の産業クラスター形成へつなげる（Siemensが高いシェアをもつ洋上風力部材、水電解装置など）、という狙いがあり、同国の地政学・通商政策・産業政策上の課題を解決する手段として期待されている。一方、日本では、同じ水素でも、再エネ水電解による「グリーン水素」に加えて、水素製造過程でのCO₂を回収し、CO₂排出量をゼロとした「ブルー水素」の活用が検討されており、豪州からの褐炭由来ブルー水素の輸入に関する実証事業が行われている。日本では適地制約から十分な再エネ供給量が期待できないことから、商用化を見据えた水素輸入は現実的な選択肢であるが、一方でグリーン水素に注力する欧州の動向を踏まえると、グリーン水素に関する何らかのルールが導入されていく可能性も無視で

図表3 欧州水素戦略

欧州水素戦略の概要

名称	A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe
発表日	2020年7月8日
原典	“All this makes hydrogen essential to support the EU’s commitment to reach carbon neutrality by 2050” （和訳）これらすべてのことから、水素はEUが2050年までの炭素中立を実現するために不可欠である。
内容	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 2050年までの気候中立を目指す欧州グリーンディールの一環。 ➢ 3つのフェーズからなり、第1フェーズ（2020～2024年）では最低でも6GWの水電解槽を設置し、100万トン/年の再エネ水素を製造する。 ➢ 第2フェーズ（2025～2030年）では、最低でも40GWの水電解槽を設置し、1000万トン/年の再エネ水素を製造する。 ➢ 第3フェーズ（2030年以降）では、再エネ電力の1/4を水素製造に利用する。 ➢ また、投資や水素需要の拡大など、直近（2020～2021年）のキーアクションを定めている。

水素利用エコシステム構築までのステップ

The path towards a European hydrogen eco-system step by step :



現在から2024年までに、**EU域内で最低6GWの水電解槽と、100万トンの再生可能な水素の製造能力**を導入を支援する。

2025年から2030年までに、**EU域内で最低40GWの水電解槽と、1000万トンの再生可能な水素の製造能力**を導入し、水素をエネルギーシステム内の本質的な構成要素にする必要がある。

2030年以降、脱炭素化の困難なすべての部門において再生可能な水素が大規模に配備される。

出所：European Commission 公表資料等をもとに日本総研作成

きず、当面はグリーン水素・ブルー水素双方の選択肢を追求していくことが重要であろう。

以上のように、欧州などの先進国では2050年CNに向けた高い目標を掲げ、さまざまな取り組みを始めている。一方で2050年CNに向けて課題が山積しているのが新興国である。経済成長が一服し成熟社会を迎えた先進国とは異なり、新興国では経済成長に伴うエネルギー需要の拡大が課題であり、再エネだけではエネルギー供給量を十分に賄えない状況が当面、続く。2021年11月に開催されたCOP26（英国グラスゴー）においても、石炭火力の廃止を迫る先進国に対し、新興国からは相次いで反対が表明され、最終的な合意文書では「石炭使用の『段階的な廃止』」が『段階的な削減』に修正された。新興国は、従来技術などをうまく活用して、脱炭素にも可能な限りの配慮を行いながら、エネルギー供給の安定性を保ち、経済成長を持続させるという困難な命題に向き合わなければならないという、極めて難しい状況にある。

4. 日系企業が狙うべき市場・事業

以上の動向を踏まえると、日系企業が狙うべき市場・事業としては、下記が考えられる。

まず、欧州などの先進国では、①日本では得難い先端技術の獲得や、②先進的な事業を通じた知見・ノウハウの獲得を見据えた事業機会・投資機会の獲得、が考えられる。①の先端技術については、たとえばグリーン水素事業が考えられる。日本では、まだ十分な

再エネ供給力が存在せず、再エネ水電解事業を行うインフラが未成熟であるが、欧州（特にドイツ）では、再エネが普及し、さまざまなメーカーが水電解装置を供給しているなど、事業環境が日本よりも整っている点の特徴である。また、再エネ水電解により製造された水素についても、純水素利用だけでなく、メタネーションにより天然ガス混合利用を行うなど、さまざまなユースケースの知見を獲得できる点もメリットとなる。②の先進的な事業については、たとえば英国の例に見られるように、大規模洋上風力、大規模CCS／CCUSといった事業機会・投資機会があり得る。洋上風力については、日本でも再エネ海域利用法の施行により、2019年より一般海域を対象とした洋上風力公募が行われている。ただし、日本は着床式洋上風力が立地可能な深度の浅い海域が少ないため、大量導入のためには遠海部に設置できる浮体式洋上風力などの技術も必要となる。大型の浮体式洋上風力のような先進的な事業の経験を欧州で積むことができれば、日本の洋上風力市場が拡大した際に、大きなアドバンテージとなるだろう。また、CCS／CCUSも魅力的な投資機会となり得る。CCS／CCUSコスト低減のためには、CO2圧入コストの合理化が必要であるが、国内ではそのような適地が存在しない。しかし欧州、米国といった産油・産ガス地域では、既存の油田・ガス田が存在しており、かつ2050年CNに向けてCO2回収・貯留事業の機運が高まっていることから、そのような地域でのEOR（Enhanced Oil Recovery：原油増進回収）、EGR（Enhanced Gas Recovery：ガス増進回収）事

