

# ((( ( 技術・行政情報 ) )))

## 発電技術のエネルギー密度と供給信頼性

### Energy Density and Reliability of Electric Generation Plants

#### 1. 敷地面積当りのエネルギー密度

都市への社会機能と人口の集中で、都市のエネルギーの消費が年々増え続けている。都市を中心とした民生部門のエネルギー需要は、過去10年間の平均伸び率でみると年率3.0%の高い値で推移している。都市におけるエネルギーの消費密度を敷地面積当りの電力消費量で調べてみると、家庭で35kWh/m<sup>2</sup>、事務所ビルで400kWh/m<sup>2</sup>になる(表1)。電力需要は、都市の民生部門を中心に、今後も高齢化、冷房機器や情報化機器の普及、大型住宅や建物の高層化など流れのなかで高まっていくことは間違いない。

高まるエネルギー消費密度に対して、供給側のエネルギー技術の密度はどのようになっているのだろうか。発電技術を中心に敷地面積当りのエネルギー密度を調べてみることにする。表1は、太陽光発電、風力発電、木材バイオマス発電、石炭火力、原子力発電についてエネルギー密度の値を示したものである。表の値から太陽光発電や風力発電は、エネルギー密度が20kWh/m<sup>2</sup>程度で、それは家庭の消費密度の3分の2である。バイオマス発電になると最も成長の早いポプラで、それも南米のような成育の早い地域に植林する条件で計算しても、そのエネルギー密度は2kWh/m<sup>2</sup>である。それに対して、石炭火力と原子力発電は、貯炭場や構内の緑地帯を含めて計算しても、敷地面積当りの

密度はそれぞれ9,560kWh/m<sup>2</sup>と12,400kWh/m<sup>2</sup>にもなっている。その密度は、太陽光発電の400倍と500倍、バイオマス発電の4,700倍と6,000倍にも相当している。もし土地の所要面積で比較するなら、同じ電力量を得るに必要な面積の比はエネルギー密度の逆数の比になる。石炭火力や原子力の発電所に要する面積は太陽光発電の400分の1と500分の1であり、それらがわずかな土地で大量のエネルギーを発生する電源であることがわかる。この結果は、優れたエネルギー密度を持つ火力発電や原子力発電が国土の狭いわが国で大量にエネルギーを消費する今日の社会を支えている理由にもなっている。

#### 2. ライフサイクル分析による供給力評価

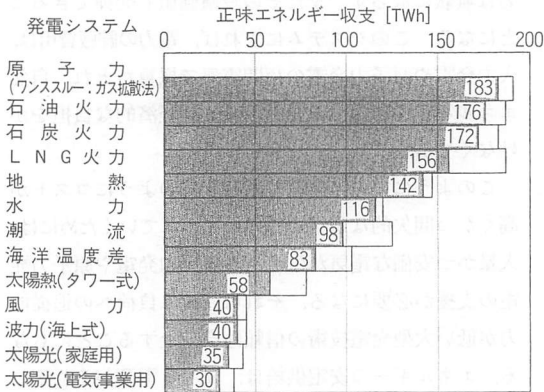
火力と原子力の優れた供給力は、ライフサイクル分析からも明らかである。それは、発電だけでなく燃料の採掘、精製、輸送、廃棄物処理などのプロセスを含めて、設備の建設、運転、廃棄のライフサイクルにわたる投入エネルギーと産出エネルギーとを調べるものである。図-1は100万kWの設備について、耐用年数を30年とし、その間に生産する電力量から設備の建設と運転に消費するエネルギー量を差し引いて社会に供給可能な電力量を求めた正味のエネルギー収支の結果である。

図から石油火力などの火力発電と原子力発電は、正

表1 エネルギー密度(電気エネルギー)の比較

対象	エネルギー密度(敷地面積)		備 考
	kWh/m <sup>2</sup> ・年	kW/m <sup>2</sup>	
家庭の電力需要	35	0.024	一戸建て2階(敷地165m <sup>2</sup> , 契約40A)
事務所の電力需要	400	0.45	8階建て事務所ビル(延床3,000m <sup>2</sup> )
太陽光発電	24	0.082	日本(緯度35度), 年設備利用率15%
風発電	21	0.012	米国テハチャピウィンドファーム, 出力275kW 340基(3mile <sup>2</sup> ), 年設備利用率20%
木材発電プラント	2.0	0.00032	ポプラプランテーション(6年サイクル)100MW, 発電効率34%
火力発電所	9,560	1.6	碧南石炭火力発電所, 70万kW×3基年設備利用率75%, 敷地: 133.6万m <sup>2</sup>
原子力発電	12,400	2.0	柏崎刈羽原子力発電所, 821.2万kW年設備利用率75%, 敷地: 420万m <sup>2</sup>

((( ( 技術・行政情報 ) )))



(発電出力: 100万kW, 寿命: 30年)

図-1 発電システムの正味エネルギー収支

味エネルギー収支が大きく、社会への電力供給量は太陽光発電の6倍にもなっている。正味エネルギー収支の値は、発電設備の年間設備利用率に大きく影響を受ける。設備利用率は、貯蔵燃料である火力発電や原子力発電の場合は技術進歩で表の計算に用いた75%より大きな値にすることは可能である。しかし自然エネルギーの場合は、立地場所によりその値が決まるため、技術進歩は図の白い部分のエネルギー損失を減少させるだけで全体の量を大きくすることはできない。すなわち図に示した火力発電と原子力発電の自然エネルギー発電に比した優位性は、燃料が安定に供給されている限りは大きくなる。エネルギーの大量消費社会に火力発電や原子力発電が必要な理由がこの図からもわかる。

