

雑誌掲載論文紹介

日本にとっての最適なエネルギー・ミックスとは何か

一般財団法人 日本エネルギー経済研究所
理事長 豊田 正和

1. 初めに

日本の観測史上最大規模の東日本大地震と、これに伴う大津波、そして福島第一原子力発電所の重大事故、いわゆる 3・11 の惨事から、一年数ヶ月が経過した。昨年 10 月に開始した総合エネルギー調査会基本問題委員会におけるエネルギー・ベストミックスの見直し作業も、最終段階を迎えつつある。現行エネルギー基本計画は、2010 年 6 月に策定されたものだが、最大の特徴は、エネルギー自給率向上と地球温暖化への抜本的対策として、2030 年までに、電源構成における原子力発電の比率を、2007 年時点における約 30%から、約 50%まで引き上げることにあった。事故を起こした原子力発電所は、既に冷温停止状況にあるとはいえ、これまでに放出された放射性物質の除染は道半ばであり、避難されている方々の一部は、帰宅までに少なからぬ時間を要すると言われている。日本人のすべてが、心よりお見舞いの気持ちを有するとともに、多くの方が、今後も原子力発電に依存してよいのか、依存するとしたら一体どれほどが適当なのかについて迷い、逡巡している。

上記委員会において、25 名近い委員の意見が、原子力の比率に応じて 0%から 35%まで五つに整理され（5 月中旬時点）、その立場の違いを狭めるために議論が深められており、五つの選択肢が、電気料金、GDP 成長、家計消費、貿易などに及ぼすマクロ的影響について経済分析が進められている。今後、委員会の検討結果がまとめられ、内閣官房のエネルギー・環境会議に報告されたのち、国民的議論を経て、8 月中には最終決定がなされるとされている。

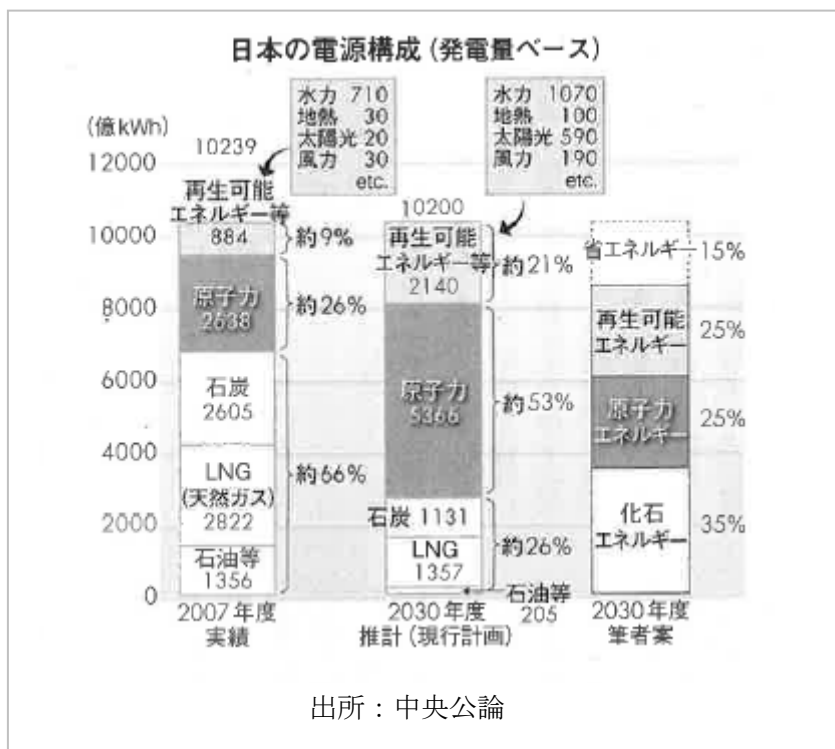
本稿は、本委員会の審議に参加する者の一人として、今後あるべきエネルギー・ミックス（電源構成）について、私見をまとめたものである。賛成する方も、異論のある方もおられよう。本稿が国民的議論の一助になれば幸いである。