図表4 英国「クリーン成長戦略」概要

1	洋上風力	➤ 2030年までの供給力を4倍（40GW）に増やし、最大6万人分の雇用を創出
2	水素	➤ 2030年までに産業、輸送、電力、家庭向けに5GWの低炭素水素生産能力を創出することを目標とし、水素のみを利用した最初の都市の開発を目指す（追加予算：5億ポンド）
3	原子力	➤ 従来型の原子力推進と次世代型小型原子炉の開発により、1万人分の雇用を維持（追加予算：5.25億ポンド）
4	EV	➤ 自動車の電動化と、そのためのインフラ整備を推進。2030年までにガソリン・ディーゼル車の販売を禁止。 ➤ ハイブリッド車は2035年まで猶予（追加予算：18.8億ポンド）
5	公共交通	➤ サイクリング・歩行を促進しつつ、公共交通のゼロエミッション化に投資
6	海運	➤ 研究プロジェクトを通じてゼロエミッション化を促進（追加予算：0.2億ポンド）
7	住宅・公共施設	➤ 省エネ化により2030年までに5万人分の雇用を創出（追加予算：10億ポンド）
8	CCS	➤ 4つのCCSクラスターを設け、2030年までに10百万CO ₂ -tを吸収し、CCS技術の世界的リーダーを目指す（追加予算：2億ポンド）
9	自然	➤ 自然環境の保護推進
10	イノベーション/ファイナンス	➤ ロンドンの金融街シティをグリーンファイナンスのグローバルセンターにする

出所：英国クリーン成長戦略をもとに日本総研作成

業の経験を積むことが考えられる。また、2050年CNに向けて重要な位置づけを担う先端技術・先進的事業に直接参画しつつ、欧州が主導する2050年CNに向けたルールメイキングに主体的に関与していく機会を探ることも有効だろう。

一方、アジアなどの新興国に対しては、相手国にとっての現実的なトランジションに貢献することが新たな事業機会となり得る。日本が注力する水素混焼発電、アンモニア混焼発電は、今後も石炭・天然ガスなどの化石燃料を賢く活用していく必要がある新興国にとって、非常に親和性が高い技術であり、JCM（二国間クレジット）などのCO₂排出削減協力事業などで相手国へ技術協力をを行い、事業機会を獲得していくことなどが考えられる。また、日本では適地が少ないCCS／CCUSについても、石油・天然ガスが賦存している新興国であれば、有望なサイトが見つかる可能性が高い。相手国と共同でCCS／CCUSを開発し、相手国が排出するCO₂のみならず、日本が排出したCO₂を海上輸送し、相手国で貯留・固定するといったことも、将来的には現実的になる可能性が高い。

アフリカなどの新興国では、破壊的イノベーションを獲得する機会が見出せるだろう。たとえば、日本や欧州などの先進国では、エネルギー供給インフラが概成していることから、マイクログリッド・オフグリッドといったエネルギーの地産地消を実現するソリューションは、島しょ部などの限られた地域に商用化の機会が限定されている。しかし、アフリカなどでは、既存のインフラが未成熟である一方、携帯電話の普及などによって、未電化地域でも電気を使いたいというニーズが急速に顕在化した。現地住民の「灯り」が欲しいというニーズに対しては、ケロシンランプなどの従来技術が存在するが、「携帯電話を毎日充電したい」というニーズに対しては、太陽光発電などの分散電源でないと対応が難しい。従来は小型のディーゼルエンジンを設置し村落で共同利用するといったビジネスモデルしか考えられなかったが、現在では、再エネ発電コストの低下、情報通信技術の進展、携帯電話の普及（それに伴うプリペイド決済の普及）により、小型のPV発電機を個々の家庭に導入して電力消費分だけ課金する「Pay-as-you-go」型の太陽光発電事業が急速に拡大している。このような「サブスクリプション」型の事業モデルは、太陽光だけでなく、空調などの他の需要家設備でも同様に試みられるようになっている。既存の考え方では、分散電源は系統電力の補完に過ぎないという位置づけであったが、気がつけば系統電力よりも安価になり、地域によっては地産地消型が経済

性の面でも信頼性の面でも選択されるようになる可能性もある。日本とは異なる事業環境・経済環境は、見方を変えれば、日本では見落としがちなる「破壊的イノベーション」を獲得する好機ともいえる。

5. 2050年CNがもたらす「環境変化」を「好機」に

2050年CNに向けて、2030年代・2040年代といったトランジション（移行期）も含めて、現在の事業環境とは大きく異なる事業環境の変化を迎える可能性が高い。また、その変化の道筋も、国や地域によって大きく異なることが想定される。しかし、事業環境が変化するからこそ、新たな事業や投資の機会が生まれ、従来の技術の延長線上にはない「破壊的イノベーション」が商用化に至るチャンスともなる。従来のビジネスモデルからの変革は容易ではないが、2050年CNに向けて必要な対応を「受身」の姿勢で受け止めるのではなく、むしろ事業環境変化を「好機」ととらえ、事業機会をプロアクティブに取り込んでいく——2050年CNに向けて成長するエネルギー企業にはそのような姿勢が不可欠になるだろう。

（筆者略歴）

京都大学大学院工学研究科博士前期課程修了（工学修士）。

株式会社日本総合研究所において、環境・エネルギー、通信・ICT、資源・水ビジネスをテーマに、事業戦略、セールス・マーケティング戦略、M&Aに関するコンサルティングを行っている。

