

電力問題の解決と 日本の成長戦略

～強靱・低炭素な電力システムへ～

溝端 幹雄

要約

エネルギー自給率が低く、専ら供給側による電力需給の調整を行ってきた日本では、電力料金が高止まりしやすい。電力は経済活動のインフラとして、安定的かつ経済的に利用される必要があるとともに、世界的な低炭素化の流れの中で、電力供給が環境面に与える影響も十分に踏まえる必要がある。

こうした問題を解決するためのポイントは、効率化と多様化にある。この2つは電力の安定化や低コスト化に役立つだけでなく、環境面での改善（低炭素化）にも大きく貢献する。具体的には、価格メカニズムやICTを活用した電力需要の効率化、発電効率の向上やコジェネレーションによる電力供給側の効率化、再生可能エネルギーの利用や化石燃料の調達ルート分散、そして送電網の連携強化といった電源・調達先の多様化である。

現在の電力システムを強靱かつ低炭素なものに変えるには、民間企業のイノベーションを最大限に引き出すことが重要である。そのためには、政府が電力自由化の早期取り組みを行い、さらにトッランナー基準の適用範囲の拡大や技術輸出の拡大を促す貿易ルールを確立するなど、民間企業にインセンティブを与える優れた環境づくりが、今後の成長戦略として必要だろう。

目次

- 1章 再考を求められる日本の電力システム
- 2章 電力問題を解決するための効率化と多様化
- 3章 電力問題の解決に向けた官民挙げた成長戦略
- 4章 まとめ：イノベーションで強靱かつ低炭素な電力システムへ

本稿では、昨今の日本が抱える電力問題の解決に向けて、成長戦略の観点からどのような貢献ができるのか、その方向性について論じてみたい。

まず1章では、現在の日本の電力システムが抱える問題について述べる。環境面や安全面での配慮から電力料金の上昇が懸念されているが、そもそもエネルギー自給率が低く、専ら供給側による電力需給の調整を行ってきた日本では、構造的に電力料金が高止まりしやすいことを述べる。2章では電力問題を解決するためのポイントとして、効率化と多様化に焦点を当てる。この2つの取り組みは、電力の安定性や経済性に役立つだけでなく、環境面での改善（低炭素化）にも大きく貢献することを指摘する。続く3章では、電力問題の解決には民間の取り組みが重要なことを指摘する

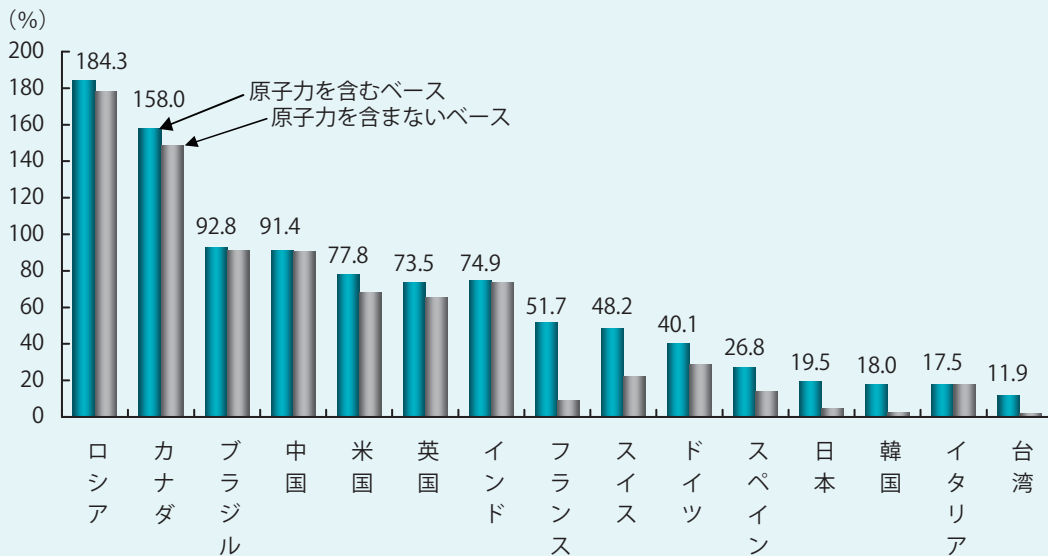
とともに、民間企業のイノベーションを促進するような環境づくりが今後、政府の成長戦略としてきわめて重要な役割を果たすことを強調したい。

1章 再考を求められる日本の電力システム

1. 脆弱な日本のエネルギー

日本はエネルギー供給の面で非常に脆弱な構造を抱えている。図表1で見ると、日本のエネルギー自給率¹は他国と比べて圧倒的に低く、20%弱（2010年）であった。これはウランの再利用が可能な原子力発電を準国産エネルギーとみなした場合の数字である。もし原子力を除いて、水力などの再生可能エネルギー等だけで計算すれ

図表1 世界のエネルギー自給率（2010年）



(注) 数字は原子力を含むベースで見たエネルギー自給率

(出所) I E A, "Energy Balances of OECD/Non-OECD Countries"から大和総研作成

1) 輸入も含めた国内で供給されるエネルギーのうち、国内で生産されるエネルギーの割合を見たもの。

ば、日本のエネルギー自給率はわずか4%（同）へと低下してしまう。ちなみに2011年は一部の原子力発電が停止したために、日本のエネルギー自給率は10%と大幅に下がり、主要先進国では台湾を抜いて最も低くなっている。

国家運営を行う上でエネルギーの安定的な確保は非常に重要であり、エネルギー自給率の低さは安全保障面で危うさを孕んでいる。例えば中国やインドなどの新興国ではエネルギー需要が増大しており、石炭・石油・天然ガスといった化石燃料の価格は世界的にも上昇傾向にある。もちろん、シェールガス・シェールオイルなどの非在来型資源の開発が近年は活発になりつつあるが、今後は非在来型資源を開発するためのコストも上昇する可能性が高い。

