

明大からの処方箋

Prescription from Meiji University

理工学部 熊野照久



Teruhisa Kumano

理工学部教授 電力システム工学

1963年 神奈川県生まれ

1990年 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

1990年4月～2004年10月

財団法人電力中央研究所

1994年～1995年

米国テキサス大学アーリントン校
客員教員

2004年 明治大学理工学部助教授

2010年 同教授 現在に至る

【主な著書】

「新電気文明へのシナリオ～アメニティ社会を支える～」(共著)電力新報社、1998年2月

【所属学会】

電気学会、IEEE (米国電気電子学会)、電子情報通信学会、日本風工学会

我が国は現在、東日本大震災に端を発する深刻な電力不足の状況にあります。多くの原発で運転再開の見通しがつかず、温室効果ガス削減のため化石燃料発電も減らさねばならない中で、節電の必要な現状をどう打開するか、本稿で十分に答えることはできません。解決のための一つのキーは再生可能エネルギーですが、これに頼ればよいと安易に考えるのは危険です。本稿では日本全国の電力需要のデータをもとに、火力、原子力以外の発電方式がどれだけ貢献

できるか、簡単な計算を行います。エネルギー問題を読者の皆様が検討されるための参考になれば幸いです。なお、議論の前提として国際連系(隣国との間で電力の融通を行うこと)は考えないことにします。

(1) 必要な電力

我が国全体で使われている電力は、最大で1億8千万キロワット弱(最近10年間平均値)です。人口が約1億3千万ですので、一人あたり1.4キロワットを使っている計算にな

ります。我々は生きていくために食物から一日2キロカロリ強のエネルギーを得ています(成人男性の場合)。これは24時間単純平均値で約百ワットに相当します。使っているエネルギーがいかに多いか実感できます。

(2) 水力発電

利用可能な水量と日本の国土的特性(高低差)から供給可能量を計算します。国土面積約38万平方キロと年間平均降水量1700ミリから単純

「エネルギー問題」I～「発電技術」～

計算すると雨水の総量は約6500億立米となりますが、地面への浸透や蒸発等利用できない部分も多く、実際に利用されている水量は約800億立米です。日本の土地の平均標高390メートルを用いて位置エネルギーを計算すると約850億キロワット時相当となりますが、年間の水力発電総量は600億キロワット時ほどです。既に見える分は殆ど全て発電に使っており、現在総需要の10%程度である水力発電の寄与を大幅に増やすことはできないと分かります。

(3) バイオマス・廃棄物発電および地熱発電

廃棄物発電はゴミ焼却で発生する熱を用いた火力発電です。高温焼却すれば有害化学物質の発生を抑制しつつ発電効率の向上も図れ、熱併給(コージェネ)も可能です。我が国の廃棄物発電は現在約70億キロワット時を上回っており、水力発電量の1割を超える発電量ですが、さらなる拡

充が望まれます。我が国の一年間のごみ総排出量5千万トンで低位発熱量に換算すると1200億キロワット時程度となります。熱効率を仮に25%として一定出力させると500万キロワット弱の電気出力が得られることとなります。

植物体が光合成によって作り出すエネルギーは食物連鎖を通して生態系全体を養っていますが、ここに人間が介入して一部を発電に利用する方式をバイオマス発電といいます。バイオマス先進国であるスウェーデンでは一次エネルギーの2割弱がこれにより供給されています。同国は国土面積(約45万平方キロ)、森林面積比率(約70%)ともに我が国とさほ

どかわりません。我が国が森林利用率を改善し(現在スウェーデンの6割程度)、計画的かつ持続可能な方式で有効活用すれば有望なエネルギーです。おがくず1300万トンを利用木材は膨大で、これらを全て熱・電気併給発電に用いたとすれば約7

00万キロワットの一定出力が得られる計算になります。

地熱発電は全国で約50万キロワットが稼働中です。我が国は世界有数の火山国ですので導入ポテンシャルが高く賦存量は3千万キロワットとされています。国内企業の世界シェアは7割と技術力で日本はトップです。本項で述べた三方式はそれ自身では化石燃料を浪費しないクリーンエネルギーでありながら制御可能な安定電源であり、開発を加速すべきです。

(4) 風力発電

発電コストが9～14円と自然エネルギーの中では低い方式ですので適地には積極的に導入していくべきです。我が国の場合、浮体式の洋上風車導入も魅力的です。最近公表された経産省の試算では現実的な導入可能エネルギーとして、少ないケースでも2500万キロワット程度という検討結果が得られています。

ただし注意も必要です。米国、西

明大からの処方箋

欧、中国を含む風力発電導入量の多い国を中心に風が弱まりつつあるという報告があります。風車は地球熱流体システムの駆動系からみた場合、負荷に当たるので、これが増えれば風が弱まっていくのは当然ともいえ、地球環境システムまで含めた総合的な検討が必要な時期に来ているのかもしれない。

