

日本の エネルギーを どうする？

原子力代替エネルギーとして期待が高まる再生可能エネルギー。
しかし時間軸や産業ユースで考えたとき、
エネルギー密度が極めて高い原子力や、
世界最高効率の火力発電を、どう位置づけるのか。
より望ましいエネルギー・ミックスへ、識者の意見を聴いた——

「S+3E+M」の視点で 総合的に判断せよ

豊田正和 日本エネルギー経済研究所理事長



とよだ まさかず
日本エネルギー経済研究所理事長
1949年東京都生まれ。東京大学法学部卒。通商産業省（現・経済産業省）入省。米プリンストン大学で修士号取得後、IEA（国際エネルギー機関）に派遣。97年の国連気候変動枠組条約締約国会議（COP3）では「京都議定書」の国際交渉に携わったほか、2007年のCOP13には政府代表メンバーとして参加。通商政策局長、経済産業審議官などを歴任し、08年退官。10年より現職。総合資源エネルギー調査会基本問題委員会委員。
<http://eneken.ieej.or.jp/>

福島第一原子力発電所事故を受け、エネルギー政策の再考を求める声が高まり、事故前の二〇一〇年六月に策定した国のエネルギー基本計画も、ゼロベースで見直す議論が進んでいる。

それ自体は自然な流れだが、問題はどうかという視点から政策を考えるかだ。エネルギー政策は国の根幹に関わるだけに、特定の見方に偏った判断をすると将来に禍根を残す。今こそ重要なのはバランス感覚。従来の3E（エネルギー安定供給、経済性、地球温暖化問題への対応）にS（安全・安心）とM（マクロ経済への影響）を加えた「S+3E+M」の視点から、総合的に判断していくべきだろう。ただ、結論から言えば、「S+3E+M」は残念ながら満たす「完璧なエネルギー」は残念ながら存在しない。省エネルギー、再生可能エ

ネルギー、化石燃料、原子力の四つに大別して見てみよう。

まず省エネルギー。これをエネルギー源の一つの柱と見立て最大限行うことは重要だが、我々の生活がエネルギーなしに成り立たない以上、自ずと限界はあるし、「何が何でも省エネ」では生活の快適性も産業競争力も失われてしまう。

再生可能エネルギーは、クリーンな国産エネルギーという点は非常に良いが、コストと安定性がネック。太陽光や風力はいくら無尽蔵といってもエネルギー密度が極めて薄いため、広大な敷地が必要だし、自然条件にも大きく左右され、稼働率は太陽光一二％、風力二〇％程度。バックアップ電源が必要なことに加え、風力は騒音や低周波問題、地熱は国立公園の開発規制などがあり、いざ立地しよ

うとすると意外に制約が多い。

石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料は、CO₂が最大の課題。またシェールガス革命というプラス材料を考慮しても、日本では従来どおりLNG化して輸入せざるを得ないのことでコストダウンに限界があり、燃料価格上昇や中東依存への不安は残る。

そして原子力だが、まずセキュリティ面で燃料備蓄効果が石油の二百日に対しウランは五〜六年と非常に優れている上、CO₂排出はほぼゼロ、コストも今回の見直しで化石燃料に近づいたにしてもまだ安い。しかし問題は「S」だ。 Fukushima事故による人々の不安を考えれば、いくら3Eで優等生だからといって、事故前の基本計画が目標としていた「原子力比率五〇％」は現実的でない。私自身はその半分、二五％程度が妥当だと思う。

これは他のエネルギー比率を先に考え、足りない分を原子力で補うという引き算の論理ではない。原子力それ自体の価値として、最低二五％は持っていないと、エネルギーセキュリティを確保することはできないからだ。

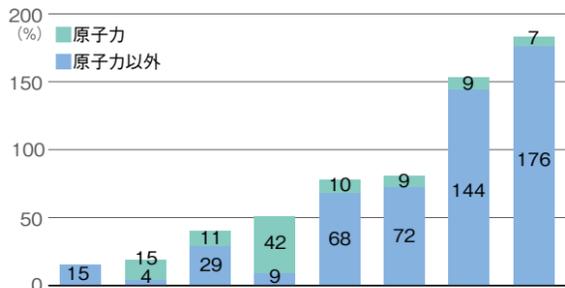
パーフェクトな電源がない以上、特定のエネルギーに過度に依存するのは得策でない。四つのエネルギーをバランス良く組み合わせることが必要だ。そして、このエネルギーミックスを考える際にとりわけ重要なのが、マクロ経済に及ぼす影響（M）だ。今年七月には再生可能エネルギーの固定価格買取制度もスタートするが、仮に原子力比率を下げて

再生可能エネルギーを急拡大させると、電気料金は三〜四割、場合によっては六〜七割も上昇してしまう。「それでもいい」という人もいるだろうが、中国や韓国と熾烈なコスト競争を強いられている製造業は、海外に工場移転せざるを得なくなる。そうなると国内の雇用は失われ、消費は冷え込み、GDPもマイナスになり、結果的に経済や国民生活に計り知れない悪影響を及ぼしてしまう。こうした事態を招かないためにも、総合的な視点でバランスの取れたエネルギー政策を立案しなくてはならない。

日本の製造業は、円高、高い法人税、貿易自由化の遅れ、環境規制、労働規制という五重苦のなか、国内雇用を維持するため歯を食いしばって頑張っている。そんな彼らに電力不足・電気料金高騰という新たな「苦」を負わせることは断じてしてはならない。