2. 検討に必要な三つの視点

いうまでもなく、エネルギーは、我々一般人の生活や、農業・工業等の経済活動を支える基本的要素の一つである。エネルギー・ミックスの検討の要諦は、必要なエネルギー量を、安定的に可能な限り低価格で確保する組み合わせを見出すことにある。その検討にあたっては、三つの視点が重要であると考えている。総合的視点、長期的視点、国際的視点である。これらの視点を踏まえて、私は、2030 年において、「省エネルギー」が 15%、「再生可能エネルギー」が 25%、「化石エネルギー」が 35%、「原子力エネルギー」が 25%という電源構成を提案した。以下、私の提案の根拠を、3つの視点から考えてみたい。ちなみ

* 本論文は中央公論（2012 年 7 月）に掲載されたものです。この度、中央公論新社より転載許可を得て掲載いたしました。

に、現行基本計画では、四つのエネルギーの比率は、おおよそ 0%、20%、30%、50%となる。現行計画の「省エネルギー」を 0%としたのは、私の提案が、現行基本計画を基準として 15%の「省エネルギー」を追加的に行うことを示すためである。



3. 総合的視点

第一の総合的視点とは、さまざまなエネルギーには、それぞれ長所も短所もあり、これらの特徴を総合的に考慮すべきという考え方である。考慮すべき変数として、これまで三つの E、具体的にはエネルギー安全保障 (Energy Security)、エネルギー効率・コスト (Efficiency)、環境・温暖化対応 (Environment) が必要とされてきたが、今回の原子力発電所の事故により、安全性の S (Safety) を改めて加えるべきだろう。本来 S は、変数ではなく前提であるはずだが、原子力の安全神話からの脱却という意味で、即ちリスクはゼロでないという意味で、変数と考えた方が理解しやすいと考えられるからだ。

結論から言えば、総合的視点から見ると、日本にとって「完璧なエネルギー」は存在しない。日本は、必要とするエネルギーの 96%を輸入する極端なエネルギー小国だ。残念ではあるが、我々はその不幸を直視する必要がある。

エネルギー・ミックスを考えると、大きく分けて、「省エネルギー」に加えて、太陽光、風力、水力、地熱などの「再生可能エネルギー」、石油、石炭、天然ガスなどの「化石エネルギー」、「原子力エネルギー」の四つがあるといつてよい。「省エネルギー」は、エネルギー使用を減少させることであり、エネルギーとして位置づけることに違和感があるかもし

れない。しかし、エネルギー総消費量を減らすことは、個々のエネルギー使用量を少なくできるという意味で重要なエネルギー要素と考えてよい。ちなみに、10%の「省エネルギー」は、約13基分の原子力発電所を不要にする規模である。

3E+S という変数から、先の四つのエネルギーを評価してみよう。

まず、「省エネルギー」だが、エネルギー輸入量が減少するので、エネルギー安全保障に貢献し、温暖化の原因とされるCO₂も排出しないのだから、環境・温暖化対策としても十分だ。Sも、夏の節電のために熱中症になる恐れがあることなどを除けば問題はない。しかし、一定以上のエネルギー効率向上にはコストがかかり、そもそもエネルギー無しに、生活も経済活動もできない。省エネルギーは、最大限進めるべきだが、最後のE(効率・コスト)という意味で限度がある。

日本は、1973年の第一次石油危機以降、省エネルギーを重要な政策として推進してきており、既に、GDPあたりのエネルギー消費量というエネルギー効率(エネルギー/GDP)においては、既に世界一の水準だ。現行エネルギー基本計画では、2030年までの日本のGDP成長率を年率約1.5%程度とすると、GDPは2007年より20%ほど増加し、何も対策がなされないままだと、電化の進展と相まって30%程度電力使用量が増えると予測していた。これを、2007年と横ばい水準に30%節電するというのが、現行計画の省エネルギーだが、私はさらに、熱併用発電を含めて、追加的に15%が可能ではないかと提案した。

基本計画では、自然体から30%の節電を行う段階で、家庭でのLED照明の100%導入、欧州並みの厳しい住宅省エネルギー基準の新築適合率85%達成や、業務部門の建築物省エネルギー3割改善の新築適合率100%達成などを入れ込んでいる。さらなる15%省エネルギー実現のため、業務・産業面での蛍光灯の100%LED化、住宅の新築適合率100%達成、建築物基準達成の10年間の前倒し、スマートメーター導入による「見える化」がもたらす、家庭の節電5%達成などを盛り込んだ。以上を行うには、より高価なLEDへの転換、効率の良い電気器具への買い替え、より効率の良い住宅・建築物の新築などが必要になり、コスト増が生じることは否定できない。無論、節電による電力代の減少が、いわば投資回収を可能にするが、10年以上かかるとなると、助成をしても簡単ではない。そもそも私の提案は、基本計画の2030年時点における自然体のエネルギー消費量から比べると、三分の一を超える節電に相当し、極めて野心的なものである。