さらに、自給率が低いと化石燃料の供給国が値段を引き上げる誘因を持ちやすいので、輸入国の化石燃料コストが一層高止まりする懸念がある。日本同様、エネルギー自給率の低い韓国等でも、液化天然ガス（LNG）取引価格が欧州のそれよりも高く、東アジアプレミアムと呼ばれる高値でLNGが取引されているという現実がある（図表2）。石油や天然ガスといった供給国に制約がある化石燃料の場合、こうした傾向は一層顕著になりやすい。

このようにエネルギー自給率が低い

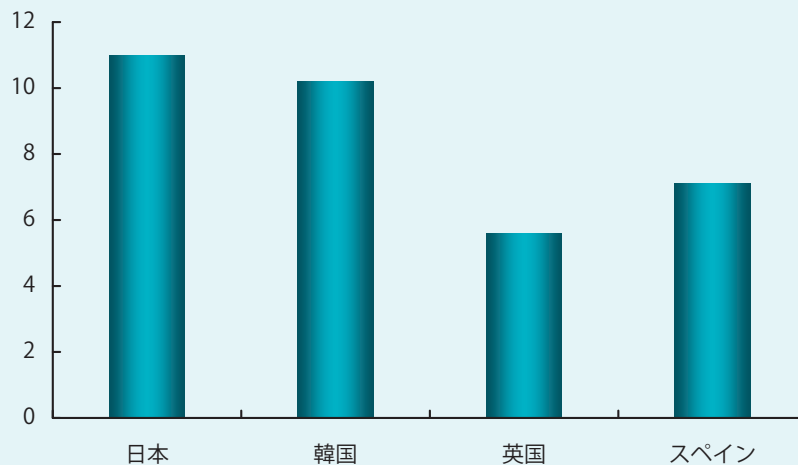
と、燃料価格の上昇の影響を大きく受けてしまい、電力料金の上昇圧力が強まるというデメリットがある。最近では主に燃料価格の上昇により、日本の名目GDPに占める化石燃料輸入額の割合が急激に上昇しており（図表3）、貿易収支の赤字化の一因にもなっている。これは国富の流出という面からもマイナスである。

エネルギー自給率の低さは、需要が拡大すると化石燃料の輸入を大幅に増やすことになるが、同時にCO₂排出量やNO_x、SO_x等の温暖化ガスの排出も増やしかねない。現在、CO₂排出量には各国で違いはあるものの、低炭素化に向けた取り組みは先進国・新興国に限らず世界各地で広がっており、今後は環境制約を踏まえたエネルギー利用も進めなければならない。これもエネルギー利用のコスト要因となる。

一方、エネルギー需要の面でも日本は不安を抱えている。今後、日本の人口は減少していくが、それでも1億人を切るのは2040年代後半と30

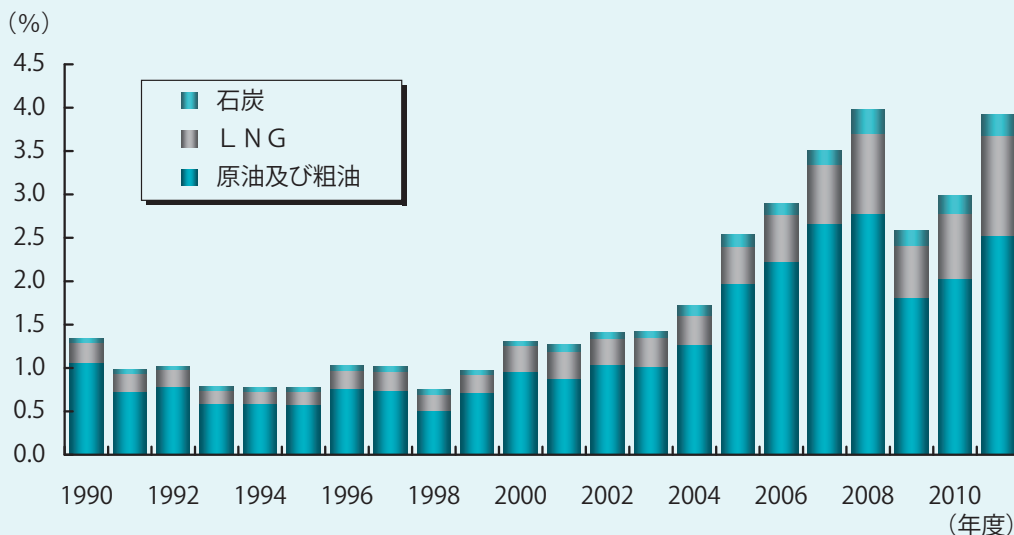
図表2 LNG輸入平均価格（2010年平均）

(\$/MMBTU)



(出所) I E A資料から大和総研作成

図表3 名目GDPに占める化石燃料輸入額の割合



(注) 石炭は事業用発電に使用される一般炭を使用
(出所) 内閣府、財務省から大和総研作成

年以上も先になることが予想されており（国立社会保障・人口問題研究所推計）、当分の間、エネルギー需要は高水準が続くものと思われる。さらに、現代の経済社会は非常に高度化されており、その維持には大量のエネルギーを必要とする。したがって、安価かつ安定的にエネルギーが供給できなければ、経済社会に大きなダメージを与えることになりかねない。

2. 電力は様々な一次エネルギーから加工された二次エネルギー

こうした脆弱なエネルギー供給の上に成り立っているのが日本の電力システムである。ここでエネルギーと電力の定義を明確にしておきたい。

エネルギーは、われわれが経済活動を行う上で欠かすことのできないものだが、そのままでは利用可能でないことが多い。そこで原料となる一次

エネルギーを電力会社等（これを転換部門という）が加工することで、家計や企業が利用しやすい二次エネルギーという最終消費財が作られる。例えば、石油や天然ガスといった様々な一次エネルギーを転換部門が加工することで、電力や都市ガス、ガソリン、灯油といったわれわれにとって身近な二次エネルギーが生産されて、それらが民生部門（家庭・業務等）や産業部門、そして運輸部門において消費されるのである。

こうした身近な二次エネルギーの中でも、特に必要不可欠なのが電力である。動力や照明、熱供給といった様々な分野で使える利便性の高さや、火を使わないために高齢者でも安心して使えるといった安全面において電力のメリットは大きく、われわれにとって最も身近なエネルギーであるといえる。