日本のエネルギーをどうする？

主要国のエネルギー自給率



出所:OECD/IEA,Energy Balances of OECD Countries, 2011 Edition

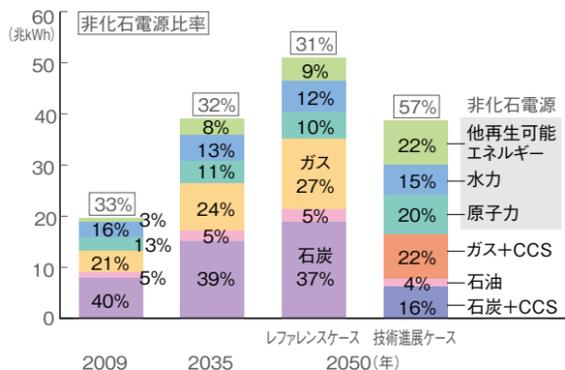
各エネルギーの長所・短所

	燃料自給率 (%)	安全保障	経済性	環境性	安定性	社会問題
			発電費用 (円/kWh)	発電時CO ₂ (gCO ₂ /kWh)	設備利用率 (%)	
火力	石油	0.4	22.1~36.0	679	30~80	-
	石炭	0	9.5	815	70~80	-
	LNG	4	10.7	423	60~80	-
原子力	0~100	8.9~	0	70	放射線リスク	
自然エネ	水力	100	10.6	0	45	環境破壊
	太陽光	100	33.4~38.3	0	12	日照権など
	風力	100	9.9~17.3	0	20	低周波音など
	地熱	100	9.2~11.6	0	70	国立公園など

*緑のアミかけ部は長所、赤字は短所を表す

出所:日本エネルギー経済研究所 (経済性の数値はコスト等検証委員会による2010年モデル)

電源別の発電電力量構成(世界)



*レファレンスケース:現時点における経済・社会情勢を踏まえ、今後施行される確度の高い政策や普及可能性の高い技術の展開を考慮に入れた予測ケース

*技術進展ケース:技術開発が加速化し、革新的技術の普及が各国でより一層拡大するケース

出所:日本エネルギー経済研究所

システム全体の ポータルフォリオを描け

井熊均 日本総合研究所 創発戦略センター所長



いくま ひとし
株式会社日本総合研究所 執行役員・
創発戦略センター所長
1958年東京都生まれ。早稲田大学理
工学部機械工学科卒、同大学院理工
学研究科修了。三菱重工業を経て90
年日本総合研究所入社。2002年創発
戦略センター所長。06年から執行役
員。イーキュービック取締役、日
綜（上海）投資諮詢有限公司董事な
ど。専門は事業の計画・提携・運営、
産業政策、ベンチャービジネスなど。
著書『次世代エネルギーの最終戦略
—使う側から変える未来』『中国環
境都市』『ポスト京都時代のエネル
ギーシステム』など。
[http://www.jri.co.jp/company/
business/incubation/](http://www.jri.co.jp/company/business/incubation/)

原子力は是非か、再生可能エネルギーは原子力に代わり得るか……。このような問いを耳にするたび、私は違和感を覚える。昨今のエネルギー政策をめぐる議論では、原子力の是非以上に重要な二つの視点が抜けていると思うからだ。

第一に、どのエネルギー源を選択するかという「What」の話ばかりが重視され、どういうしくみで電力を供給するかという「How」についてはほとんど議論されていない。資源小国の日本は、石油ショックの反省もあり、常に「エネルギーをどう確保するか」に重きを置いてきた。それが根幹であることは間違いないが、石油ショック当時と現在では状況は大きく変わっている。

も「系統電力」に加え「分散型電源」が台頭してきている。今後、増え続けるであろう再生可能エネルギーをすべて系統に入れるのはムリがあるのではないか。だからなるべくその場で使った方がいい。この十年で最大の技術進歩はネットワーク・オペレーションの向上だ。太陽光発電や燃料電池を備え、家庭内で電力需給の一体管理ができるスマートハウスの開発が進んでいるし、地域内で需給をコントロールできるスマートコミュニティへの動きも活発化。いわば需要家主導のエネルギーシステム——今まで需要側は電気を使うだけだったのが、自らつくり使うよう大きく変化しているのだ。

陽光発電で新幹線を走らせたり、製鉄所を動かしたりする時代は、この先も決して来ないだろう。東京や大阪という大都市で自然エネルギーによる電力自給なんてできるわけがない。パソコンの登場で逆にメインフレームが見直されたように、安定的で低コスト・低炭素の系統電力にしか担えない分野は確実にある。

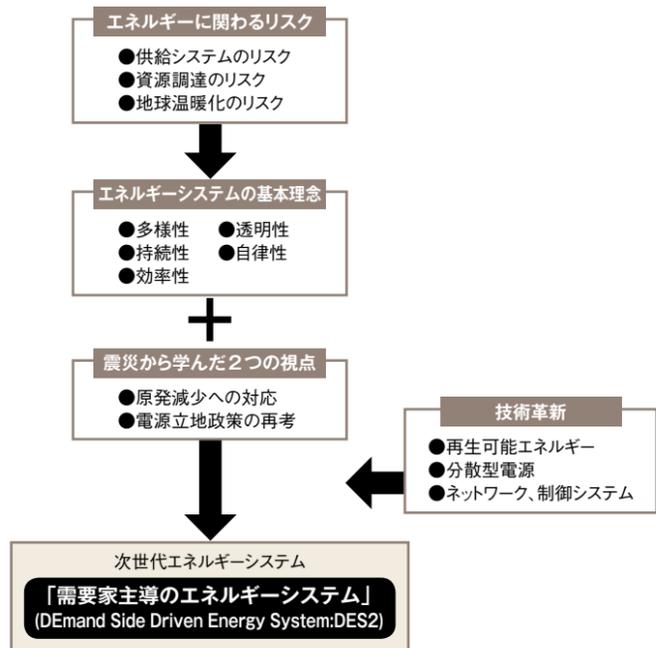
少子高齢化が進む日本では、この先、電力需要の大幅な伸びは期待できない。このまま国内市場だけを睨んだ、内向きの自由化の議論を進めても、限られたパイの奪い合いになるだけだ。