3. 電力供給の信頼性問題

自然エネルギーには、希薄なエネルギー密度と少ない供給力とは別に、供給の信頼性問題もある。火力や原子力のように貯蔵されているエネルギーを使う発電システムは、燃料の備蓄があればいつでも電気を生産することができる。しかし間欠的なエネルギー源である自然エネルギーの電力供給はすべて自然任せである。もし需要家が必要なときに電気が供給されなければ、発電設備としての価値がなくなる。

太陽光発電を例に設備価値を調べてみよう。図-2はわが国で最大ピークが現れる夏季の日負荷曲線と太陽光発電の出力曲線を示したものである。すなわちパネルの温度上昇と気候変動を無視した理想状態で太陽光

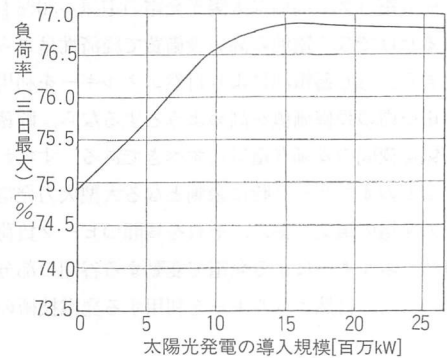
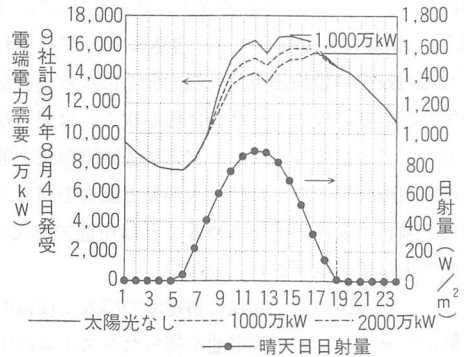


図-2 設備価値からみた太陽光発電の導入限界

発電が電力を生産したときの電力需要の負荷曲線の変化を描いている。我が国の電力需要の最大ピークは夏季7月頃の午後2時から3時頃に現れるが、その時の太陽光発電の出力は定格出力の9割程度である。

太陽光発電が社会に大量に普及していくと、電力需要の負荷曲線は最大ピークが夕方にシフトしていく。夕方に最大ピークが移行すると、昼間に発電する太陽光発電の設備価値は減少する。この設備価値の影響は負荷率を計算すれば定量的に明らかにできる。図-2には夏期最大ピークの負荷率の変化を太陽光発電の導入規模で示している。それによると1,000万kWまでは負荷率を改善しているが、それ以上の導入規模になると改善効果が急速に減少していくことがわかる。その導入量は現在のわが国の総発電設備量1億7千万kWの6%に相当している。それ以上の太陽光発電の導入は、電力需要の最大ピークの削減にほとんど寄与しないことになる。それは設備価値の喪失である。経済的にみても、1,000万kWまではピークの電力の供給コストである30円/kWh程度の価値があるが、それ以上

## (((( ( 技術・行政情報 ) ))))

の設備に対してはkWhと送電クレジットの15円/kWh以下の価値にまで低下する。自然エネルギーを利用した発電技術の設備価値は、風力発電になると我が国の場合、夏期の最大ピーク時に風が吹くとは限らないためさらに小さくなる。もし夕方に強い風が吹く地点に風力発電が導入できれば、太陽光と風力を利用した発電で両者の設備価値を高めることは可能であるが、その効果はまだ検証されていない。

この設備価値の低下問題は蓄電池の導入で技術的には解消できる。しかし蓄電池を使ったシステムにすると、充放電ロスで高価な太陽光発電の電気が30%も失われるだけでなく電池の高い設備費で経済性はさらに悪化する。もし蓄電池により自然エネルギーを利用する発電技術の設備価値を高めようとするなら、貯蔵する電気は夜間の安価な電気にすべきである。すなわち夜間などのオフピーク時に余剰となる大型火力発電や原子力発電の電気を蓄え、それを昼間のピーク負荷時に自然エネルギーによる発電で変動する谷間の部分に供給すれば、自然エネルギーを利用する発電技術の電

力は無駄にならず、またその設備価値も発揮できることになる。このシステムにすれば、電力の貯蔵費用は、火力発電や原子力発電の夜間電気と採算がとれ、自然エネルギーを利用する発電設備には経済的な負担をかけなくて済む。

このように太陽光発電や風力発電のようにコストが高くかつ間欠的な電気を有効に利用していくためには、大量かつ安価な電気が生産できる火力発電や原子力発電の支援が必要になる。それは同時に負荷への追従能力が低い大型発電技術の信頼性を向上することにもなる。エネルギーの安定供給は、異なる電源がそれぞれの欠点を互いに補い合いながら成り立っている。それぞれの優れた特性を最大限に発揮できるようなシステムを社会に構築することがエネルギーのベストミックスである。

(財)電力中央研究所 経済社会研究所 上席研究員  
東京工業大学大学院 人間環境システム専攻客員教授  
内山 洋司)

協賛行事ごあんない

### 「超高温材料国際シンポジウム (XI)」について

〔主催〕(財)超高温材料研究センター 他  
〔後援 (予定)〕通商産業省中国通商産業局 他  
〔協賛 (予定)〕日本機械学会、日本化学会 他  
〔開催日〕平成9年5月29日(木)～30日(金)  
〔会場〕ときわ湖水ホール(宇部市)  
〔参加予定人員〕200名

〔参加費〕20,000円(含資料費、交流会参加費等)  
〔問合せ先〕〒775 山口県宇部市沖宇部573-3  
(財)超高温材料研究所  
シンポジウム事務局 宮村 紘  
Tel 0836-51-7160, Fax 0836-51-7165