

# エネルギー政策 への視点

[S+3E]

安全確保を大前提に、エネルギー安全保障・経済性・環境保全の同時達成へ、  
「エネルギーミックス」「経済基盤」「原子力」といった  
エネルギー政策をめぐる各側面について、各分野の専門家・有識者の意見を聴いた――



# 供給側での総力戦に加え 需要側のリソース活用を

岩船由美子 東京大学生産技術研究所特任教授



いわふね ゆみこ  
東京大学生産技術研究所エネルギーシステムインテグレーション社会連携研究部門特任教授  
(電気工学・エネルギーシステム工学)  
1991年北海道大学工学部電気工学科卒、同大学院工学研究科修士課程修了、東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻博士課程修了(工学博士)。三菱総合研究所、住環境計画研究所主任研究員を経て、2008年東京大学生産技術研究所講師、10年准教授、15年より現職。総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会／電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会委員など歴任。  
<http://www.iwafunelab.iis.u-tokyo.ac.jp/html/member.html>

東日本大震災後、エネルギーに関する最大の変化は、需要側の役割の拡大だ。節電やDR(デマンドレスポンス)が進み、供給側での対応一辺倒ではなくなっている。

正直、原子力の再稼動がここまで進まないとは思わなかったし、再生可能エネルギー推進へ舵を切ったものの国民負担が増大。電力システム改革も急ピッチで進められているが、ここに来て防災面でもよりレジリエンスなエネルギーシステムが求められるなど、課題山積の状況だ。

資源小国日本のエネルギー政策は「S+3E」(安全性を最優先に環境性・経済性・安定供給の調和)を基本的視点に、多様なエネルギーをバランス良く組み合わせるエネルギーミックスの総力戦で臨まないといけない。ところが、原子力は政治案件化して身動き

など、もっと需要側のリソース活用を望みたい。

将来を見通すと、欧米諸国では、「電化+電源のクリーン化」が目標になっている。原子力や再エネといったゼロエミッション電源を増やすとともに、社会全体で電化を進めていくことが重要だ。

とりわけ有効な方法の一つがEVの活用だ。国家戦略としてEVの急拡大を進め17年時点の累計普及台数123万台の中国と比べ、日本はPHV(プラグインハイブリッド車)を合わせてもまだ20万台程度。今は長距離走行をめざし電池の大型化を進めているが、それ

が取れない。パリ協定での温室効果ガス削減目標を視野に2030年のエネルギーミックスとして、発電時にCO<sub>2</sub>を出さない原子力の電源構成比率を20~22%としたが、再稼動が進まないと他の政策も見直さざるを得なくなる。既存発電所の長期運用などはコスト的にも合理的な手段だが、対策工事に巨額の投資が必要となれば、3Eの調和というせっかくの有効性が阻害される。

期待の再エネは、FIT(固定価格買取)制度の失敗、つまり12年の制度導入時に買取価格を高く設定しすぎたため国民負担の増大を招いた。必要なのは、安い再エネ。いくら再エネが環境面で優れていても、既に人口減少局面に入った日本で、再エネ用に新たな送電設備を次々増やすわけにはいかない。安価な石炭も環境面への配慮から、減らす

ではコストは高くなるばかり。むしろ近距離ユーザーの需要を掘り起こすことが望ましい。

エネルギーは産業や社会を支えるライフラインであり、国の競争力を左右するから産業界は電気料金に厳しい目を向けるが、一般人々には普段はほとんど意識されない。アメリカ人は年に9分しかエネルギーのことを考えないという調査結果があるが、それはどの国も同じだろう。よほど料金が安いとか停電が頻発するのでない限り、電気はあって当たり前の存在である。