しかしアジアなど海外に目を向ければ、国内とは桁違いの膨大な市場が開けている。明確なビジョンに基づき、世界市場に打って出れば、エネルギー産業が年一〇%の成長を達成するのも夢ではない。電力会社をはじめとする日本のエネルギー産業は、世界トップク

ラスの実力を持っている。とりわけ日本が優れているのは、ネットワーク全体をコントロールする能力。日本の電力は、発電所の性能、送電網、制御システム、そして需要家へのアプローチノウハウ、すべてがきめ細かく質が高い。このバリエーション全体を商品と捉えれば、ビジネスチャンスは必ずある。

また原子力代替として火力発電の比率が増し、燃料費負担も増大。国内だけに目を向けていては、この二重投資、三重投資を回収することはできない。電気料金を上げるにしろ税金で賄うにしろ、国民の負担をムダにしないためにも、「みんながハッピーになれる成長戦略」が不可欠だ。

次世代エネルギー創出のフロー

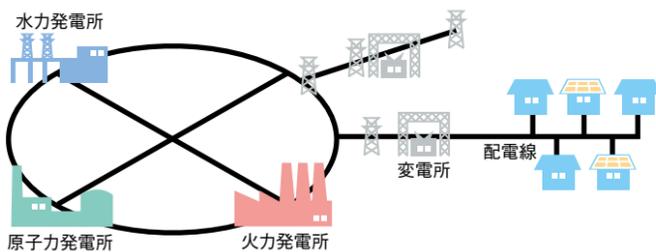


井熊均氏「次世代エネルギーの最終戦略」より作成

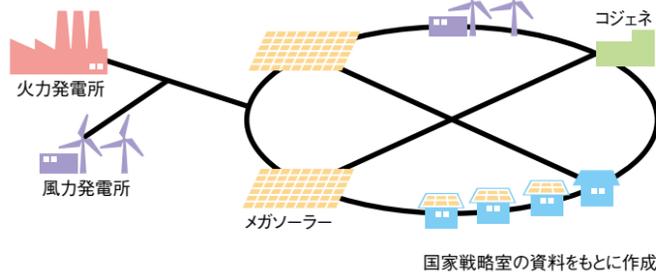
集中型と分散型電源システム

分散型電源システムとは、電気の需要地から遠い原子力、大規模水力・火力等の集中型電源を軸としたシステムとは異なり、電気の需要地で再生可能エネルギー、コージェネレーション(コジェネ)、燃料電池等を用いて発電される電気を使うシステム。

〈集中型電源システム〉

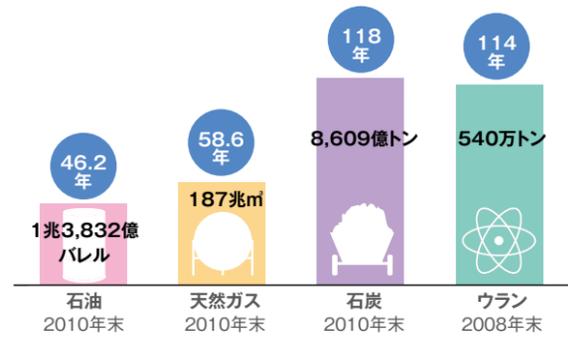


〈分散型電源システム〉



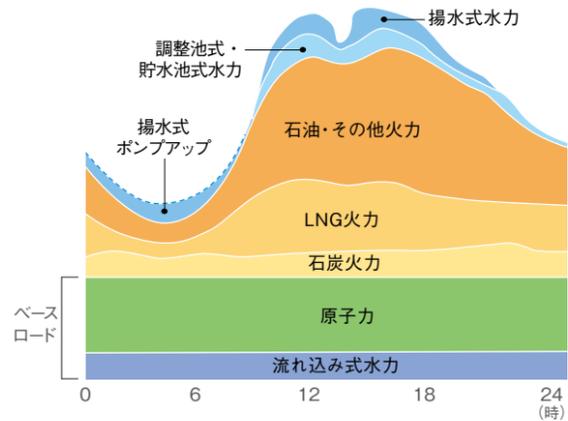
国家戦略室の資料をもとに作成

エネルギー資源確認可採埋蔵量と可採年数

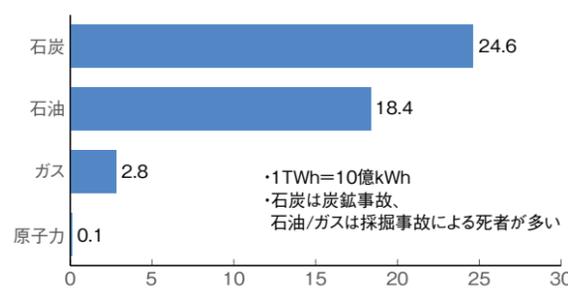


*ウランの可採年数は確認可採埋蔵量を年需要量で除した値
出所:BP統計2011, OECD/NEA-IAEA, URANIUM2009

ベースロード電源とは



ヨーロッパにおける発電電力量1TWhあたりの死亡者数



出所:Electricity generation and health, Anil Markandya and Paul Wilkinson, TheLancet Vol.370 September 15, 2007



