

ウクライナ後に加速する脱炭素と産業構造転換 日本はファイナンスの仕組み急務

先進国の相次ぐカーボンニュートラル宣言で、2050年を期限とする脱化石燃料に市場が動きだした。化石燃料の終わりが見えてきた中で、欧州連合（EU）は脱炭素戦略を先鋭化し、ロシアは化石燃料による力の行使を急ぐ。短期的に化石燃料の価格高騰はEUには痛手だが、長期的にEUは脱炭素への歩みを止めず、ロシアが化石燃料で力を維持し続けるとは考えにくい。中国と米国も再生可能エネルギー、電気自動車（EV）、水素など次世代産業で覇権を争う。低コストの再生可能エネルギーに恵まれない日本は、デマンド・ドリブン（エネルギー需要起点）の脱炭素で産業転換や次世代インフラ構築の利を得ないといけない。ファイナンスの仕組み創造が急務である。

1 化石燃料の撤退期限

「気候変動に関する政府間パネル」
（IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change）の分析によれば、地球温暖化を産業革命以降で1.5度以内に抑えるため、21世紀半ばまでのカーボンニュートラルが必要となる。カーボンニュートラルは、気候変動対策のため、植物、

海洋、土壌といった二酸化炭素（CO₂）の貯蔵槽から大気へのCO₂の排出と吸収がトータルでゼロになる状態であり、これを世界195カ国が批准するパリ協定という国際ルールで具体的に規定した。その後、20年にEU、米国など先進国を中心に50年カーボンニュートラルが宣言された。国際エネルギー機関（IEA：International Energy

Agency）のネットゼロ（カーボンニュートラル）シナリオでは、化石燃料の使用が劇的に下がることがかかる（図表1）。カーボンニュートラルは、化石燃料資源の撤退の期限を定めたとはいいい。少なくとも多くの人が反発を含めて強く意識するようになったことは間違いない。1972年にシンクタンク・ローマクラブは「地球

上の自然システムの制約のため2100年以降の世界の経済成長は持続的でない」と警告した。気候変動は地球上の限られた石油・天然ガス資源を適切に循環させていない結果と捉えることができ、脱炭素は不可逆の道である。50年に期限を設定したことで、市場が動き始め、経済構造転換が始まったことに意味がある。

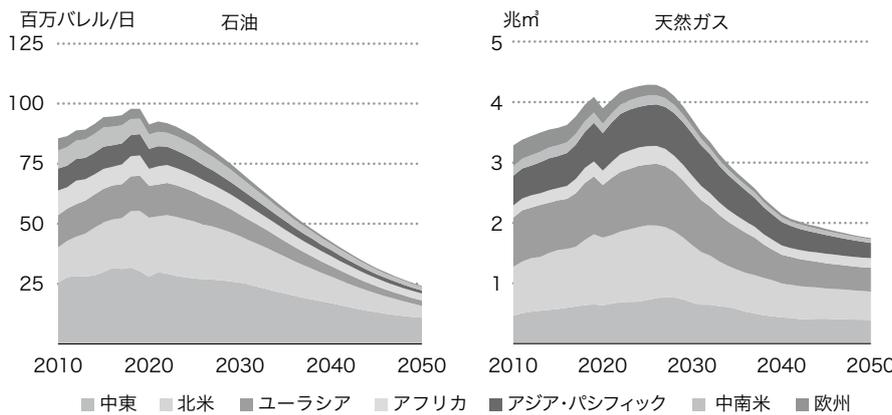
また、太陽光発電や風力発電とい

日本総合研究所創発戦略センター
シニアスペシャリスト
瀧口信一郎

たきぐち・しんいちろう 京都

大学理学部を経て同大学院人間環境学研究所修士。テキサス大学MBA（エネルギーファイナンス専攻）修了。不動産投資ファンド、エネルギーアドバイザー会社などを経て、09年日本総合研究所。専門はエネルギー政策・エネルギー事業戦略。著書に「カーボンニュートラル・プラットフォーマー」「エナジー・トリプル・トランスフォーメーション」（第40回エネルギーフォーラム「普及啓発賞」受賞）、「パリ協定で動き出す再エネ大再編」など。