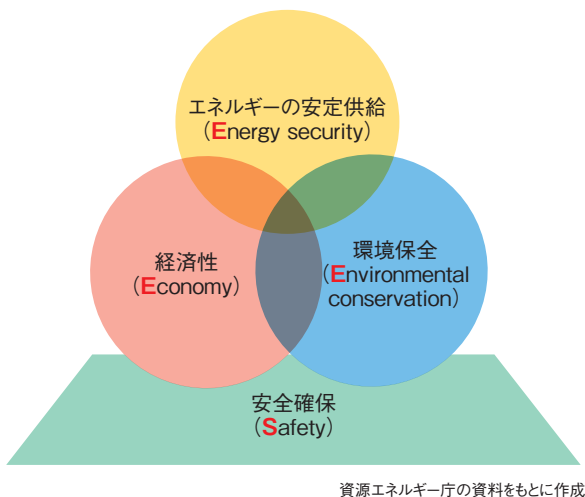
そういうなかで、電力会社はこれまで、電力インフラを担う無二の存在としての矜持で

動きが加速し、使う場合は環境対策設備にコストがかかってしまう。

これ以上再エネが高くなり、安価な原子力も石炭も十分使えず、電気料金が高騰すると、日本の産業は競争力を失う。要するに「S+3E」を満たすエネルギーミックスの実現は、供給側だけで対応するには金がかかりすぎる。需要側に目を向けると、2030年の電力需要のうち17%を徹底した省エネで削減しようとしている。製造業などの大口ユーザー、つまり産業部門では既に節電、DRといった対策を講じているが、加えて家庭部門やオフィス・店舗など業務部門での対応が必要だ。需要側のリソースとして、ヒートポンプ給湯機やEV(電気自動車)を蓄電池代わりに使ったり、スマートメーターを非常時の電流制限に使い家庭でもDRのしくみを実装する

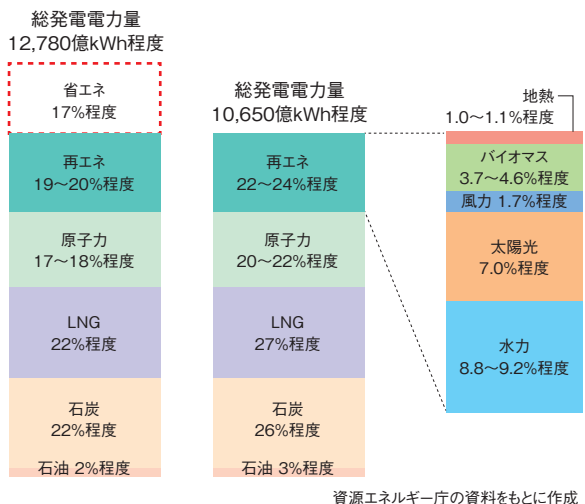
安定供給を守ってきたが、自由化でプレーヤーは増え、状況は一変した。新規プレーヤーにはもう少し公益的視点も望みたいが、新旧のプレーヤーが競争しつつも共通課題について共同で解決する。そんな変化の兆しは感じているし、期待もしている。そして何より望みたいのは、大胆で柔軟な料金メニューの設定だ。原子力等のベース電源による安い夜間電力の料金メニューは以前からあるが、PV(太陽光発電)による安い昼間の電気など、多様な選択肢があれば、従来と異なる需要を生み出し、電化促進にもつながると考えている。

S+3E



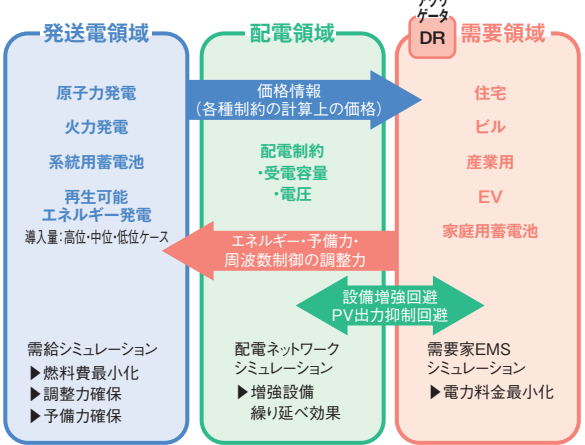
資源エネルギー庁の資料をもとに作成

## 2030年度の電源構成



資源エネルギー庁の資料をもとに作成

## 需要側のリソース活用



東京大学ほか「革新的エネルギー貯蔵システム等を活用した超分散エネルギーシステムの研究報告書(2018)」の資料をもとに作成

# 経済再生へ、 基盤としての電気を どうする？

山本隆三

常葉大学経営学部教授／国際環境経済研究所長



やまもと りゆうぞう  
常葉大学経営学部教授（国際経営論、環境経済・経営）／国際環境経済研究所長  
1951年香川県生まれ。京都大学卒。住友商事入社。石炭部副部長、地球環境部長などを経て、2008年ブール学院大学国際文化学部教授。10年より常葉大学教授。経済産業省「産業構造審議会環境部会地球環境小委員会政策手法ワーキンググループ」委員など歴任。著書『夢で語るな日本のエネルギー』『脱原発は可能か』『激論&直言日本のエネルギー』『電力不足が招く成長の限界』など。  
[https://www.tokoha-u.ac.jp/teachers/management/fuji/yamamoto\\_r/](https://www.tokoha-u.ac.jp/teachers/management/fuji/yamamoto_r/)