震災後、堀さんが発起人となって立ち上げたKIBOWプロジェクト(福島)。希望を持ち、日本を良くするという強い意志を持って被災地の人々と交流、世界と協力しながら日本の復興を遂げようという民間プロジェクトだ

が口を閉ざしてしまふ。本質的な議論どころ

しかし大変残念なことだが、その後また、正当な議論を封じる空気が社会に蔓延している。原子力に肯定的な意見を言うだけでパッシングの集中砲火を浴びるから、我が身に火の粉が降りかかるのを避けるため、多くの人が口を閉ざしてしまふ。本質的な議論どころ

か、言論の自由さえ脅かされつつある危険な状態だ。

ただ、今の日本にはあまり迷走している時間がないことも確か。輸出企業は円高に喘ぎ、貿易収支は一九八〇年以來三十一年来ぶりの赤字に転落。財政破綻の危機が見え隠れするなか、このまま原子力発電所の再稼働もできないと、火力燃料費の増大による電気料金の高騰、産業の空洞化、国内雇用の喪失、自殺者の増加という事態すら招きかねない。原子力に反対する人はしばしば「カネより命が大事」と言うが、何より命が大事だからこそ、経済を悪化させることは避けなければならない

いのだ。

政策として何が正しいか、現実的な議論をすべき。原子力をなくせというのは無責任な議論だ。百年先を見据えて原子力を持ち続ける。そのことを産業界がもっと発言すべきだし、電力会社はどんなに批判されようと毅然として「正しいことは正しい」と言い続けなければならない。福島事故を猛省しながらも、悲しみや苦しみを乗り越え、冷静に、堂々と議論して世論を動かす——そんなリーダーシップが切に求められている。

発電電力量あたりの死亡者数が極めて少ないというデータがあることを知っておきたい。

これら四点を総合的に検討すると、脱原子力は非現実的な選択だ——そう私は言い続けてきたし、脱原子力を唱える人に論戦を挑み、偏りがちな世論に一石を投じたという手応えもあった。

か、言論の自由さえ脅かされつつある危険な状態だ。

ただ、今の日本にはあまり迷走している時間がないことも確か。輸出企業は円高に喘ぎ、貿易収支は一九八〇年以來三十一年来ぶりの赤字に転落。財政破綻の危機が見え隠れするなか、このまま原子力発電所の再稼働もできないと、火力燃料費の増大による電気料金の高騰、産業の空洞化、国内雇用の喪失、自殺者の増加という事態すら招きかねない。原子力に反対する人はしばしば「カネより命が大事」と言うが、何より命が大事だからこそ、経済を悪化させることは避けなければならない

いのだ。

政策として何が正しいか、現実的な議論をすべき。原子力をなくせというのは無責任な議論だ。百年先を見据えて原子力を持ち続ける。そのことを産業界がもっと発言すべきだし、電力会社はどんなに批判されようと毅然として「正しいことは正しい」と言い続けなければならない。福島事故を猛省しながらも、悲しみや苦しみを乗り越え、冷静に、堂々と議論して世論を動かす——そんなリーダーシップが切に求められている。

堀義人 グロービス代表

百年先を見据え、正しいエネルギー選択を



ほり よしと
グロービス代表/グロービス経営大学院学長
1962年茨城県生まれ。京都大学工学部卒、ハーバード大学経営大学院修士課程修了。住友商事を経て、92年グロービス設立。若手起業家が集うYEO (Young Entrepreneur's Organization 現EO) 日本初代会長、世界経済フォーラムが選ぶNew Asian Leaders日本代表など歴任。経済同友会幹事。著書『創造と変革の志士たちへ』『吾人の任務』など。昨年八月、孫正義・ソフトバンクグループ代表とエネルギーの「トコトン議論」を展開、話題を呼んだ。
<http://www.globis.co.jp/>

コストを左右する「条件」に目配りを

植田和弘 京都大学教授



うえた かずひろ
京都大学大学院経済学研究科教授／同地球環境学堂教授（環境経済学）
1952年香川県生まれ。京都大学工学部卒、大阪大学大学院工学研究科博士課程修了。京都大学助教授を経て、94年教授。この間、ロンドン大学／未来資源研究所留学。持続可能な発展の重層的環境ガバナンス、環境制御の財政理論、循環型社会の理論と政策などを研究。著書『環境経済学』、共編著『国民のためのエネルギーの理論と実践』『環境経営イノベーションの理論と実践』など。総合資源エネルギー調査会基本問題委員会委員、コスト等検証委員会委員。
<http://www.econ.kyoto-u.ac.jp/>

日本はこれまで国策として原子力発電を推進してきたが、その論拠の一つは原子力の発電コストが安価（二〇〇四年総合資源エネルギー調査会試算で五・九円）ということだった。しかし本当に原子力は安いのか？

例えば立命館大学の太田堅一教授は、二〇一〇年、原子力発電所の立地交付金など「それがなければ発電できない」費用も発電コストに含まれば原子力は決して安くはない、と問題提起。実際、立地費用等を加えた大島試算では、水力四・〇円、火力九・九円、原子力一〇・七円（いずれも一kWhあたり）と、原子力は最も割高だ。