〈図表1〉IEAの想定する化石燃料生産量の推移(ネットゼロシナリオ)



(出所)IEA

国同士のアライアンスは軍事や経済に限定されるものでなく、欧州諸国はエネルギーのアライアンスも重視してきた。ウクライナと欧州の関係強化には、軍事アライアンスのNATO、経

済アライアンスのEUへのウクライナ参画に比べてエネルギーアライアンスへの参画はハードルが低い。電力の切り替えに至る前にロシアはロシア、ベラルーシ、カザフスタンからウクライナへの石炭輸出を禁止しようとしていたため、火力発電の燃料供給にリスクを感じたウクライナは準備を加速させていた。欧州送電事業者ネットワーク

の電力システムは大転換を果たしている。侵攻の数時間前にウクライナの送配電網はこれまで同期化(接続)されていたロシアとベラルーシの送配電網から切り離し、3月16日にEUの送配電網に接続されたのである。この切り替えは、ロシアによるウクライナのクリミア半島とドンバス地方の実質支配が実行された17年に始まり、23年に完了する予定だった。ロシア侵略に伴う緊急対応で準備不足が心配されたものの、EUの送配電網との接続に無事成功したのである。

2 異なるウクライナ参画

った再生可能エネルギーは典型的な脱炭素技術であり、エネルギー分野が注目されがちだが、産業セクター、運輸セクターも併せて対策を考えなければならぬ。電力と産業の温室効果ガス排出量は大きく、運輸の排出量も少なくないからである。

ロシアは2月24日にウクライナに侵攻したが、その直後にウクライナ

〈図表2〉ENTSO-e概要

項目	内容
組織名	ENTSO-e(European Network of Transmission System Operators for electricity) 欧州送電事業者ネットワーク/EU広域送電網運用機関
ミッション	・全欧州の相互連携した電力システムのセキュリティと電力市場の最適な運用を確保すること ・再生可能エネルギーと新技術からの電力の統合を実現すること
開始年	2008年12月
本部	ベルギー・ブリュッセル
参加主体	35カ国・39団体 オーストリア(APG、VUEN)、アルバニア(OST)、ボスニア・ヘルツェゴビナ(NOS BiH)、ベルギー(Elia)、ブルガリア(ESO)、スイス(Swissgrid)、キプロス(Cyprus TSO)、チェコ(cEPS)、ドイツ(TransnetBW、TennetDE、Amprion、50Hertz)、デンマーク(Energinet.dk)、エストニア(Elering AS)、スペイン(REE)、フィンランド(Fingrid)、フランス(RTE)、ギリシャ(IPTO)、クロアチア(HOPS)、ハンガリー(MAVIR ZRt)、アイルランド(EirGrid)、アイスランド(Landsnet)、イタリア(Terna)、リトアニア(Litgrid)、ルクセンブルク(Creos Luxembourg)、ラトビア(AST)、モンテネグロ(Crnogorski elektroprenosni sistem)、マケドニア(MEPSO)、北アイルランド(SONI)、オランダ(TenneT NL)、ノルウェー(Statnett)、ポーランド(PSE S.A.)、ポルトガル(REN)、ルーマニア(Transelectrica)、セルビア(EMS)、スウェーデン(SVENSKA KRAFTNAT)、スロベニア(ELES)、スロバキア(SEPS)

(出所)ENTSO-eウェブサイト等より作成

ENTSO-e (European Network of Transmission System Operators for electricity) は、各国に通常一つ(最大のドイツで四つ)の送電事業者が国を代表して参加するエネルギーのアライアンス組織である(図表2)。この組織には二つの大きな目標がある。一つは、欧州全体で常時接続する電力システムと欧州全体の統合電力市場の最適運用を保証す

ることであり、もう一つは、再生可能エネルギーの推進である。

この目標達成のため、参加国は再生可能エネルギーの割合向上を求められる。ウクライナも、ENTSO-e加盟に向け、17年に国立科学アカデミーの経済予測研究所 (The institute for economics and forecasting of the national academy of sciences) がドイツのハインリッヒ・ベル財団の支援により、再生可能エネルギーの導入拡大プランを策定している。EUの脱炭素政策に批判的なポーランドでさえ、10年に6・9%だった再生可能エネルギー比率を21年には16・9%まで向上させるなど、再生可能エネルギー比率の向上は参加国の義務である。