バブル経済から、その崩壊と失われた20年、さらにリーマンショックや東日本大震災。激動の平成期、日本経済は残念ながらかつての勢いを失ってしまった。

1997年に467万円だった日本人の平均所得は、2017年盛り返したとは言え432万円と1割近くも減少。日本経済の原動力だった輸出も世界シェアを落とし、今や輸出金額は中・米・独に大きく水をあけられての4位だ。そこには技術力の衰退が影を落としている。2010年頃まで日米がトップを競っていた特許出願件数は、既に中国が断トツの1位。日本は中国の3分の1近くまで凋落している。新事業創出でも、GAF Aに代表される米国企業に世界市場を制覇され、これに対抗しているのは中国だけ。日欧はほとんど為す術がない。技術立国ニッポンなん

て遠い昔の話だ、と嘆きたくなる。

救いはアベノミクス効果が現れ始めていること。97年を頂点に下がり続けた平均所得は、13年から少しずつ上がり始めたし、輸出の世界シェア低下にも歯止めがかかり、僅かながら上向き傾向にある。日本経済再生にはこの傾向を持続することが不可欠だが、そこで考慮すべきなのが電気をはじめとするエネルギーの経済に及ぼす影響だ。

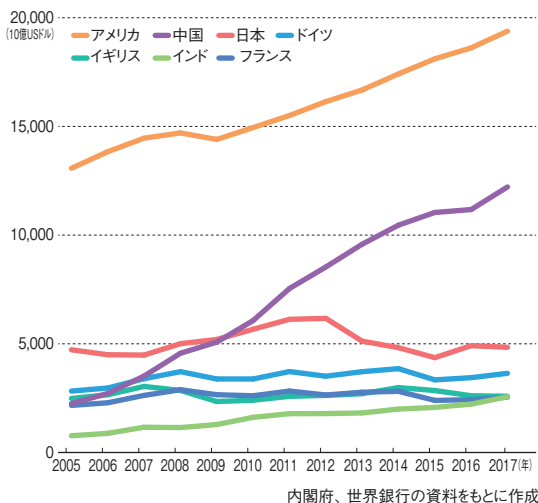
影響の一つは限定的だが直接的な効果、すなわち発電所立地点への波及効果だ。一般の製造業やサービス業に比べエネルギー産業は1人あたり付加価値額が高く、そうした産業が地元にあると地域経済への波及効果が高い。とりわけ原子力発電は火力発電と異なりコストに占める燃料費の割合が低いため、海外に流出する金が少なく、地元企業への発注や雇

用・消費に回って日本経済にプラスになる。

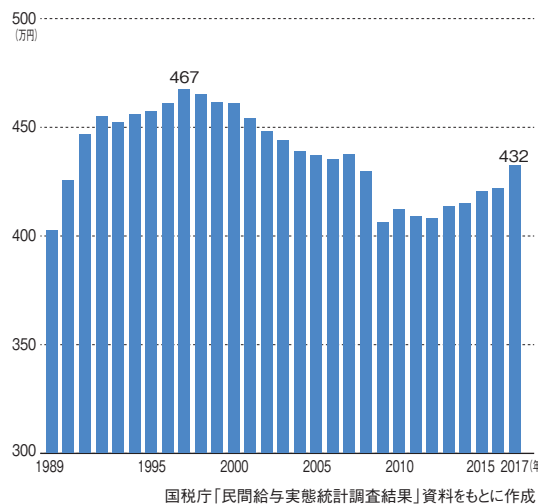
二つ目は、より広範囲に関わる電気料金の変動だ。東京電力福島第一原子力発電所事故後の原子力発電停止の影響で、14年には産業用の電気料金は平均約38%値上がりした。結果、国内製造業の電力コストは中手だけに限っても約1兆2000億円も増加。サービス業も同様で、ある大手全国チェーンのスーパーでは電気料金が50億円も増えた。このスーパ―の正社員数は約8000人だから、仮にこの50億円を人件費に回したとすれば、1人あたり60万円のボーナスを出せた計算だ。家庭用も平均約25%値上がりしたが、家計調査報告によると実際の支出額は15%程度の増加に留まっており、節電の進展を窺わせる。しかし今や日本の約16%を占める貧困世帯では、もともと電気をあまり使っていないから