3. 高コストになりがちな現状の電力需給の調整

大規模な蓄電設備がない現在の電力システムでは、電力需給のバランスを取るために電力需要の変動に合わせて、電力の供給側で稼働率を調整したり石油火力などのピーク電源を稼働させたりするなどの対応を行ってきた。そのため、一年で最も電力需要の多い夏の午後でも電力供給が可能なように、それに合わせた電力供給設備を確保せねばならず、需要の少ない時期にはそれらの設備の稼働率が大幅に下がってしまう。そうした発電設備の非効率性が高まる結果、発電コスト（電力料金）を押し上げる要因となっていた。

こうした日本の供給主体の電力システムは、先に述べたエネルギー自給率の低さに起因する化石燃料価格の高止まりと併せて、一層高い電力料金を促すことにもなっている。

4. いかにか安定性・経済性・環境性・安全性（3E+S）に配慮すべきか

電力は経済活動のインフラとしてきわめて重要なものであるが故に、まずは安定的かつ経済的にそれが利用可能でなければならない。そして世界的な低炭素化の流れの中で、電力供給が環境面に与える影響も十分に踏まえる必要がある。さらに今般の日本での原発事故を教訓とすれば、安全性にも特段の配慮が求められるのは当然である。したがって今後、電力を供給するためには、その前提としてエネルギーの安定性・経済性・環境性、そして安全性、すなわち3E+S（Energy Security, Economy, Environment, and Safety）が確保される必要があると考える。

こうした課題の解決には、何よりも多様なエネ

ルギー源を持つ、すなわちエネルギーの選択肢をできるだけ増やすことが重要だ。その上で、各電源の効率化（再生可能エネルギーの発電効率の向上およびその合理的な活用、高効率・低炭素な最新型火力発電の開発・導入）や安全性の確保、電力需要の抑制、電力需給システムの効率化等が必要となるだろう。

これらの課題に向けた取り組みは、日本企業の研究開発や人材育成を促して成長基盤を確立するだけでなく、高い技術力を世界で積極的に売り込んで市場を拡大するチャンスにもつながっていく。さらに最近では、米国でシェールガスの供給量が増加し、エネルギー価格の低下から製造業の国内回帰が鮮明になっているという事例からも、エネルギー価格の上昇を抑えることで、国内企業の成長や雇用拡大を後押しする効果についても期待できる。これら日本の電力が抱える課題の解決に向けた取り組みが、今後、日本の成長戦略の大きな柱の一つになるものと思われる。

2章 電力問題を解決するための効率化と多様化

1. 効率化

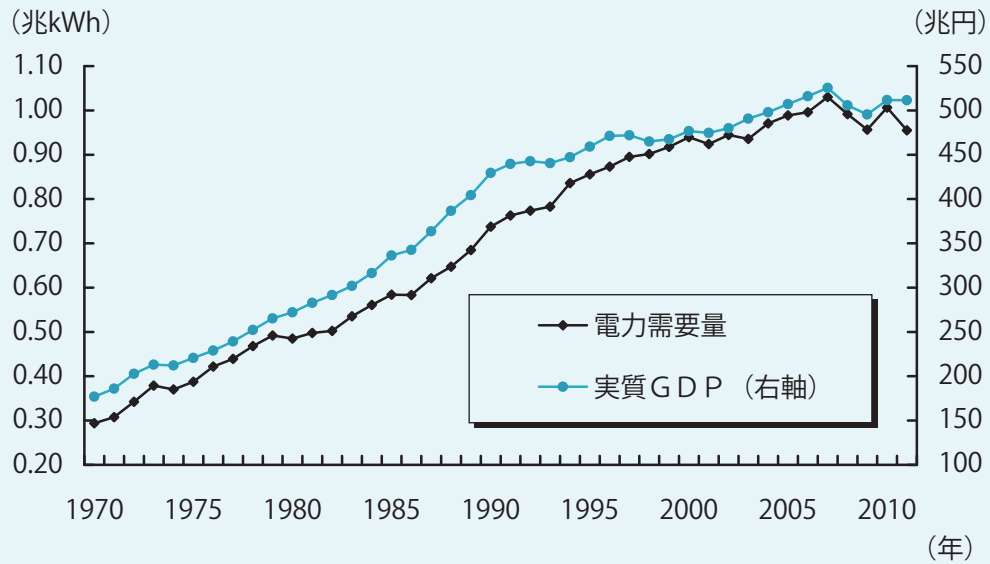
1) 電力需要の効率化

(1) 価格メカニズムの活用

電力需要は、東日本大震災を機に広がった節電意識を背景にいったんは減少しているものの、一般には経済規模と電力需要は強い相関があり、経済成長すれば電力需要も伸びる傾向にある（図表4）。

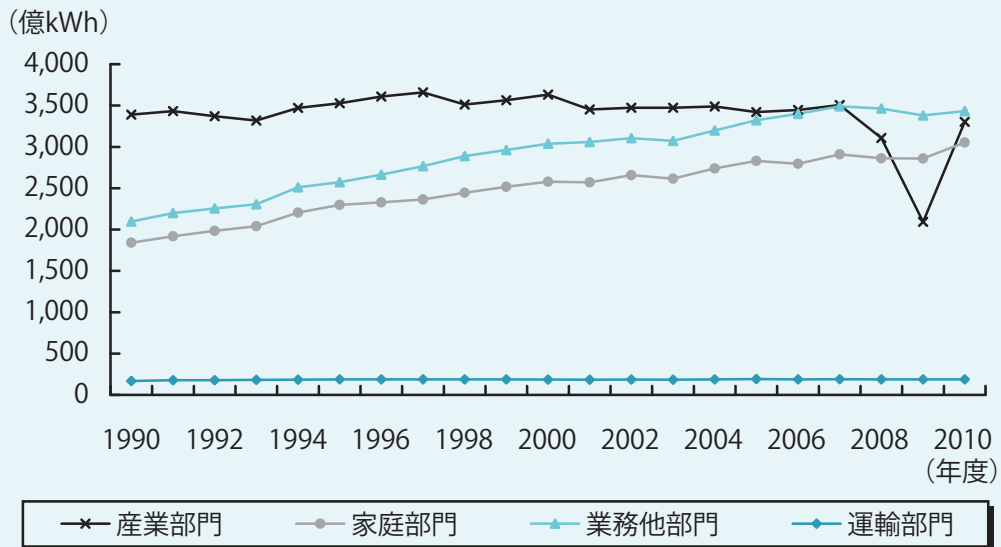
確かに、日本では2度の石油危機を契機に省エネの取り組みが進み、図表5で示すように主に産業部門で電力需要は抑制されてきた。しかし、家