今夏に向けて、原子力発電所の再稼働を巡り、どこまで節電が可能かの議論がなされているが、昨年の東電管内の節電(電力使用ピーク時の比較)度合いの19%近いもの(昨年が一昨年の猛暑並みであったとしたら15%程度)が、簡単にできると考えるのは早計だ。セクター別にみると、最も節電に貢献したのは、電力使用制限令の対象となった大口の産業(製造業中心)であり、休日の工場稼働などにより25-30%近く削減している。家庭の節電は、5-10%(温度要因を考慮すると2-7%程度)でしかない。大口の産業は、今夏も同様の節電を迫られると、国内生産や投資を減少せざるを得ないと警告している。

今後20年近く、そうした節電が恒常化していくなら、日本の製造業は国外に生産基盤を

移転せざるを得ず、成長や雇用への悪影響など国民経済的コストは、計り知れないものとなろう。「省エネルギー」は最大限実施すべきだが、無限にできるわけではない。一部の専門家は省エネルギーを過大に見積もる傾向があるが、私が「省エネルギー」を 15% 上乗せにとどめた理由がここにある。

「再生可能エネルギー」は、輸入エタノールなどを除けば、国産エネルギーであり、かつ、CO₂ を排出しない自然エネルギーであるため、エネルギー安全保障と環境・温暖化対応の二つの E は、クリアする。ただし、地熱発電の景観問題、温泉湧出への影響等への懸念は消えていない。S も、風力発電の低周波発生や風車倒壊などの課題がある。最大の問題は、もう一つの E たるコストであり、立地制約からくる物理的制約だ。立地制約は、「再生可能エネルギー」の一定以上の導入コストが無限大に大きいことと解釈しえよう。

7 月から、「再生可能エネルギー」の大半は、全量買取制度の対象となるが、例えば太陽光発電は、42 円/kW 時とされており、2010 年度の平均電源発電 8.6 円/kW 時の 5 倍近くになる。また、風力発電は、遠隔地に建設されることから送電網の整備コストがかかる。さらに太陽光は、夜は発電できないし、風力は風がなければ発電せず、それぞれ設備利用率は、12%、20% でしかない。発電しない時のための蓄電池等支援発電コストを加えると、さらにコストは大きくなる。これらのコストは電気料金に上乗せされることになるが、再生可能エネルギーの導入割合が増えるにつれて、電気料金への上乗せ分も増えていく。全量買取制度を既に 10 年以上採用しているスペインやドイツでは、過去 5 年ほどで、電力料金が 2 - 3 割上昇しており、スペインでは全量買取制度の凍結、ドイツでも大幅な買取価格の引き下げが行われた。ドイツの場合、太陽光には、過去 10 年ほどで 2 兆円近くが助成されたが、発電量は 3 % 程度であり、かつ、近時輸入製品が 5 割を超えるようになり、国内企業の倒産も相次ぎ、雇用への貢献も疑問視されている。

「再生可能エネルギー」の最大の問題は、物理的制約ではないだろうか。太陽光や風力はエネルギー密度が小さく、大量の発電量を確保するには、広大な土地を必要とする。原子力発電所一基分にあたる 100 万 kW の発電量を確保するために太陽光発電所に必要な土地は、約 63km² であり、山手線の内側の広さに相当する。また、風力発電所は、一基ずつ 200 - 300m 離して建設する必要があるため、100 万 kW の発電量を確保するには、山手線内の広さの 3.5 倍ほどの土地が必要となる。はたして、それだけの土地が確保できるのだろうか。米国テキサスの世界最大の風力発電所は、土地は 400km² 超の広さを誇り、山手線内の約 6 倍の広さだが、70 万 kW と、原子力発電所一基分にも満たない発電規模だ。「再生可能エネルギー」の中で、天候に左右されない安定電源として期待される地熱は、賦存量の 80% が国立公園内にあり、大幅な規制緩和が必要なうえ、湧出量への悪影響を懸念する温泉業者との紛争処理メカニズムも不可欠である。

以上を踏まえ、私は、現行基本計画の 20% を 25% に増やしたが、これでさえ、相当野心的な目標だと考えている。なぜなら、現在 9 % 相当の水力を除く「再生可能エネルギー」比率は 1 % 程度であり、20 年間で、16 倍にする必要があるからだ。