## エネルギー政策への視点

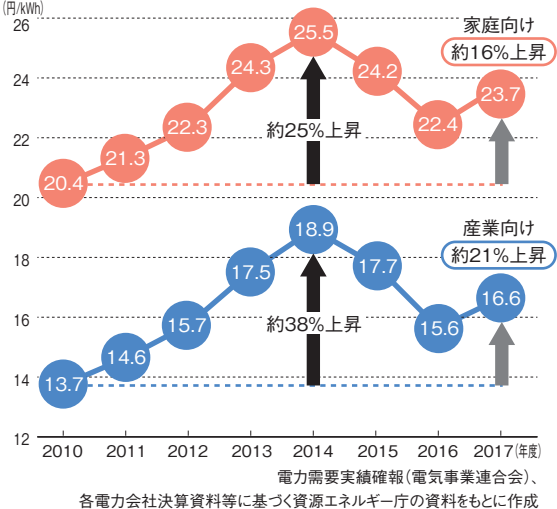
主要国の名目GDPの国際比較



平均年収の推移（1989-2017年）



電気料金の推移



節電余地はほとんどなく、値上げが家計を直撃した。さらに12年から始まった再エネ賦課金（再生可能エネルギー発電促進賦課金）の負担も年々増大し、既に電気料金全体の1割以上を占めている。

にもかかわらず、こうしたことがさほど問題視されないのは電気という商品の特殊性にある。普通の商品は支払いが先だが、電気は後払い。スイッチを入れるだけで使え、使ったら料金を払う、自分ができるのは節電くらいと思っているから、再エネ賦課金の上昇が続いていることなど、ほとんど知らない。

エネルギー政策で重要なのは、「環境性」に配慮しつつ「安定的」に「安価」に「安

全」に電気を供給し続けること。一つのエネルギーで四つの課題を全て満たすのは難しく、多様なエネルギーミックスが不可欠だ。

事故から8年。ようやく原子力の再稼動が進みつつあるが、「2030年に原子力比率20%」というエネルギーミックスの目標数値を実現するための具体策は示されず、リプレイスや新增設をどうするかも曖昧なまま。実は米国ではTMI事故後34年ぶりに2013年新規の原子力発電所建設が着工されたが、中断が響いて自国内では技術継承が不十分。代わりに建設ラッシュが続く中国からエンジニアを招聘せざるを得ない事態となった。日本も他人事ではない。このままでは日本

の原子力技術は停滞を余儀なくされ、小型モジュール炉開発など世界の最新トレンドから取り残されつつある。課題山積だが、まずは既存炉をきちんと使っていくことが大事であり、僅かに40年以降の運転をめざす炉が4基出てきていることに期待したい。

経済基盤を担う原子力の技術と人材継承へ、ここで踏ん張らない限り、国内のリプレイスも自力でできなかりかねない。そうなる前に、政治は2030年目標を実現する具体策を打ち出す勇気を持ち、エネルギー事業者は地道な理解活動に努め、我々国民も声高で偏った議論に惑わされず、冷静に日本の将来を考える力を養いたい。

躍

# 深化する安全―― 40年以降の運転を支える 高経年化対策

関村直人 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻教授

2012年に原子炉等規制法が改正され、原子力発電所の運転期間は原則40年と定められた。結果として廃炉を選択した発電所もある。しかし関西電力の高浜1・2号機、美浜3号機などが40年以降へと運転期間を延長し再稼動をめざしている。

40年以降の運転は日本だけの動きではない。欧米をはじめ中国も既に長期運用へと動いている。この世界共通テーマを考えるにあたり、三つのキーワードを整理しておきたい。

まず日本の40年以降運転は、世界で言うところの「ロングタームオペレーション」にあたる。米国では運転期間は免許により法的な制限を受けるが、更新が可能となっている。時間とともに材料や部品は劣化し、機器の機能は低下するから、長期運用に「エイジングマネジメント（劣化管理）」は不可欠だ。こ

の物理的劣化に加え、技術や制度は「陳腐化」するので、それも含めた広い意味での高経年化対策「プラントライフマネジメント（PLMもしくはPLiM＝長期的視点での総合的なプラント管理）」が重要になる。

これらの基本を踏まえて、構築物を見ると、日本史の中に世界に誇る高経年化対策の実績を発見できる。例えば1300年の時を刻む法隆寺の五重塔。優れた宮大工が、いにしえの技術を継承・進化させながらメンテナンスを続けることで、世界最古の木造建築として現存している。同様に原子力発電所も、取り替えられる機器や部品は全て取り替えるなど適切な補修によって長期運用は可能であり、それは電力安定供給や技術継承・進化と人材育成上も重要だ。但し、そのメリット以上にコストが嵩むようなら、20年に1度の式年遷

