

# 大転換期に突入するエネルギー

## ——進む電力のプラットフォーム化——



後藤 康浩  
亜細亜大学 都市創造学部  
教授

20世紀半ばに本格化した流体革命、1970年代の2度の石油危機、原子力の台頭、21世紀に入ってからの再生可能エネルギーブーム、2011年の福島第一原発事故、そして米国発のシェール革命——。この70年間に世界のエネルギー供給構造は大きな変化を繰り返してきた。だが、これから起きるのはより大きなマグニチュードを持った構造転換だろう。電気自動車（EV）は石油産業と産油国を揺さぶり、人工知能（AI）やIoT、クラウドなどデジタルイノベーションの波がもたらす電力需要の膨張と合わせ、電力をエネルギーのプラットフォームに押し上げる。地球温暖化対策とイノベーションは発電の選択を左右し、化石燃料、原子力、再生エネルギーがそれぞれの優位性をプラットフォーム上で発揮する。多層構造のエネルギーの先を読むのはますます難しくなる。

### エネルギーの玉座

現在、人類が使っている主要な一次エネルギーは石油、石炭、天然ガス、水力、原子力、再生可能（太陽光、風力、バイオマスなど）の6つである。石油、石炭、天然ガスの用途は発電、輸送用燃料、動力源、熱源、化学原料など多様だが、水力、原子力、再生可能は発電用がほぼすべてである。6つの一次エネルギーの世

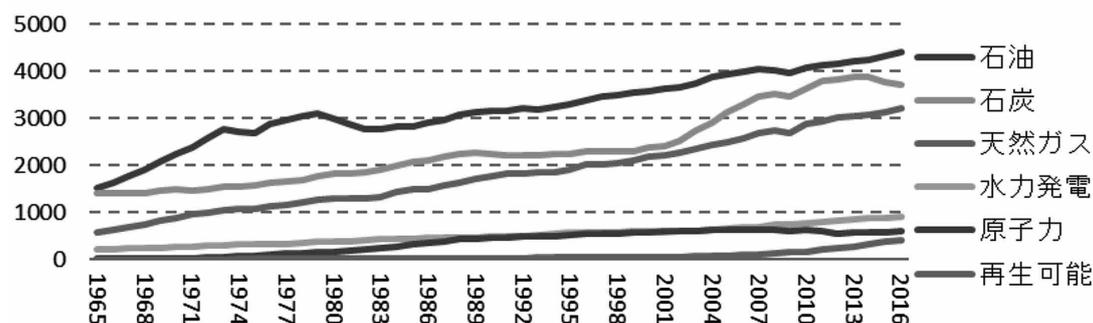
界消費量の推移を1965年からみてみると図表1のようになる。

グラフのスタートの1965年にはすでに「液体の石油」が「固体の石炭」を上回る「流体革命」が起きており、その後、半世紀以上にわたって石油がエネルギーの玉座を占めてきた。石炭は中国、インドなど新興国の経済発展とともに21世紀に入って需要が急伸し、2011年には熱量換算の消費量で石油の92.3%の水準まで迫った。石炭全盛期から間もない1965年の92.0%を上回るほどの復活ぶりだったが、その直後に急失速し、石油は石炭の「リバイバル挑戦」を退けた。

石炭需要が突如、減少に転じたのは世界の石炭の半分を消費する中国が2013年をピークに石炭消費を減らしたことが大きな理由だ。減少はすでに3年連続。習近平政権が進める環境規制の強化や鉄鋼、セメントなどの過剰生産抑制が背景にあり、今年10月の党大会で環境優先を打ち出す習政権の政治基盤がさらに強化されたことから、中国の石炭需要は今後も着実に低下していくだろう。

代わってインドやインドネシアの石炭消費が発電用を中心に急増しているが、消費量で見ればインドですら

図表1 世界のエネルギー消費の推移（石油換算百万トン）



出所：BP統計2017年版

だ中国の4分の1以下。しかもインドはニューデリーや北部の大都市を中心に石炭使用が主因の大気汚染が深刻化しており、「PM2.5」濃度は冬場のニューデリーでは世界保健機構の安全基準の30倍前後の連日500～600ppmに達し、PM2.5の「元祖」中国のお株を奪うほど悪化している。小中学校が休校になったり、自動車の通行量を減らすため日中はニューデリーの地下鉄料金を割引くなどの対策もとられているほどだ。インドとて石炭消費をこれから野放図に伸ばせるわけではない。