欧州は偏西風の通り道に当たり、広大な平野と遠浅の海という風力発電に適した地形を生かし、風力発電を急速に増やすことができた。風力発電は発電量が風任せで変動が大きいため、季節ごと、昼夜、場所ごとで異なるが、各国間の国際連系線の整備により欧州全域にネットワーク化された広域送電網を通じて国同士で電力の融通が可能となった。実際、ドイツは風力発電の電力をフランス、

ポーランド、イタリアなどに輸出する一方、風力発電の発電量が少ない場合、フランスの原子力発電の電力を輸入している。EUはこの送配電網の範囲を東欧に広げ、その範囲がウクライナに及んだのである。

そもそもEUは、ドイツとフランスの長年にわたる国境付近の炭田をめぐる紛争を解決するため1952年に設立された、「欧州石炭鉄鋼共同体」というエネルギーのアライアンスが起源である。EUとしてスタートを切った後、統一通貨ユーロの導入とともに電力市場の統合が進められるほど、エネルギー分野は重要視されてきた。なぜなら、ロシアの天然ガス依存を回避する必要があったからである。EUは天然ガスの40%以上をロシアに依存し、ドイツは50%を超え、この依存関係からの脱却は大きなテーマとなり、EUのエネルギー政策に大きな影響を与えてきた。欧州諸国の気候変動対策は市民運動から始まったが、今ではEUの経済力や政治力を強化するEUの国際戦略となっている。EUは、人権とともに脱炭素といった価値観をサステナブル・ファイナンスに反映させることで価値観を共有す

る国々の連携を強めようとしてきた。2005年に世界に先駆けて排出権取引を導入し、既に15年以上の実績を積み上げてきている。この仕組みは化石燃料経済から脱炭素経済への脱皮を図るものであり、脱炭素の主導権を握ることで域内の経済力強化に向かっている。

このようなEUの動きにプーチン大統領は警告を発してきた。ロシアは60年カーボンニュートラル実現を宣言しているが、ロシア国内では気候変動にはメリットもあるとの主張が当たり前のように語られる。例えば、北極海近辺の原油・ガス田は採掘が行いやすい、北極海の船舶ルートは年間を通じて航行できる時間が増える、シベリアの農業が行いやすい、といったものである。21年10月のロシア・エネルギーウィークで、プーチン大統領は「現在のエネルギー価格の上昇は、再生可能エネルギーの増加に伴う電力不足によって引き起こされている。再生可能エネルギーの不安定な発電は悩ましいものであり、悪天候などの発電量低下要因が発生した場合、需要をカバーするほどの安定的な発電容量を持たない」とコメントし、EUの再生可能

エネルギー依存の電力システムを否定的に捉えている。

上記のように、EUのエネルギー政策とロシアのエネルギー政策は真向から対立する。異なるエネルギービジョンは両者の関係悪化につながる。そして、ウクライナはその中間に位置しており、エネルギーの観点からも両者の紛争の前面に立つことになるのである。

ロシアのウクライナ侵攻により、石油や天然ガスの供給不安が起こり、さらには石炭にまで波及して化石燃料価格が高騰している。短期的には、この問題の解決が争点となり、ロシアから米国・中東への天然ガス調達先変更、石炭火力の復帰などの動きが続くだろう。欧州議会は、議論が多かった原子力発電を脱炭素技術とする意思決定に踏み切った。

しかし、化石燃料の価格高騰は、エネルギー転換を加速する。市場で化石燃料の価格が上がりすぎること、再生可能エネルギーのシェア拡大が起こり、シェアを落とした化石燃料開発への投資は落ちる。そうなると、規模の効果が働きにくくなり、採掘コストが上がる。相対的に再生可能エネルギーのコスト競争力が高

まることになる。実際、国際エネルギー機関（IEA）の予測では、風力発電タービンや太陽光発電モジュールのコストは上昇しているものの、天然ガス価格の高騰の影響で相対的にコストが低くなっているため、再生可能エネルギー導入量は3億1900万キロワットと前年比8・4%増加することが見込まれている。