「化石エネルギー」による発電については、石炭、石油、天然ガスのそれぞれが、3Eのすべてに関し、多かれ少なかれ、重要な課題を有する。エネルギー安全保障については、ほぼ全量輸入であることから脆弱性は否定できない。石油は、利便性の高いエネルギーだが、中東への依存度が90%近く、「アラブの春」「イラン制裁がもたらすホルムズ海峡封鎖の可能性」などの不確実性の影響を、量的にも価格面でも最も受けやすい。石炭は輸入先が、より多様化されており、かつ最も低コストであるが、CO₂を最も多く排出する。天然ガスは、中東への依存度も3割程度であり、化石燃料の中では、CO₂排出量が相対的に少なくクリーンとされているが、「再生可能エネルギー」や「原子力エネルギー」と比べれば、200倍余のCO₂を排出するし、石油価格連動の価格体系が続けばコストも高い。一方石油は、国家備蓄も加えれば200日近い備蓄があるが、天然ガスは、気体ゆえに備蓄コストが大きく、現在では20日くらいしか在庫がない。CO₂については、炭素貯留(CCS)技術により、CO₂を捕獲し、地中に埋める技術が開発されつつあるが、日本では適地に限界がある。私は、3種の「化石エネルギー」を組み合わせ、基本計画の30%を超える35%と提案している。

さて、「原子力エネルギー」はどうか。3Eに関する限り、優等生である。ウランの輸入先は多様化されており、かつ先進国が多く安定しているうえ、ウラン購入から燃料としての使用終了までに、5年ほどを要し、いわば5年近い備蓄効果があるといつてよい。輸入エネルギーの中では、エネルギー安全保障上、最も安心感がある。コスト面でも、昨年12月に発表されたコスト等検証委員会では、8.9円/kW時以上とされ、事故リスク対応費等の上乗せ分次第だが、それを除けば最も低い。CO₂の排出は、ゼロに近い。課題は、いうまでもなく、安全性(S)だ。今後、今回の原子力発電所のような事故を防げるのか。

三つの観点から考えてみたい。まず、今回の事故の原因は何であり、事故の再発防止は可能なのか。政府の事故調査委員会の中間報告も、民間の同様の委員会報告も、基本的原因は地震ではなく、津波であるとしている。ちなみに、福島第一原子力発電所も地震に対しては、予定通りの発電停止が行われたが、約40分後に襲った高さ15m前後の津波により全電源を喪失し、冷却に失敗して、過酷事故に至ったと報告されている。問題は、津波対策への備えの不十分さであり、今後、何らかの原因で全電源喪失したときの対応が、「想定外」といわずに可能かどうかだ。既に、津波対策の移動電源車の配置等緊急安全対策や、ストレステスト(耐性試験)が導入され、必要な手当てが進んでいる。無論、安全対策は常に進化するものであり、規制が十分でなければ、上乗せは事業者の判断に基づくことになり、確実とは言い難い。

したがって、次に重要なのは、規制体系の妥当性だ。今回と同規模の津波は1000年前に一度あり、その備えが必要か否かの検討が数年前に行われていたが、原子力安全・保安院も原子力安全委員会も、安全基準を改定するに至らなかった。それは、原子力安全規制機関の推進行政からの独立性の欠如によるものではないかと、内外から批判されている。これに対し政府では、保安院を経済産業省資源エネルギー庁から切り離し、「三条委員会設立」

の方向で検討されている。原子力安全行政は、推進行政から切り離され、今後は独立性が確保されると期待してよい。

最後に、国際協力による安全性の確保である。IAEA（国際原子力機関）が、既に二度、日本にミッションを派遣し、さまざまな助言を与えている。ストレステストについても、その手法と結果の妥当性を確認している。安全確保に万全を期すためには、米国、フランス等との協力を強化し、相互に監視し、ベスト・プラクティスを共有していくことも重要であろう。ちなみに、米国、フランス等は、安全対策を進化させつつも、絶対的な安全はないとしたうえで、非常事態に備え、住民や行政機関を巻き込んだ事故演習を定期的に行い、危機管理対策に力を尽くしている。