(5) 太陽光発電

平均的な太陽光発電システムは3〜4キロワット程度の出力です。太陽電池パネルは快晴時に一平米あたり百ワット程度を発電することができ、必要な面積は30〜40平米となりますが、平均的な一戸建住宅の屋根でまかなえる大きさです。電力需要がピークとなる真夏の晴れの日の最もエネルギーを必要とする時間帯に、需要地側からの供給が可能です。国の目標では2030年までに5千万キロワット余を太陽光発電の形で導

入するとしています。最大需要は既述のとおり1億8千万キロワットです。設備容量では3割弱を占めるといえます。製作技術が進み、生産量とともに製造コストが低く抑えられれば、設備コストはさらに低くなっていくでしょう。太陽エネルギーは水力、風力、化石燃料など多くの（地熱を除きほとんど全ての）エネルギーの根源です。未利用の太陽エネルギーを適切に利用することは環境への擾乱が小さい理想の形態です。我が国ではルーフトップタイプ（家庭の屋根に設置）を中心に導入する方針で臨んでおり、前項で述べたような地球環境システムに対する影響はほとんど考えられないでしょう。

(6) その他の新技術

新エネルギーとしては他にも多くの方式が研究されており、これらの開発が重要なのは当然です。注意が必要なのは、いわゆるエネルギーハ

ーベスティングに属する技術との混同です。自立的に運転される遠隔・野外設備あるいは小電力で十分な用途では、これまで使われずに捨てられていた空中の電波や熱、振動などのエネルギーを拾い集めて電気の状態に変えるのは非常に重要です。しかし、これにより社会が必要とする膨大な電力を得ようとするのは非現実的です。

(7) ネットワーク技術とまとめ

本稿で行った計算結果を積み上げれば分かりますが、原子力を利用しないかぎり、今夏同様の電力不足は今後数年にわたって継続します。近々に解消する唯一の解は電力料金値上げと炭酸ガス排出量増大を覚悟の上で高コスト火力発電を運転することです。長期的には本稿で述べた様々な再生可能エネルギー発電の導入を進めることが必要と思われます。太陽光・風力に依存すれば総発電量

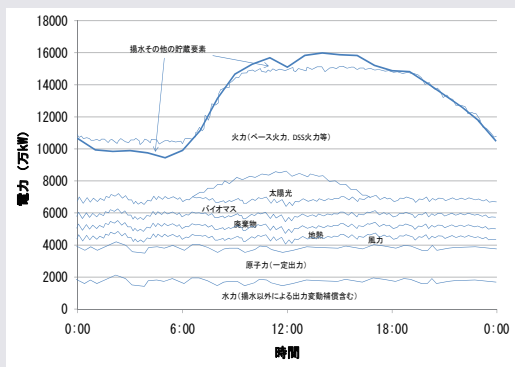
が変動しやすくなることは避けられ
ません。発電量の変動は電圧や周波
数の変動につながります。これらを
適正範囲に抑えるには、電力貯蔵装
置や従来型火力発電等可制御電源に
より適切に補償しなければなりません。
そのキーは自然現象の高精度な

予測と、これに基づいた最適なネッ
トワークの運用・制御、ならびに太
陽光・風力発電システムの耐故障性
の改善です。ドイツでは大幅な自然
エネルギー発電の導入によって送電
網の拡充整備が必要となり、電力料
金を押し上げつつあります。運用・
制御等ソフトウェア面の高機能化に
より送電インフラへの必要投資を最
大限抑えるべきです。熱供給他、電
力以外のエネルギーとの連携も重要
になるでしょう。

最後になりましたが、本稿の議論
をもとに中期的に火力発電に頼ら
ずに電力不足を解消することができ
たと想定して、日間の発電電力変化
のイメージ(夏季平日)を作成して

ましたので、左図に示します。太陽
光および風力の設備容量は図中最大
出力よりも大きくなければならぬ
ことに注意を要します。

電力貯蔵装置の導入を進め、有効
に利用することがエネルギー問題打
開のキーです。また根本的な問題解
決には、電気利用技術を高度化し、
そもそもの需要を抑えることが重要
です。こうしたトピックについては
次号以降に詳述される予定です。



参考文献

- 1) 経済産業省資源エネルギー庁電
力・ガス事業部監修「電気事業使
覧」電気事業連合会統計委員会編
- 2) 国土交通省 水管理・国土保全局
水資源部「日本の水資源」
- 3) タクマ環境技術研究会編「ごみ焼
却技術〈絵とき基本用語〉」オ
ム社
- 4) P. Fairley: "Less Mighty Wind",
IEEE SPECTRUM, Jan. 2011
- 5) 平成22年度新エネルギー等導入
促進基礎調査事業(風力エネルギ
ーの導入可能量に関する調査)調
査報告書「伊藤忠テクノソリュー
ションズ株式会社