図表4 電力需要量と実質GDP



(出所) 電気事業連合会、内閣府から大和総研作成

図表5 電力需要の部門別内訳



(出所) 資源エネルギー庁「エネルギー需給実績」から大和総研作成

庭部門やオフィスなどの業務部門では相対的に節電は進んでおらず、引き続き電力需要は伸びている。もしこれら家庭部門や業務部門での節電が進めば、今後は経済規模と電力需要との相関が弱まるかもしれないし、電力需要の水準自体が低下する可能性もある。

価格メカニズムを活用するメリットは、無駄な電力使用を抑制し、またはピーク時の電力需要をカットして需要の変動をならすことで、余剰な発電設備の削減や発電設備の平均稼働率の引き上げによって、発電コスト（電力料金）を低下させる点にある。さらに電力需要の水準が下がれば、化石燃料の削減でCO₂を減らし、安全保障面でも期待できる。

価格メカニズムが有効に機能するには、一連の発送電分離、すなわち、発電市場と小売市場の自由化や、競争が適正に行われているかどうかを監視する新たな独立機関の設立、そして送電・配電会社への規制・監視強化等の、電力システム面の改革が必要になってくる。

(2) ICTの活用

上述の価格メカニズムが有効に機能するためには、まず人々が価格に関する情報を容易に手に入ることが必要だ。これはスマートメーターを通じて可能となる。さらに価格が高いときに実際に電力の使用量を抑えるといった行動が実際に起こるには、得られた情報を使って自動的に電化製品の使用をコントロールできるアプリケーションが必要である。そこで、H E M S（家庭・エネルギー管理システム）やB E M S（ビル・エネルギー管理システム）といったICT（情報通信技術）の利用も欠かせなくなる。このようにICTは電力需要の効率化に非常に大きな役割を果たす

ものと考えられる。

またICTの利用は、再生可能エネルギーの大量導入の観点からも重要である。太陽光や風力のような自然条件に左右される再生可能エネルギーを大量に導入すると、電力供給が不安定になることから、LNG火力を中心としたバックアップ電源の起動と電力需要の制御が連動する、複雑な電力システムの構築が必要になる。さらに地域内で電力需給のむらが生じた場合、太陽光のような分散型電源とスマートグリッドを使って電力を融通し、地域内の需給システムを効率化させることもできる。

電力は需給を常に一致させる必要があり、その一方で在庫のような保存が難しいので、ICTを通じて電力需給の効率化を図ることが、3E+Sを実現するためにも重要であると考えられる。