但し、この計算は一九七〇～二〇〇七年度の有価証券報告書の記載データに基づいており、比較的新しい発電所が多い原子力よりも、減価償却の終わった古い発電所が多い水力の

ほうが安価になっている。過去の実績値としては貴重だが、安価だった水力発電所を今から建設できるかと言えば難しく、今後の電源選択の目安にはなりにくい。

一方、将来的なコスト試算としては、OEC Dなどがモデルプラントを想定し「発電コスト＝発電に要する費用（資本費、燃料費、運転・維持費）÷発電電力量」という公式を用いて算出している。

発電単価は安い方がいいが、電源ごとに発電に要する費用の構成が異なるため、安くするには何をすべきかも違ってくる。

例えば原子力は他電源に比べ、資本費の割合がずば抜けて高い。だから運転年数が長く稼働率が高くなればコストは下がるが、逆に運転年数が短く稼働率が低いと割高になる。つまり「原子力が安い」というのは全面的に

正しいわけでも、間違っているわけでもない。「どういふ条件で運転するか」によって大きく違うのだ。

また、燃料費の割合が高い火力発電は、燃料が高騰すれば割高になる。自然エネルギーは一種の地域資源だから、条件の良い地域では風力発電も原子力や石炭並みの経済性だが、現状の風力発電を日本全体で見れば設備利用率は二〇％にも満たない。だからやるべき地域とそうでない地域がある。ポテンシャルが大きい地熱もほとんどが国立公園内のため諸規制が開発を阻んでいるし、バイオマスは運搬コストによって燃料費が変動する。

このように電源ごとに特性が異なり、試算条件で違ってくるのに、それを脇へ置いて「原子力は安い」「いや高い」と結果だけ言うのは、ミスリードを招く。多少複雑でも「こ

ういふ条件下で運転すれば、いくら」と、丁寧な情報公開をしていくべきだ。

ちなみに私は、新たに加えるべき条件として「環境費用」を提案してきた。原子力のバックエンド対策、火力のCO₂対策、風力の騒音対策など、どの電源も何らかの環境対策費は必要になるからだ。

もう一つ、電源を考える際に重要な選択肢となり得るのが「節電所」だ。これまで電源といえ供給力ばかりに眼を向けがちだったが、例えば節電することによって、五〇kWの

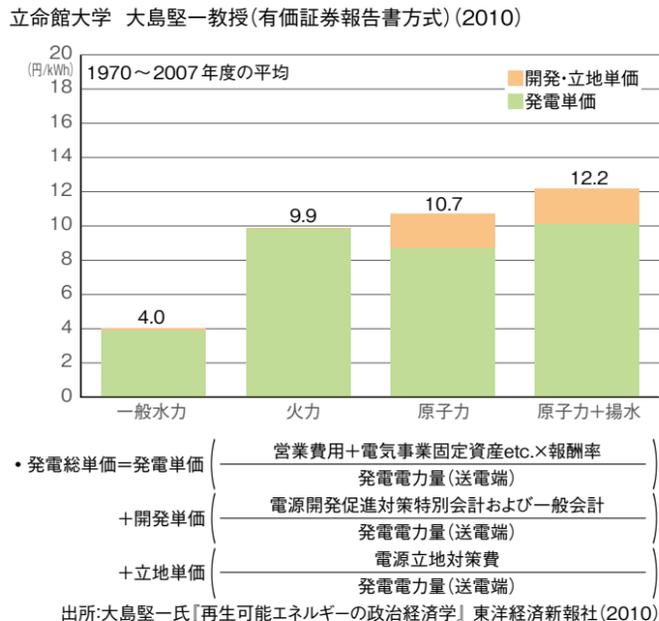
電気が必要なところを三〇kWに抑えれば二〇kWの電気を生み出したことになる。しかもこの「節電所」は建設費要らずで、その気になれば今日からでも稼働できる。

東京電力管内では昨夏一五％の節電を達成したが、その背景には人々の意識変化がある。電気はこれまで「カネさえ払えばいくら使ってもいい」と自由財的に扱われていたが、「いやそうじゃない、コモンプール・リソース、みんなで分かち合う共有資源だ」と認識され、社会が適応力を発揮したのだと思う。

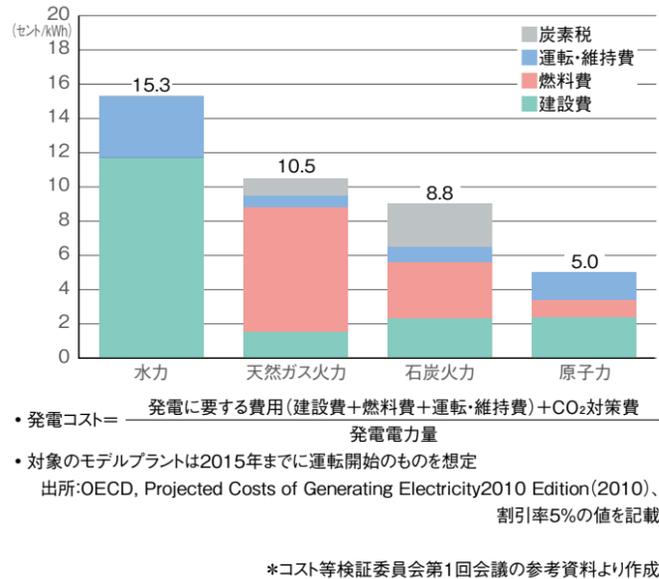
昨年暮れ、「コスト等検証委員会」は発電原価だけでなく事故リスク対応費やCO₂対策費、交付金等政策経費も加味して試算した報告書を提出。原子力は八・九円/kWh以上だと示された。フクシマ事故が提起したのは、大規模集中電源のリスクだ。今後、発電コスト試算にも現れた各電源の特性も踏まえ、強靱なエネルギーシステムを再設計できれば、「エネルギー消費は減っても経済は成長する」社会の実現もあながち夢ではないだろう。