従って、50年にロシアが高騰した石油や天然ガスの価格の恩恵を享受し、わが世の春を謳歌しているとは考えにくい。化石燃料の恩恵は今後減衰することが見込まれる。カーボンニュートラルの経済構造への移行が難しいロシアは、ウクライナ侵攻がどうなるかと、長期的には経済力の低下を覚悟しなければならない。

3 次世代エネルギーで先行する中国

カーボンニュートラルに向けては、太陽光発電、風力発電、加えてEV、蓄電池、電動モーター、半導体、といった米中対立の中心領域である次世代産業のキーテクノロジーに焦点が当たることになる。

現在のところ、中国が米国を上回り、中国企業は太陽光発電や風力発電の分野で独占的なシェアを握る。

特に太陽光発電市場では、世界のトップ10のうち8社が中国企業である。太陽光発電、風力発電の導入量が世界最大となつている中国国内市場のおかげで、世界最低水準のコストを維持できているのである。22年5月に公表されたIEAの予測では、中国の22年の再生可能エネルギー導入量は1・5億キロワットと、前年比10%の伸びが見込まれている。

また、EV市場では21年に中国は前年比2・5倍の約350万台のEVを販売し、ロシアのウクライナ侵攻後はさらに加速し、22年は500万台と自動車販売の2割を占めるEV販売を見込む。そもそも、自動車業界はCASE（Connected：インターネット常時接続、Autonomous：自動運転、Shared：ライドシェア、Electric：電気自動車）の巨大潮流の中にあり、中国自動車メーカーは、BAIH（Baidu, Alibaba, Tencent, Huawei）に代表される巨大IT企業との連携で世界最先端を走る。吉利汽車（Geely）は百度（Baidu）と提携し、コネクティッドカーを開発している。その百度は走行領域を制限した自動運転（レベル4）の「ア

ポロ」プロジェクトを成功させ、完全自動運転（レベル5）の自動運転車「ロボットカー」の開発を進めている。配車アプリの滴滴出行（Didi）も自動運転タクシーの実証を進め、NIOはテスラのような高級EVで売り上げを伸ばしている。

蓄電池市場でも中国は強大な影響力を持ち、世界トップシェアを持つ寧徳時代新エネルギー（CATL）は日本の自動車メーカーとの関係を深めている。鉱物資源市場でも、銅、ニッケル、コバルト、ネオジムといったベースメタル、レアメタル、レアースにまたがる幅広い鉱物資源の争奪戦が進んでいる。

数年前まで燃料電池の特許の大半が日本発だったのが、21年の有効特許件数の7割を中国が占める。11年の東日本大震災直後に筆者がドイツに行った際、ドイツの風力発電や広域送電網に対して、日本は燃料電池に強みがあるとドイツの研究者に言われたことがあったが、それも幻想となった。

一方、米国は太陽光発電の自国市場で米国企業がシェアを維持し、「ファーストソーラー」は世界トップ10にも食い込んでいる。米国の強さは、

起業家精神というベンチャーの文化や、ベンチャーキャピタリストやエンジェルといったベンチャーファイナンス、起業家経験者やベンチャー企業間の連携といったエコシステムにある。マイクロソフトの創業者であるビル・ゲイツは「ブレイクスルー・エナジー・ベンチャーズ」というカーボンニュートラル技術に投資するベンチャーファンドを立ち上げるなど、ファンドの組成が活発に行われている。

また、米国は水素への転換のタイミングで優位性を持つ可能性がある。米国は石油や天然ガスのパイプラインネットワークを張り巡らせており、天然ガスパイプラインは水素パイプラインへの転用が容易と言われるからである。米国は既にテキサスとルイジアナ間のパイプラインを敷設しており、転用や新設により水素パイプラインネットワークの整備が急速に進む可能性がある。