2) 電力供給の効率化

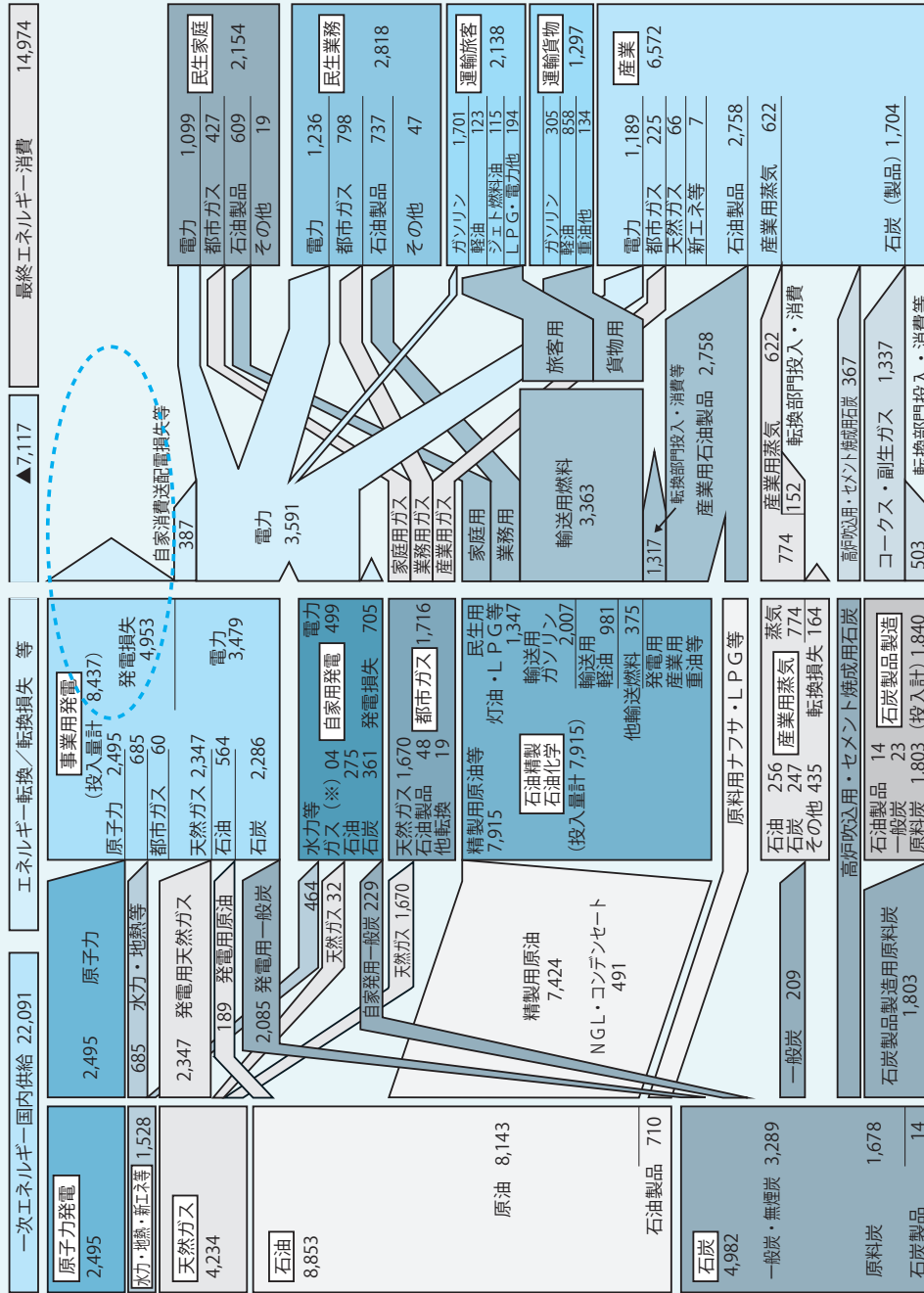
(1) 電力の発電効率の向上

化石燃料の輸入をできるだけ抑えるには、電力需要の効率化（抑制）だけでなく、電力供給の利用効率の向上も重要である。図表6（点線で囲まれた部分）からも分かるように、主に電力部門（事業用発電）で投入された多くの一次エネルギー国内供給が、最終エネルギー消費として消費者に届くことなく消失している。これは電力を生産する過程で生み出される排熱やタービンの駆動として一次エネルギーが利用されてしまい、全ての一次エネルギーが発電機の駆動（つまり発電）に回されるわけではないという、技術的な問題の所在を表している。

もちろん、図表7で示すように日本の火力発電所の発電効率（＝熱効率）は年々改善している。ここで発電効率とは、消費した燃料の熱エネルギー

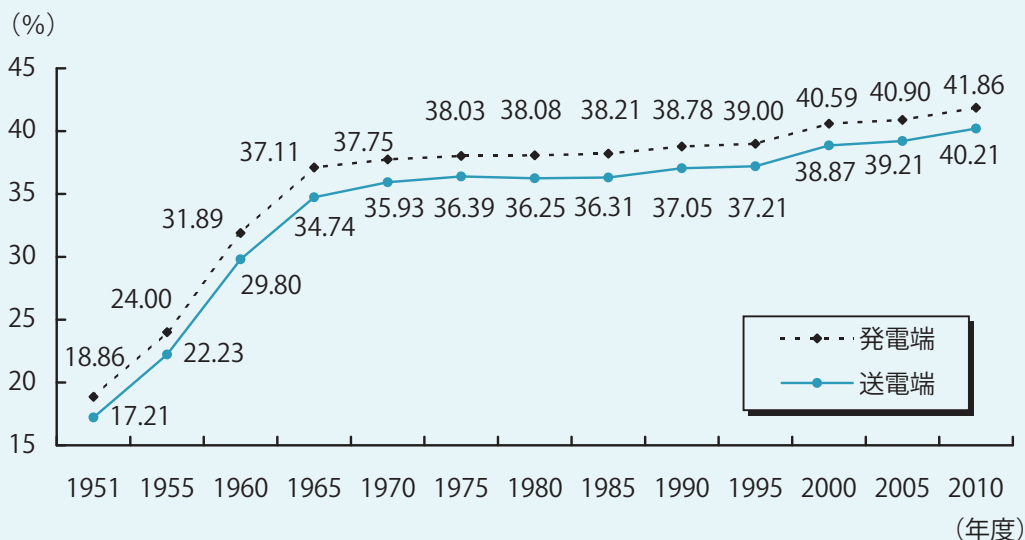
(単位：10¹⁵J)

図表6 日本のエネルギーバランス・フロー (2010年度)



(注) 1. 本フロー図は、我が国のエネルギーフローの概要を示すものであり、細かいフローについては表現されていない。
 特に転換部門内のフローは表現されていないことに留意。
 2. 「石油」は、原油、NGL・コンデンサートの他、石油製品を含む。
 3. 「石炭」は、一般炭、無煙炭の他、石炭製品を含む。
 4. 「自家発電」の「ガス」は、天然ガス及び都市ガス。
 (出所) 資源エネルギー庁「エネルギー白書 2012」から大和総研作成

図表7 火力発電所の熱効率（10電力計）



(注) 1975年度までは沖縄電力を除く9電力計。発電端は本来の発電効率、送電端とは発電所内で消費された電力を差し引いた実際に送電されるベースで見た発電効率である
(出所) 電気事業連合会ウェブサイトから大和総研作成

ギーのうち、有効に電気に変換されたものの割合を指す。しかも第3章で述べるように、日本の火力発電の発電効率は世界最高水準とされており、技術的な課題は着実に克服されつつあるといえる。

しかし、このような発電損失をさらに減らしていく（発電効率を引き上げる）ことは、今後の電力を取り巻く環境から様々な意味で重要になってくるものと思われる。例えば、燃料費を節約できるため電力料金を引き下げることができる。日本のようなエネルギー自給率が低い国では、化石燃料の輸入が減らせることから、安全保障面でも大きく貢献する。しかも、同じ発電量を得るのに必要な化石燃料の量が減るので、発電量当たりのCO₂排出の削減（低炭素化）にもつながり、環境面でもメリットが大きい。

以上の点から、今後はこうした火力発電の分野でイノベーションを一層加速させていく必要があるだろう。それが自国の電力問題の解決に役立つだけでなく、世界中の低炭素化や低コスト化にも大きな貢献を果たすことにもなるものと思われる。

(2) コージェネレーションによる面的利用の拡大

日本のみならず、世界でも都市化の傾向に拍車がかかっている。都市化は一定の地域に人口が集中するため、それを利用してエネルギーの利用効率の向上が図れるというメリットがある。それを実現するのが、コージェネレーションによる電力と熱の併給である。

コージェネレーションでは発電を行うと同時に、

そこで生じる熱を捨てずに、給湯や空調（冷暖房）として活用するものである。ある限定された地域内でのみ電力や熱供給を行うものだが、LNG等の一次エネルギーの利用効率を高める方法として注目されており、しかも、限られた地域内で電力を供給するため、送電によるエネルギーロスも最小限に抑えることができる。