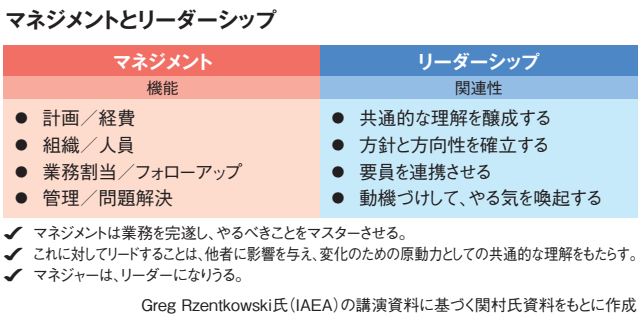
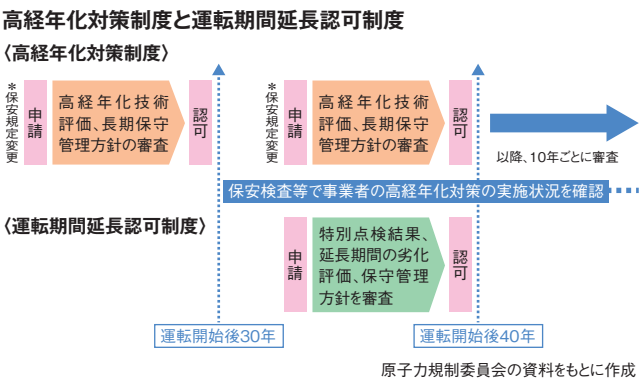


せきむら なおと  
東京大学副学長・大学院工学系研究科原子力国際専攻教授（原子力工学）  
1958年岐阜県生まれ。東京大学大学院博士課程修了。東京大学講師、助教授、教授、工学系研究科副研究科長等を経て現職。巨大複雑系社会経済システムの安全学と保全学、原子力材料の放射線照射損傷と経年劣化対策を研究。システム安全に関する研究を体系的に進めるため、産・官・学の協力の下、原子力システムの地震安全、高経年化対策、燃料高度化に関する技術戦略ロードマップを策定。  
<http://www.safety.n.t.u-tokyo.ac.jp>

宮で全て刷新する伊勢神宮方式を採り、新型炉へのリプレイスも選択肢になる。

日本では原子力発電所の高経年化対策について、20年以上前の1990年代半ばから検討を重ね、事業者も積極的に対策を推進。IAEA（国際原子力機関）に対しても、その重要性を提言してきた。日本発の「PLiM」は今や世界共通語となり、02年から5年ごとにIAEA主催でPLiM会議も開催。加えて日本の対策は、IAEAの知識データベース「IGALL（International Generic Ageing Lessons Learned＝国際的経年劣化管理教訓集）」として国際的な高経年化対策の標準になっており、日本は世界の高経年化対策をリードしてきたと言えるだろう。

もちろんこれらで十分というわけではない。東京電力福島第一原子力発電所の事故以降、



原子力プラントは新たな課題を抱えている。

「深層防護」は重要かつ

有効な安全確保の原則であることは言うまでもないが、

①安全規制要求が強化され、安全裕度が縮小、追加対応が必要になっている。②重大事故（シビアアクシデン

ト）防止のための設計基準が強化され、経験していないトラブルへの対応も求められるようになった。40年以降の運転も未経験だから、例えば経年劣化も、ケーブルやコンクリートなどは原子力分野以外の古今東西の知見も活用し検討を加える必要がある。③安全性に係る設備・機器の付加、つまり重大事故防止や事故が起きた場合に備えた、新たな機器の導入や設備の多重化は、事故リスクを低減させる一方で、新たなヒューマンエラーや劣化のリスクを上昇させうる。④コストと

達成時期に関する課題。福島第一の事故後は追加的安全対策コストが必要となっており、リスクに基づき、いつ対策を完了するかも重要だ。

ハードだけではない。40年以降の運転という未知の分野に踏み出す際は、リーダーシップが重要になる。リーダーの役割は変化への対応。予想外の事態や大きな環境の変化に遭遇しても安全最優先の原理原則に基づき、進むべき方針を示すのがリーダーだ。そして巨大で複雑なシステムを的確に管理するのが品質マネジメントシステムでありマネジャーの役割。未だ体験していないことに対し、深層防護をしくみとしてつくり上げ、新知見を組み込み、将来の変化も見据えて常に安全を深化させていく。これらの基盤こそが「安全文化」であり、電力会社が40年以降の運転を進めるにあたって、試されていることだ。

「安全とは、運転経験の評価と研究を通じて我々が学ぶにつれて発展するプロセスである」――「福島第一原子力発電所事故後の5年―原子力安全の改善と教訓」（OECD／NEA 16年発表）に掲載された一文を目にした時、原子力安全の研究に携わる者として、胸にストンと落ちた。事故に学んで安全を深化させる。電力会社が40年以降の運転に挑む上で貴重な指針となる考え方ではないか。