日本のエネルギーをどうする？

発電コスト試算の比較(日本)



OECD (モデルプラント方式)(2010)



今こそ拙速を避け、深い議論を

秋元圭吾 地球環境産業技術研究機構 グループリーダー



あきもと けいご
地球環境産業技術研究機構 (RITE) システム研究グループ
グループリーダー・副主席研究員
1970年富山県生まれ。横浜国立大学工学部電子情報工学科卒、同大学院工学研究科博士課程修了。RITE入所、2007年より現職。その間、国際応用システム分析研究所 (IIASA) 客員研究員。専門はエネルギー・地球環境を中心としたシステム、政策の分析・評価。発電コストの推計を行う。国家戦略室エネルギー・環境会議コスト等検証委員会委員。東京大学大学院総合文化研究科客員教授。
http://www.rite.or.jp/

福島第一原子力発電所事故を機に、原子力への逆風が強まり、従来メリットとされてきた「経済優位性」にも疑問の眼が向けられるようになった。なかには「安全がすべて。コストなんてどうでもいい」という意見もあるが、これは大きな誤りだと最初に指摘しておきたい。

例えば今流行のスマートフォンなら、利用者は従来の携帯電話になかった新しいサービスを楽しむことができるから、多少料金が高くてもいいだろう。しかし電気の場合、高い電源だろうと安い電源だろうと得られる効用は基本的に同じだから、電気代が高くなれば、その分、他の用途に回すお金を削らざるを得なくなる。「再生可能エネルギーが増えるなら多少電気代が上がってもいい」という人もいるが、「多少上がる」のは我が家の電気代だ

けではない。産業から社会まで、あらゆる分野で経済に悪影響を及ぼし、雇用が失われることにもなりかねない。もちろん安全確保は重要だが、経済の根幹を担うコストを疎かにすることはできない。

では原子力でつくる電気は本当に安いのか。二〇〇四年に経済産業省が行った試算では、原子力の一 kWhあたり発電コストは四・八円(六・二円。これに対し、昨年十二月にエネルギー・環境会議のコスト等検証委員会が見直した試算では、下限で八・九円(今後、事故の損害額が五・八兆円から一兆円増えることに〇・二円増)。〇四年試算と比べ、原子力の発電コストが大幅に上昇しているのは、福島第一原子力発電所事故を受けての追加的安全対策費用をはじめ、立地交付金や研究開発費といった政策経費、事故リスク対応費用など

が追加されたためだ。

私自身、委員会メンバーとして議論に加わっており、全体の相場観としては妥当だと思っているが、多少疑問がないわけでもない。例えば将来起こり得る原子力事故への対応費用。これをどう見るかは意見が分かれたところだが、私としては「コストはコスト、リスクはリスク」と分けて考えたほうが良いと思う。しかし今回の試算では、事実上、フクシマレベルの事故が四十年に一度起きるという仮定で算出された。この費用は四十年間事故が起きなければ不要になるわけで、八・九円を下限とするのはおかしい。原子力事故のリスクを過大に見積もってしまうと試算の有用性が失われるばかりか、経済への悪影響など別のリスク認知を疎かにし、間違った選択に導く危険性がある。

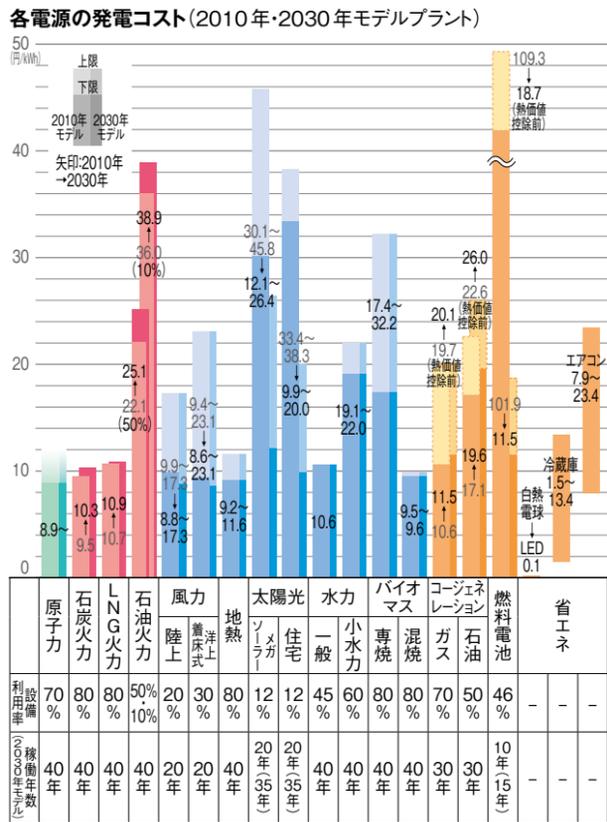
一方で、今回の試算では系統安定化費用、電源線費用、電力会社の広告・寄付金などをコスト計上していないが、なかでも大きいのは、太陽光や風力の拡大に伴い増大するとみられる系統安定化費用。今後、技術革新や量産効果でパネルなどの値段が下がっても、系統安定化費用が一 kWhあたり五〜十円になる可能性があり、再生可能エネルギーの発電コストがトータルで下がることは期待しがたい。しかし今回は、「導入量に応じて試算するのが適当」として計上が見送られた。