このようなコージェネレーションによるエネルギーの面的な利用が広がれば、電力も含めたエネルギーコスト全体の節約にもつながり、経済性や安全保障面でのメリット、そして低炭素化にもつながる。最近ではコンパクトシティやスマートシティといった考え方が注目されているが、コージェネレーションの活用も、集積の利益で有限な資源を効率良く利用するという発想である。最近では、世界中の都市が優秀な企業や人材を奪い合う都市間競争が一層激しくなっている。都市としての東京圏（東京都およびその周辺）の魅力や競争力を維持・発展させていくためにも、今後はコージェネレーションを都市インフラの一つとして位置付けていくような成長戦略も必要になるものと思われる。

2. 多様化

1) 電源の多様化

(1) 再エネの拡大、火力発電の有効活用

エネルギー自給率が4%、原発を含めても20%にすぎない日本では、電源の多様化を進めることが必要不可欠である。一方、環境面や安全面での配慮も必要だ。多様化は効率性を犠牲にして発電コストを高める要因にもなるが、それは安全保障のために許容すべきコストと考えられる。その意味で、従来は導入量の限られていた地熱や中小水力、太陽光、そして風力等を使った、再生

可能エネルギーによる発電の拡大は積極的に進めるべきである。

ただし、それらの導入には合理的な基準を重視しなければならない。あまりにも高いコストであるとか、適材適所を考慮しない大量の導入で逆に環境負荷をかけるものであってはならない。

その意味で、地熱発電の推進は日本のおかれた状況を考えると望ましい。(独)産業技術総合研究所によると、日本は地熱資源量が世界第3位(2,347万kW)で、原子力発電23基以上の能力を有しており、CO₂を排出することもなく安定的な発電量が得られる。これはベース電源として同じ特徴を有する原子力の有力な代替となり得る。当初の建設に要するコストは比較的高いものの、運用期間が長く追加的な費用もかからないため、長期的には発電コストが火力発電と同程度となる。こうした有力電源を開発していくことは、日本のエネルギー安全保障に大きく貢献するものと思われる。

また、環境面から天然ガスによる発電が注目されているが、安全保障上、天然ガスに過度に頼るのは危険である。次章で述べるように、最近では高効率かつ環境面に配慮した石炭火力発電の開発や導入も進みつつある。低コスト化や低炭素化を進めることで、石炭も含めたバランスの取れた火力発電の構成を探るべきと思われる。

(2) 化石燃料の調達先の多様化

石油と天然ガスは中東やロシア等に偏在しており、石炭に比べると地政学的リスクに晒されやすい。今後、シェールガス革命で生産量が増えた米国からLNGで輸出される可能性はあるものの、世界的な環境意識の高まりやガス火力の発電効率の高さ、エネルギー安全保障上の理由等から、世

界で天然ガス・LNGの争奪戦となる可能性が高い。従来は東アジアで需要が多かったLNGは現在、欧州でもその需要が高まっている。その背景には、ロシアからのパイプラインによる天然ガスの供給途絶への懸念があるとされており、調達先の多様化を急ぐ動きとして表れている。

I E A (2012) によると²⁾、石油や石炭の消費量は今後も増加すると予想されるが、天然ガスについては先進国・新興国の両方で増えるため、石油・石炭以上に大幅に伸びるものと見込まれている。日本はLNGの最大輸入国であるが、今後はカナダ等からのLNG輸入やロシアとのパイプラインによる調達にも目を向けるなど、複数の天然ガス調達ルートを確認していくことが、化石燃料を安定的に輸入し、かつ、供給国との価格交渉力を高めて輸入価格の上昇を抑える観点からも、重要であると考えられる。

(3) 電力自由化による電力の調達先の多様化

電力自由化の骨子は、発電と小売を自由化し、送電と配電を規制・監視することである。送電と配電は電力の流通部門であり、電力システムを支える重要なインフラである。川上で様々な地域や電源によって発電された電力は、送電や配電という流通インフラを介して川下の小売部門と結びつき、その小売部門は様々な調達先から仕入れた電力を消費者に向けて販売する。

発電事業者にも多様性があり、小売事業者にも多様性がある。例えば再生可能エネルギーは、北海道・東北・北陸・九州といった地域で相対的に豊富だとされる。しかしそれが、当該地域の電力需要を上回り、需給調整が難しくなってしまう懸

念もあることや、必ずしも当該地域の電力需要に対する好みとは一致しない可能性もある。電源には再生可能エネルギーだけでなく、LNGや石炭等で発電される電源もあり、それぞれに発電コストも異なる。高くても再生可能エネルギーによって発電された電力を受けたい人もいるだろうし、できるだけ安い電力や安定的な電力を好む人もいるだろう。

ところが現在の電力供給体制では、こうした電力の供給側と需要側の多様性が認められず、均質的な電力しか取引されないという制約がある。しかも、電力市場が一定地域で限定されているので、域内の電力需給のバランスが崩れた場合、まずは稼働率の制御が可能なLNG・石油火力のような電源によって需給バランスを回復するか、それでも無理な場合は多少の電力融通を他地域から行うか、最終的には計画停電等の非効率な措置を取らなければならない。

もし価格メカニズムが働けば、需給逼迫時には電力料金が上昇し、電力供給は増加、電力需要は抑制されて、理論的には電力需給バランスは回復する。しかし、あまりにも高い電力料金の実現しないと需給バランスが回復しないとなれば、需要側に大きな負担をかけかねない。そこで、他地域からの電力融通を容易にして供給量を増やすようなインフラを構築すれば、電力の安定供給に大きく貢献すると考えられる。これは、貿易自由化で他国とのつながりを広げることで、食糧不足が生じても調達が容易になるという食料安全保障の発想と同じである。価格メカニズムの導入に加えて、電力の送電網の統一化もしくは連携強化を行うことは、市場機構を活用した電力の安定供給に大き

2) I E A [2012], World Energy Outlook, International Energy Agency.