注目すべきは天然ガスである。熱量換算の比較では1965年に天然ガスの消費量は石油の38.4%しかなかった。第一次石油危機後、日本はじめ先進国は「脱石油」を指向し、天然ガスを都市ガス、発電燃料として積極的に使い始め、新たな輸送手段として液化天然ガス(LNG)も商用化された。天然ガスと石油の消費量の差は着実に縮まっていった。1980年には天然ガスの消費量(熱量換算)は石油の43.2%だったが、90年には55.9%、2000年には60.8%、10年には70.4%と着実に差を縮め、2016年には72.5%にまで上昇した。

エネルギー効率が高く、環境汚染も少ないクリーンさが評価されたLNGは90年代までは「金持ちのエネルギー」とみられ、日本、韓国や米欧しか使わなかったが、中国が新興国として輸入を開始、その後、インド、タイなどにも広がり、次第に途上国でも手の届くエネルギーになってきた。LNG供給国が増え、需給関係が緩み、長期契約以外にスポット調達も十分可能になってきたからだ。LNGについては液化設備の巨大化など技術的にコスト削減が進んで来たことも普及を加速させた。2010年あたりからは米国のシェールガスの生産が急拡大し、世界の天然ガスが過剰供給となり、市況が低迷している。いずれにせよ、天然ガスは「先進国のエネルギー」から「新興国・途上国も使えるエネルギー」になりつつあることが重要だ。

結果として、天然ガスが石油からエネルギーの玉座を奪う可能性が次第に高まっている。日本エネルギー経済研究所(IEEJ)が毎年、発表している「アウトルック」(去年まではアジア・太平洋地域アウトルックと題されていたが、本年版からはアウトルックのみのタイトルになった)の2018年版は「天然ガスが2030年代以降、消費量(熱量換算)で石油を抜く」との予測を示した。化石燃料の序列は「天然ガス、石炭、石油」という順番になるとの見立てだ。化石燃料のトップ交代であり、歴史的な大転換とっていいだろう。

## EVシフトと石油需要ピーク

石油が玉座を降りる最大の理由はEVの普及である。2017年は自動車産業にとって将来の方向がはっきり固まった節目の年となった。この数年、台頭の予感を漂わせていたEVが一気に大ブレイクした。といっても、ヒット車が出たわけでも、劇的な技術進化が起きたわけでもない。5月に就任したフランスのマクロン大統領がEV重視を政策として打ち出し、「2040年までに内燃機関の自動車の発売を禁止する」と宣言、英国のメイ政権も同様にEVへの転換を打ち出した。もともと水面下でEV強化の政策を進めようとしていたドイツもその流れに乗った。

振り返ればフランスはプジョー・シトロエングループ、ルノー日産グループを抱える内燃機関自動車の大国、英国も今は落ちぶれたとはいえ、ジャガー、アストンマーチン、ローバーなど歴史に残るメーカーを生み、内燃機関の自動車の進化に貢献した国だ。その両国が内燃機関の伝統を捨てEVへの移行を明確にしたことは歴史的な転換だ。ドイツはガソリンエンジン、ディーゼルエンジンともに「生みの親」の国である。自動車から船舶、航空機まで、内燃機関を精緻に組み上げられた芸術品の領域まで高めた。それゆえにドイツメーカーはフォルクスワーゲン、ダイムラー、BMWの3社はEVには背を向けていた。VW傘下のポルシェは2年前まで「EVは絶対につくらない」と公言していたが、2017年に一気にEVへの転換を宣言した。

さらに中国もEVを主軸とする「新エネルギー車(NEV)法」を公表、2019年に新車販売台数の10%をNEVにするよう義務づける。さらに仏英と同じようにある時点で「石油燃料の車の販売を禁止」する方針を示している。

世界の流れはEV、すなわち脱内燃機関に向かっている。前述のIEEJのアウトルックは「石油需要ピーク」ケースとして大胆な予測を提供している。それによると、2030年に新車販売の30%がEVを中心とするゼロ・エミッション・ヴィークル(ZEV)になったと仮定すると、保有台数ベースではこの時点で14%がZEVに置き換わっていることになり、世界の石油需要は現状より増えるものの従来の予測を大きく下回る日量9820万バレルにとどまる。