このように見ると、今回の試算は「原子力

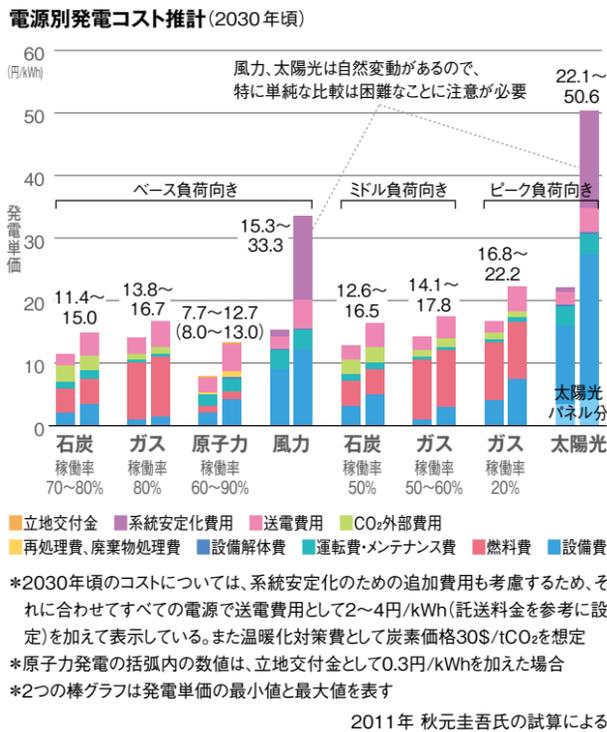
にやや辛い」設定になっていると言えなくもない。にもかかわらず、原子力は石炭火力や地熱と同等の経済性を有する結果になったことは、やはり「原子力をつくる電気は相対的に安い」のである。

ず、結果の数字だけがメディアで独り歩きしているのは少し気がかりだ。原子力の事故だけがリスクではない。高い再生エネの大量導入で経済が悪化するのもリスクなら、安価な石炭に頼ってCO₂排出を増やすのもリスク、化石燃料の増大で海外へ資金が流出してしまうのもリスクだ。こうしたさまざまなリスクを総合的・客観的に検討して、ベストミックスの道を探っていくかなければならない。今こそ拙速を避け、深い議論を重ねていくべきではないだろうか。

日本のエネルギーをどうする？



*CO₂対策費用(石炭火力の場合、2.5円→3.0円)、原子力の事故リスク対応費用(現時点で判明している損害額約5.8兆円=0.5円/kWh)、政策経費(立地交付金など原子力の場合、約3183億円=1.1円/kWh)等の社会的費用も加算
*事故リスク対応費用は、原子力事業者が40年間で積み立てるという前提で算定
出所:コスト等検証委員会報告書(2011年12月)



私たち1人ひとりが考えたいエネルギー問題。
発電時にCO₂を出さないクリーンな国産エネルギー・
太陽光や風力など再生可能エネルギーから、火力、原子力まで、
各エネルギーの基本的な情報を紹介する――



関西電力 舞鶴発電所 (バイオマス混焼石炭火力)

舞鶴発電所1号機では、2008年6月から、木質ペレットと呼ばれるバイオマス燃料を石炭に混ぜて燃やすことにより、年間約9万トンのCO₂を削減している。



バイオマス発電

木材や牧草、農業残渣、下水汚泥など生物由来の資源(=バイオマス)を燃料として、直接燃焼して得られた熱で発電する方法と、バイオマスから得たガス(バイオガス)を利用して発電する方法がある。地球全体でCO₂量を増加させないカーボンニュートラル*なエネルギーであり、2007年度の発電実績・約32億kWh。

原料の収集運搬にかかるコストが高いことなどから、地産地消の利用が望ましいとされている。

*カーボンニュートラル：バイオマスも燃やすとCO₂が出るが、原料となる動植物は生育過程で大気中のCO₂を吸収しているため、地球全体でCO₂はプラスマイナスゼロになるという考え方

小水力発電

大規模水力の適地がほぼ開発された日本では、一般的に水を貯めることなく小規模な河川や農業用水路等の水流をそのまま利用する中小水力発電(設備容量3万kW未満；固定価格買取制度対象)の活用が期待されている。

但し、水利権等の諸規制の制約を受けるため、行政手続きの明確化や迅速化への改善などが課題。

関西電力 大桑野尻発電所

ダム下流の景観保全など河川環境維持のための放流や未利用落差を利用した小水力発電所(最大出力490kW)。2011年6月運転開始。CO₂削減量は年間約1,300トンを見込んでいる。



関西電力 堺太陽光発電所

大阪府堺市臨海部の約21ha(甲子園球場5個分)の土地に広がる、日本最大級の太陽光発電所。2010年10月、日本の電力会社初のメガソーラー発電所として一部運転開始、11年9月から全面運転を行っている。最大出力1万kW(10MW)、発電電力量約1,100万kWh/年で、3,000世帯分の年間消費電力を賄い、CO₂削減量は年間約4,000トンになる。