く貢献することになる。

こうした電力の供給側と需要側の多様化を実現するには、発電市場と小売市場の自由化が必要である。さらに送電・配電部門は供給側と需要側の自由な経済活動を支える流通インフラであるため、様々なプレーヤーが自由に参入・退出できるような環境を整えるために、政府による送電・配電部門の規制・監視の強化が必要である。このような発送電分離を行うことで、従来の発電設備の部分最適から全体最適を実現し、全国規模でみた発電設備の有効活用につながる。特に地域的に偏在している再生可能エネルギーが大量に導入されるようになると、そのメリットは一層大きくなる。その結果、全体的にみた発電コストは低下するものと考えられる。さらに供給の安定性、再生可能エネルギーの導入促進による低炭素化、電力料金メニューの多様化による人々の厚生水準の向上、といったメリットも出てくるものと思われる。

3. 効率化と多様化によって同時に低コストや低炭素も実現できる

以上でみたように、電力需給を効率化することや電源および資源・電力の調達先を多様化することは、エネルギー安全保障の面から最適な電力システムを構築する上で、日本にとって必要不可欠な戦略と考えられる。かつ、こうした効率化と多様化を進めることは同時に、化石燃料の使用抑制によって低コストや低炭素も実現できるのである。こうした方向で民間の取り組みを促せば、イノベーションが起こって日本の経済成長に寄与するとともに、日本が抱える電力問題にも対処できるものと思われる。

3章 電力問題の解決に向けた官民挙げた成長戦略

1. 民間のイノベーション

1) 電力需要を抑えるHEMS / BEMSや節電機能を高めた電化製品

電力需要側の技術革新には、HEMSやBEMSを使った電力需要の制御がある。先述のように、リアルタイムで電力料金や電力使用量が把握できるスマートメーターは、HEMSやBEMSと呼ばれるアプリケーションとつながることで、それら情報に基づいた最適な電力の利用を実現できる。電力料金が高くなれば電化製品の使用を自動的に抑えることで、人手に頼らず効果的に電力需要を抑制できる。現在、こうした実証実験が北九州市や横浜市等で行われている。

また、節電機能を向上させた電化製品の普及も重要だ。日本では経済産業省がトップランナー基準というものを設けており、当該製品群の中で最も省エネ性能の高い製品を選び、数年で他の製品もその水準にまで達することを求めている。利用できる資源が乏しい中で、できるだけ無駄のないエネルギーの活用を促進するためのインセンティブを制度として埋め込んでいる。こうした制度の適用範囲を拡大することで、電力需要の効率化に貢献する技術革新を促し、企業が国内外で競争力を高める上で大きなメリットがあるものと考えられる。

2) 高効率かつ低炭素な最新型火力発電

原子力発電所の再稼働が進まない中、火力発電の重要性がますます高まっている。太陽光や風力による発電は化石燃料に頼らずCO₂を排出しないというメリットがあるが、発電量が不安定であ

るので、全体の発電量を安定させるためのバックアップ電源としても火力発電の新たな役割が今後出てくると思われる。しかし、化石燃料への依存はCO₂排出量を増やし、世界的な燃料価格の上昇や円安となれば輸入額の大幅な増加を招くことにもなる。そのため、少ない化石燃料でも多くの発電が可能で、しかもCO₂排出量をできるだけ抑えられるような火力発電の開発・導入が必要となる。

先述したように、火力発電の発電効率（投入したエネルギーのうちどれだけ電力としてエネルギーを取り出せたのかを示す割合）は年々上昇している（前掲図表7）。発電効率を高めるために、例えば、できるだけ高温・高圧の気体を作って高速でタービンを回転させることや、また、発電時に捨てられていたエネルギー（廃熱など）を無駄なく使うといった工夫などが考えられている。

最近、天然ガスが注目されるのは、その発電効率の高さと環境負荷が相対的に小さいことである。例えば、ガスタービン・コンバインドサイクル発電（G T C C : Gas Turbine Combined Cycle）では、天然ガスを燃焼させて発電機を回し、そこで排出された熱を再利用して作った蒸気でもう一度発電機を回すという方法をとる。その結果、通常の平均的な火力の発電効率は40%前後とされるが（図表7）、2013年秋に運用開始が予定されている最新型のG T C Cの発電効率は54%となっている³。現在、国家プロジェクトとして開発中の次世代G T C Cになると、発電効率は57%にまで高められるという。高橋[2012]によると⁴、一般に発電効率は理論値で75%まで

達成可能とされており、さらに燃料電池を合わせたトリプル・コンバインドサイクル発電では最高で発電効率が70%にもなって、理論値の限界にさらに近づくことが可能となる。

一方、CO₂排出量が多いとされる石炭でも技術開発が進んでいる。石炭火力でも高温・高圧の蒸気に耐えられる発電設備を開発するだけでなく、最近では石炭を蒸し焼きにしてガス化することで、G T C Cの方式を使って無駄なくエネルギーを利用し、発電効率を46～48%にまで引き上げる石炭ガス化複合発電（I G C C : Integrated coal Gasification Combined Cycle）が注目されている。実際、2013年春には25万kWのI G C Cの商用運転が予定されている⁵。発電効率の上昇で使用する化石燃料が少なくなるので、同じ発電量でも2割程度のCO₂排出量の削減が期待されることや、水分量が多い低品位炭の利用が容易になるといった、資源の有効活用の面でもメリットが大きいといわれている。さらにこのI G C Cに燃料電池を組み合わせる石炭ガス化燃料電池複合発電（I G F C : Integrated coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle）になると、石炭火力で55%以上もの発電効率が期待できるとされている。さらに、CO₂分離・回収・貯留（C C S : Carbon Capture and Storage）技術を組み合わせた石炭火力の開発も始まっており、もしこれが実現されると発電コストは高くはなるが、CO₂の排出が全くない石炭火力発電が登場することになる。

日本のこうした火力発電の技術は世界のトップ

3) 関西電力(株) 姫路第二発電所向けの1号機(48.65万kW)。発電効率は送電端ベース。以後、2015年10月までに順次5基(48.65万kW×5)のG T C Cが導入される予定。

4) 高橋毅[2012]『進化する火力発電』日刊工業新聞社

5) (株)クリーンコールパワー研究所が所有する実証機。2013年4月に東京電力(株)と東北電力(株)が出資する常磐共同火力(株) 勿来発電所に移管され、世界初の商用運転を始める予定。

レベルにあるとされる。再生可能エネルギーによる発電だけでなく、今後は火力発電の技術をさらに磨くことで、化石燃料の有効活用と環境負荷の軽減といった世界的な課題の解決に貢献していくべきだろう。もちろん、それは日本の成長にも大きく寄与することになる。