以上の安全対策を前提に、25%程度の「原子力エネルギー」を目指すことは、総合的視点から合理的な判断と考えられる。

ちなみに、3Eを定量的にみると、私の所属する日本エネルギー経済研究所の試算によれば、電源構成において、「省エネルギー」「再生可能エネルギー」「化石エネルギー」「原子力エネルギー」のそれぞれの割合を、私の提案の15:25:35:25とした場合、現行基本計画の割合（0:20:30:50）と比べ、発電コストは約2円/kW時高くなるが、原子力比率をゼロとした場合（例えば、15:40:45:0）よりは、約4円/kW時低くなっている。4円/kW時の上昇は、産業用料金で見ると、約4割上昇に相当し、製造業の競争力維持は困難になる。上記委員会でも、ほぼ同等の試算結果が報告されている。

また、温暖化対策については、基本計画が、2030年に、1990年比31%のCO₂の削減となる。私の提案では、28%程度の削減と許容範囲内であろうが、「原子力エネルギー」ゼロのケースでは、20%削減と、削減幅が大きく落ち込んでいる。エネルギー安全保障に関しては、一次エネルギーの国産比率は、原子力を準国産エネルギーとすると、基本計画、私の提案、「原子力エネルギー」ゼロのケースのそれぞれが、37%、26%、22%であり、原子力エネルギー25%の提案は、十分ではないが許容範囲内と考えられよう。

4. 長期的視点

長期的視点について、一点だけ触れておきたい。2030年は、実は18年先でしかなく、エネルギー政策の時間軸から見れば決して長くない。大規模発電所建設は、計画・立地・環境アセスなどを経て10年単位で進められる事業が多い。40年前の1973年の第一次エネルギー危機以来、日本は脱石油を目指して原子力発電を増やしてきたが、40年で、ようやく30%弱の水準に達した。もう一つの政策目標たる中東依存度の低減は、一時は低下したが、最近再び高まりを見せ、2010年には87%と、石油危機の時よりも高い水準にある。今のところ、40年後の2050年を見渡しても、3E+Sを満たして、かつ現在の原子力の量を代替する確実なエネルギー源は見通せていない。水素エネルギー利用には、技術開発に加え、インフラ整備も含めた水素社会の構築が不可欠だ。日本周辺の海底には、メタンハイドレートがあるという。40年後には、実用化されていると期待したいが、環境問題の指摘

もある。日本のようなエネルギー小国にとっては、向こう 40 年を見渡しても「完璧なエネルギー」は存在しない。エネルギー・ミックスは、長所も短所もある不完全なエネルギーを、多様に、バランスよく使いこなしていくしか道はないようだ。ちょうど資産選択において、バランスや多様性が重要なように。

5. 国際的視点

最後に二点述べておきたい。一つは、3・11 の後、2022 年まで 10 年近くかけて脱原発を決意したドイツの状況だ。日本との大きな違いは、EU 統合の中で、国を超えた EU ワイドの広大な電力融通ネットワーク（ドイツの電力消費の 10 倍に相当）があることだ。このために、太陽光や風力などの不安定電源を吸収する余力が大きく、蓄電池などのバックアップ電源を、日本よりはるかに少なく、低コストで確保することが可能である。さらに、電力が不足すれば、隣国から輸入すればよい。ドイツの最大級の電力会社 RWE の試算では、ドイツは 2050 年までに、20%の省エネルギーと、30%の電力輸入を目指す必要があるという。輸入されるエネルギーが、フランスやチェコ等からのものであれば、相当程度が原子力により発電された電力であることが皮肉である。

もう一点は、今後 20 年の間に、中国、インド、ベトナムなどアジアでは、原子力発電所が、現在の 4－7 倍の 160－260 基までに増加すると見通されることだ。急拡大がゆえに人材も不足しがちであり、日本の原子力安全技術への期待が高い。地震、津波など自然災害を乗り越える技術・ノウハウは、今回の経験により、一層蓄積されるはずであり、こうした安全管理手法の提供により、アジアの原子力発電の安全管理に貢献することこそ、日本の責務ではなかろうか。

6. 終わりに

エネルギー小国日本にとって、「完璧なエネルギー」は存在しない。最適なエネルギー・ミックスは、「省エネルギー」「再生可能エネルギー」「化石エネルギー」「原子力エネルギー」という 4 種のエネルギーの多様かつバランス良い組み合わせであろう。それは、総合的視点に加え、長期的視点、国際的視点からも合理性を有するものである。

お問い合わせ : report@tky.ieej.or.jp