4 日本に必要な戦略

日本は石油や天然ガス資源同様、低コストの再生可能エネルギー資源にも恵まれていない。カーボンニュートラルに伴うエネルギー産業の熾

烈な国際覇権競争の中で、日本独自のカーボンニュートラル戦略が必要である。

国際競争の観点で日本は過度に風力発電に依存することは得策ではない。理由は四つある。第一に、風力発電コストがEUに比べて高いことである。1年を通じて風況がよく、風車を設置しやすい平原や遠浅の海が日本には限られる。設置はできてもコスト高にならざるを得ない。第二に、島国でネットワーク型の送電網の整備が効果を発揮しにくいことである。四方八方に送電線を張り巡らせることで融通効果を発揮するところが容易ではない。第三に、国主導による大規模なインフラ投資が難しいことである。人口が減少し、かつてのような急激な経済成長が見込めず、国の財政がひっ迫する中では送電線投資の余力が限られる。第四に、競争力のある風力発電メーカーが育っていないことである。風力発電は10年前後から急速に普及し、その段階でメーカーの育成を進めたデンマーク、スペイン、ドイツなどのEU諸国、中国に軍配が上がっている。世界のトップ企業は欧州か中国、せいぜいGEが競争を維持する米国と

いう状況である。

日本は、大々的な送電線の整備を必要としない需要近くへの太陽光発電を基本方針にすべきである。送電投資をなるべく抑えて再生可能エネルギーから需要への輸送距離を縮めることでコストを抑えるのである。もつとも、日本は2000年代まで太陽光発電で世界を牽引したが、もはや単体の発電設備では競争力を持ち得ない。日本は緻密なオペレーション力という強みを生かして差別化しつつ、この産業構造転換で実を取っていかねばならない。温室効果ガスの排出は電力セクターと産業セクターが同じ水準にあり、運輸セクターがそれに続く。従ってこれらのセクターが相乗効果を発揮させ、温室効果ガスの排出削減を行うのが最も有効である。その観点で重要なのが工場、鉄道・通信インフラ、EVとエネルギーシステムが連携するカーボンニュートラルの産業構造への転換が最も重要である。

日本は、エネルギー需要起点での脱炭素投資を行う「デマンド・ドリブンのカーボンニュートラル」を目指すべきである。1970年代のオイルショックを乗り切ったのはエネ

ルギー業界とエネルギー需要家である産業界が連携した日本のチーム力としての省エネ活動であった。全製造業がカーボンニュートラルに取り組み、価値を創出できれば勝機はある。

軸とすべきは、社会インフラ連携である。電力とEVを中心とする自動車、鉄道、通信とのインフラ連携がまず必要である。インフラ間で蓄電池を共有することは基軸となる。これは通信や工場でも同様である。蓄電池やEVを単に導入するだけでなく、社会インフラとして多目的に用いる事業モデルや制御システムを発達させていけば、産業的意義も大きい。また、水力発電は、治水や林業と連携することで投資コストを抑制できる。河川インフラの整備を発電投資と同時に進めることで社会コストを低減することができる。さらに、CO₂の再利用を行う素材と燃料の製造プロセスを共有することも考えられる。石油の採掘がなくなった場合のプラスチックなどの石油化学製品の代替素材が必要だが、炭素を用いる有機系の素材が中心であるのは間違いない。素材作りの新たなプロセスを構築し、同時に熱供給

やジェット燃料を製造するプロセスと一体化させる新産業プロセスが必要である。個別技術に後れを取り、投資力も限定される日本は、インフラ共有化による効率的なカーボンニュートラルの産業構造の設計図を作ることでは差別化を図るしかない。

脱炭素に資金供給し、産業構造の転換に資金の流れをつくり出すことが金融業界の役割である。問題は、これまで行なったことのない製品やビジネスモデルに資金供給しなければならぬ点である。間接金融が中心で技術力が大手企業に集中している日本では、企業が研究開発投資やコーポレート・ベンチャーキャピタル(CVC)の枠組みでベンチャー投資を行い、それを金融業界が支える構造をつくっていくしかない。金融界でも、技術や新たなビジネスモデルの評価をより適切に行う枠組みが求められている。

石炭火力発電への回帰の議論が出ることもあるが、ウクライナ情勢が落ち着いた時、カーボンニュートラルに向けた動きは加速しているだろう。将来への投資を進めることが将来の日本のために必要である。