さらに2050年に新車販売のすべてがZEVになったとすると、保有台数では74%がZEVで内燃機関の自動車は4分の1以下となる。石油需要は日量8870万バ

レルと現状よりマイナスとなる。石油需要ピークが現実化するわけだ。ただ、石油需要の総量そのものは広く流布する「半減」といったかたちにならないことに注目する必要がある。石油そのものが船舶や航空機の燃料としては今後も欠かせない存在であり、両分野とも世界の人口増加、途上国の経済成長によって需要が確実に増えるからだ。船舶ではLNGを燃料とする船もすでに登場しており、航空機の電動化の構想が語られ、バイオ燃料については利用試験も実施されているが、やはりこの分野では石油が現実的で、コスト競争力も高いからだ。さらに、石油はナフサなど石油化学の原料として、天然ガスでは代替しきれない資源でもある。

問題は石油全体の需要が極端に落ち込むことはなくとも、製品需要の構造が激変することにある。アウトLOOKでは、2050年に新車がすべてZEVとなる仮定ではガソリン需要は石油製品全体の10%になると予測、現状の27%から3分の1近くに大きく落ち込むことになる。軽油もディーゼル車向けは当然落ち込むが、建設機械、漁船、自家発電装置、農業用などほかにも多くの用途があることから2050年で全体の27%を占め、現状と比べて8ポイント程度の落ち込みにとどまる。ガソリンは石油産業の収益の柱であり、先進国の石油産業は過去半世紀、ガソリンの得率を高めることに力を入れ、莫大な投資も実行してきた。経済産業省がこの数年、日本の石油業界を誘導しようとした、いわゆる「高度化法」も突き詰めれば、設備集約とともに高収益のガソリンの得率を高める二次設備の強化を後押しするものだった。そうした石油産業の常識、これまでの戦略がEVの台頭で完全に覆されれば、石油産業は生き残りの方向を見失いかねない。

もうひとつ石油産業への大きな打撃は石油需要ピークを迎えた後、石油価格が下がる可能性が高いことだろう。今世紀に入って、上流部門は日本の石油業界にとっても金の卵を産む鶏だった。油田開発が収益部門でなくなった石油産業は厳しい環境におかれる。しかも、石油価格が下落した後も生産を続けられるコスト競争力を持つ油田は中東地域に集中しており、外資が参加できるケースは限られてくるだろう。需要ピークを迎えた後になおコスト競争力がある油田を確保するのは容易ではない。

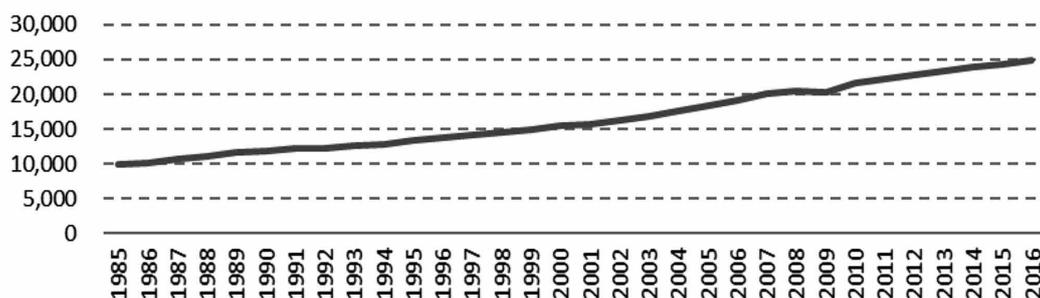
## 電力需要の増大

石油の後、エネルギーの玉座に上るのは一次エネルギーではなく、二次エネルギーの電力である。もちろん19世紀末以降、電力はモーター、電灯、通信など世界を大きく変えてきた。だが、電力が利用される範囲には限定があった。それを塗り替えようとしているのがEVであり、EVがけん引するバッテリーの進化は他の分野にも波及する。

アナロジーでいえば、携帯電話の普及が各ユーザーをつなぐ有線のネットワークの意味を失わせ、固定電話の普及が困難だった途上国、僻地に通信の恩恵をもたらしたように、バッテリーの進化は、電力を、ネットワークを必ずしも必要としないエネルギーに転換させ、世界から無電化地域をなくすだろう。

ただ、EV含め電力をベースとする機器が増えるにつれ、発電をどうするかという問題が浮上する。図表2は世界の電力需要の伸びだ。1985年から2016年までの期間の年平均伸び率は4.5%、2011年以降に限れば年率2.2%に低下するものの、毎年、韓国やブラジル1国分に近い電力需要が新規に生まれる計算。この伸び率が

図表2 世界の電力需要の推移（テラワット時）



出所：BP統計2017年版

EVとデジタルライゼーションで今後、高まるのは確実だ。

前述のEVの普及予測で、2050年に新車販売のすべてがZEVになり、保有台数ベースでは74%との仮定ではZEVの電力消費量は世界の電力需要のおよそ11%を占める計算になる。ZEVの電力需要へのインパクトである。