3) 日本の立地条件に適した再エネ技術の開発

日本は周囲を海に囲まれた島国であり、起伏の激しい地形や火山帯といった、厳しい自然環境の中にある。これは、再生可能エネルギーで先を行く欧州諸国とは大きく異なる点である。そのため、欧州で開発された再生可能エネルギー技術が必ずしも日本で適しているとは限らないように思われる。

例えば、風力は安定した偏西風が流れる欧州には適した電源ではあるが、日本では風況が安定しないため、欧州型の風力ではその威力が発揮しづらい面がある。そこで、日本の不安定な風況に適した、全方位型の風力発電を開発するといった方法が考えられる。また、日本が他国と比べて圧倒的に有利なのは、水資源が豊富に存在するという点である。そのため、大規模な水力発電は難しいかもしれないが、中小水力で技術開発を進めていくことは日本の再生可能エネルギーの潜在力を最大限に活かすためにも必要な戦略である。さらに日本でポテンシャルが大きい地熱発電の技術力は世界一とされており、実際、世界の地熱発電プラントにおける日本のシェアは実に7割にも達している（Bertani [2010]）。

こうした適材適所を意識した再生可能エネルギーを開発していくことは、日本の成長戦略になるものと思われる。そうした民間による開発を支

援するために、政府による規制緩和への積極的な取り組みが期待される。

2. イノベーションを促す政府の成長戦略

1) 電力自由化の早期取り組み

平成24年7月に政府・電力システム改革専門委員会が公表した「電力システム改革の基本方針」で示されたように、発電部門と小売部門における新規参入を促す一方で、送電部門と配電部門は中立性と公平性を徹底するため規制・監視を強化することが必要である。

具体的には、電力料金のリアルタイムでの変動を認めるために、現在規制されている電力小売部門（契約電力50kW未満）の自由化や、送配電部門の広域性や中立性の確保、地域間連系線等の強化、そして託送制度の見直しが必要である。

さらに、発電部門および小売部門が健全な形で競争できる環境づくりが欠かせない。ただし、競争の結果、少数の発電および小売事業者が寡占的に市場を支配してしまう可能性もあり、その場合は価格をつり上げるインセンティブが残ってしまう。そこで、市場で健全な競争が行われているかどうかを監視（モニター）する独立的な機関を電力市場に設けること等が考えられる。

2) イノベーションを促進する制度設計（トプランナー基準の適用範囲拡大）や貿易ルールの確立

高効率かつ低炭素な火力発電設備は、今後は日本だけでなく世界でも需要が高まるものと思われる。さらに発電効率を高めた再生可能エネルギーも、長期的な需要は引き続き強いものと考えられる。

こうした火力・再生可能エネルギーの技術開発を促進するため、企業の研究開発を支えたり、輸出を促進したりする制度や貿易ルールの確立が必要である。例えば、節電機能を高めた電化製品の技術開発を促すトップランナー基準の適用範囲を拡大させることや、T P P（環太平洋戦略的経済連携協定）やR C E P（東アジア地域包括的経済連携）、日欧E P Aといった民間企業の自由な活動を保証する貿易ルール作りを急ぐべきだ。後者の貿易交渉を進めることは、市場を海外へ拡大する際の様々な貿易障壁を取り除くメリットはもちろんのこと、それ以上に国内市場の競争圧力を高めることで経済構造の改革を促し、企業の生産性やイノベーションを高める効果がある。

ここで重要なのは、政府が直接企業活動にかかわるのではないことである。例えば、企業に補助金を与えるのは長期的には望ましくない。補助金の供与は既得権益層を作りかねず、結果的には企業の研究・開発インセンティブを削いでしまうことにもなりかねないからである。さらに、将来性のあると思われる産業を政府が具体的に支援していくターゲティング政策にも問題がある。イノベーションはそもそも不確実でリスクの高いものであり、政府が将来性のある産業を特定することは実際には難しい。そうしたリスクの高いイノベーションを支援するのは資本市場を通じたリスクマネーであるべきで、そうした方向で企業活動を支えるほうが望ましい。

政府の本来の仕事は、経済活動を支える枠組みを作ることであって、規制緩和を行って企業の自由な発想を引き出し、様々なビジネスチャンスを与えるような制度環境を整えることである。これが、政府が採るべき日本の成長戦略なのではないかと考える。

4章 まとめ：イノベーションで強靱かつ低炭素な電力システムへ

環境面や安全面への配慮から電力料金の上昇が懸念されているが、そもそもエネルギー自給率が低く、専ら供給側による電力需給の調整を行ってきた日本では、もともと電力料金が高止まりしやすい構造にある。電力は経済活動のインフラとしてきわめて重要なものであり、安定的かつ経済的に利用されるとともに、世界的な低炭素化の流れの中で、電力供給が環境面に与える影響も十分に踏まえる必要がある。

こうした電力問題を解決するためのポイントとして重要なのは、効率化と多様化である。この2つの取り組みは、電力の安定性や経済性に役立つだけでなく、環境面での改善（低炭素化）にも大きく貢献する。具体的には、価格メカニズムやICTを活用した電力需要の効率化、発電効率の向上やコジェネレーションによる電力供給側の効率化、再生可能エネルギーの利用や化石燃料の調達ルート分散、そして送電網の連携強化といった電源・調達先の多様化である。

現在の電力システムを強靱かつ低炭素なものに変えてゆくには、民間企業のイノベーションを最大限に引き出すことが重要である。そのためには、政府が電力自由化の早期取り組みを行い、さらにトップランナー基準の適用範囲の拡大や技術輸出の拡大を促す貿易ルールを確立するなど、民間企業にインセンティブを与える優れた環境づくりが、今後の成長戦略として必要であると思われる。

【参考文献】

- Bertani,R.[2010], "Geothermal Power Generation in the World 2005-2010 Update Report", Proceedings World Geothermal Congress 2010.

[著者]

溝端 幹雄 (みぞばた みきお)



経済調査部
主任研究員
担当は、日本経済（中期予測）、
社会経済構造分析