地熱発電

火山国・日本は世界第三位の地熱資源国。地下深部のマグマに眠る膨大なエネルギーを蒸気の形で取り出して利用する地熱発電は、資源小国・日本で大きな期待が持たれている。地熱発電は現状、自家発電含め全国18カ所、九州と東北にほとんど集中。2007年度の発電実績は約30億kWh、導入ポテンシャルは国立・国定公園の特別保護地区などを除き、かつ150℃以上の熱水資源が利用できる場所で約260億kWh。その出力安定性も勘案すると、条件の劣る場所も活用することにより、ベース電源の一定部分を担うことが期待される。

導入可能量拡大には、国立・国定公園内への立地に必要な許可要件の明確化や、地元温泉関係者等との共生など政策的課題の解決、技術開発・実証研究などの推進が必要となる。

風力発電

風況の良い地域では経済性を発揮する風力発電。陸上風力発電は、2007年度の日本の発電実績・約28億kWh、導入ポテンシャルは保安林や国有林等を除く風況の良い場所で約2,700億kWhと、再生可能エネルギーのなかで比較的高い。開発が進む洋上風力とあわせるとポテンシャルはさらに高まる。但し実際の開発には電力系統への接続などを併せて考える必要がある。日本で風況の良い地域は主に北海道/東北/九州であり、これらの適地は現状の電力系統から遠く離れていることが多い。導入拡大には、系統の抜本的強化や制度改革など多くの政策的課題を解決する必要がある。

*なお関西電力グループも風力発電事業に取り組んでおり、兵庫県淡路市北部の丘陵地帯に、出力12,000kWの風力発電所(2,000kW×6基)を建設、2013年2月運転開始予定。約1万世帯分の電気を賄い、CO₂削減量は年間約7,000トンを見込んでいる。

太陽光発電

ドイツ・スペインに次ぐ世界第3位の導入実績を持つ日本の太陽光発電(2009年設備容量)。家庭の屋根などに設置できる手軽さから導入が進んでおり、2009年度の発電実績は約11億kWh(参考：原子力2,785億kWh)、導入ポテンシャルは比較的條件が良いと考えられる場所で約930億kWh。こうした場所をフル活用できれば、夏のピーク時の需給改善を助ける電源として期待される。

普及には、低コスト化に向けた技術開発、耕作放棄地やマンション・工場等の壁面などへの設置促進のための制度改革などが必要とされている。また太陽光は日射量の変化による出力変動が大きく、その変化も速いため、電力系統への大量接続が電気の品質に影響を及ぼさないよう系統安定化対策も不可欠になる。



**関西電力 堺港発電所
(LNGコンバインドサイクル発電)**

まずLNGを燃やしてできた燃焼ガスでガスタービン
を回して発電、その排熱で発生させた蒸気により
蒸気タービンを回してダブルで発電するコンバイン
ドサイクル発電を行っている堺港発電所。熱効
率は世界トップクラスの58%。さらに関西電力で
は姫路第二発電所のコンバインドサイクル化も進
めており、こちらは熱効率60%に向上予定だ。

火力発電

火力発電は電力需要にあわせて柔軟に対応できるこ
とから、ピーク・ミドル電源としてはもちろん太陽
光や風力などのバックアップ電源としての役割も担
う。CO₂排出がネックだが、日本の火力発電の熱効
率は世界的に高水準。特に最新の石炭火力の熱効率
は世界最高効率を誇る。LNGコンバインドサイクル
発電（ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた
発電方式）をはじめ、石炭でも、石炭をガス化シ
コンバインドサイクル発電を行うIGCC（石炭ガス化複
合発電）など高効率化への取り組みが進んでいる。

原子力発電

原子力発電は、発電段階においてCO₂を全く排出せ
ずに大量の電力を安定して供給することができ、ま
た使用済燃料を再処理すれば再利用できることから、
資源小国・日本の重要なベース電源としての役割を
担う。反面、放射線の慎重な管理が必要であり、福島
第一発電所事故以降、今後原子力をどうするか、エ
ネルギー政策見直しの議論が行われている。

各エネルギーの特性

エネルギー	供給安定性／安全性	環境性	経済性(2010年→30年)
再生可能エネルギー	太陽光	◎ 発電時にCO ₂ を出さない	・33.4～38.3→ 9.9～20.0円/kWh ・設備にかかるコストが高い
	風力	◎ 発電時にCO ₂ を出さない	・陸上:9.9～17.3→ 8.8～17.3円/kWh ・洋上:9.4～23.1→ 8.6～23.1円/kWh ・設備にかかるコストが高い
	バイオマス	○ カーボンニュートラル	・17.4～32.2円/kWh (木質専焼の場合)
	地熱	◎ 発電時にCO ₂ を出さない	・9.2～11.6円/kWh
	小水力	◎ 発電時にCO ₂ を出さない	・19.1～22.0円/kWh
火力	石炭火力	× 864g-CO ₂ /kWh	・9.5→10.3円/kWh
	石油火力	× 695g-CO ₂ /kWh	・22.1→25.1円/kWh* 36.0→38.9円/kWh
	LNG火力	△ 476g-CO ₂ /kWh(コンバインドの 場合376g-CO ₂ /kWh)	・10.7→10.9円/kWh
原子力	◎ 発電時にCO ₂ を出さない	・8.9～円/kWh	

*上段は設備利用率50%の場合、下段は同10%の場合

国家戦略室、経済産業省などの資料をもとに編集部まとめ