デジタルライゼーションはより大きなインパクトを持つだろう。まずその端緒として増大しているのはデータセンターの電力需要だ。大小合わせれば、世界に1万カ所以上あるとされるデータセンターの電力需要は合計で、世界の電力需要の2%をすでに占めている。クラウド化が今後もさらに進めばデータの器としてのデータセンターは現状より1桁大きい数が必要になる。データセンターの電力需要はサーバーやメインフレームなどを稼働させる電力に加え、発生する膨大な熱を冷却する空調用も大きい。そのため、空調を電気ではなく、水冷や自然放出など電力を使わないシステムに転換しようという動きもあるが限界がある。

中国の内モン自治区。人里離れた草原に鉄骨とスレート、ボードで建てられた倉庫のような建物が増えている。中をのぞいてみればパソコンとサーバー、ネットワーク機器が大量に置かれ、LANケーブルや電源ケーブルがぐちゃぐちゃに地面を這っている。何をしているかといえば、「マイニング（採掘）」。といっても内蒙古に豊かな石炭ではなく、ビットコインを計算で掘り出している事業者だ。ビットコインは偽造を防ぐため、原簿の管理には莫大な計算を必要とする仕組みになっている。ハッシュ関数と呼ばれる計算を受けビットコインに貢献すれば、代価としてビットコインが与えられる。

ただ、計算には莫大な電力を消費してしまうため、世界でも電気料金が安く、電力供給が安定している場所に「マイニング」業者は集まる。世界のビットコインの70%は中国で創出されているといわれるが、それは内蒙古や四川省、貴州省など水力発電や石炭火力発電を自前で開発しやすく、安い電力を使えるためだ。

世界最強の囲碁棋士を破ったAIの「アルファ碁」。その強さの背景にはグーグルの運営する巨大なクラウドと莫大な電力消費がある。アルファ碁が使ったシステムは1202個のCPU（中央演算処理ユニット）と176個のGPU（画像処理ユニット）から構成され、消費電力は25万ワット。大型のヘアドライヤーを250個同時に使ったのに匹敵する。その熱を冷やすのに使われる

電力も考えれば、大きすぎるエネルギー消費だろう。対戦した棋士の脳が消費したエネルギーは小さな電球1個分の20ワット前後といわれる。アルファ碁は人間の棋士の12500人分のエネルギーを費やした計算となる。

## 電力とセキュリティ

AIは人間を上回る機能を持ち始めているが、電力消費は想像を絶する規模であるのも事実。これから世界各所でAIが稼働し、自動車も自動運転車に転換していけば、それを支える電力消費は増え続ける。ビッグデータ活用でデータを収集、蓄積していけば、ますますデータセンターは必要になる。デジタルライゼーションに必要な電力をどう生み出すかは実は大きな課題だ。

それを天然ガス火力や再生可能エネルギーだけで賄うことは量的な面でも、供給の柔軟性、リスク対応の面でも無理がある。安定電源としての原子力や水力発電を維持し、ベストミックスを図っていくことが重要だ。化石燃料の玉座にのぼる天然ガスにしても産ガス国の偏りや輸送のリスクはあり、燃焼させれば二酸化炭素も排出する。

EVから家電製品、PC、スマホ、AIなど人間の使うあらゆる機器、装置、端末が電力というプラットフォームに載ってくればくるほど、電力シャットダウンの影響は深刻になる。また、企業の基幹システム、工場内のFA、電子政府、仮想通貨までサイバー攻撃の対象になりかねない分野が増えれば、電力ネットワーク自体が通信回線と同じレベルのセキュリティを必要とするようになるだろう。

太陽の黒点活動に伴うフレアが発する電磁波は地球上で送電線網に影響を及ぼし、停電や設備の破壊にまで至ることがある。ましていずれかの国が電力システムを麻痺させる目的で電磁波を兵器として使うリスクも考慮する必要がある。電力をエネルギーの唯一無二のプラットフォームにしてしまうことにはリスクが伴う。電力以外のエネルギー源や分散型の電源を確保する緊急時対応を用意しておくことが必要だ。東日本大震災では石油ストーブが最も汎用性、実用性の高い機器だったように、何かシステムの異なるエネルギーを残すことが人類にとっては大きな意味を持つ。

デジタルライゼーションの進展とともにエネルギーも最適化して行く必要がある。