

■ 論 説 ■

80年代のエネルギー問題

——地域分散型エネルギーシステムのすすめ——

Near Future Scope of Energy Conservation in Japan

平 田 賢*
Masaru Hirata

1. はしがき

日本のエネルギーの遠い将来は、核融合で支えられることになるだろうが、核融合炉が確立するのは21世紀の後半と考えられるから、それまでは、核分裂炉、石炭、LNG、石油と、可能な限り種類と輸入先を分散し、他方省エネルギーを推進して生きのびて行かざるを得ないだろう。太陽をはじめ風力や地熱、海洋エネルギーなど自然エネルギー利用を推進すべきことは言うまでもない。ただ後述するように、我が国の場合、比較的条件に恵まれた地域でも、民生用のエネルギー需要及び、農林水産などの1次産業用エネルギー需要の4割程度を、これら自然エネルギーでまかなえれば上々と見積もられているので、全エネルギー需要の6割を占める産業用、並びに2割を占める運輸用需要をまかなうためには、依然として、いわゆる“ハード・パス”；そしてそのほぼ全量を輸入に頼らざるを得ないのがこの当分の間の実情であろう。

2. 自然エネルギー利用と地域分散型エネルギーシステム

太陽熱をはじめ、水力、地熱、風力、海洋、バイオマスなどの自然エネルギーが、実際どの位利用可能であるのか、本年度から通産省の補助金で全国的な調査が始まった。府県ごとに、地域別のエネルギー需要量の調査と、それがどの程度地域に密着した自然エネルギー源で供給可能であるのか、見通しを得るための基礎調査であり、

ある特定の地域における自然エネルギーの「供給可能量」を推算するにあたっては、いろいろな方法がと

られている。根源をなす太陽エネルギー量を推算する場合、まずその地域の緯度や日照時間等のデータをもとに、年平均の日射量を推算する。我が国の場合、この値は通常単位面積あたり 10^6 [Kcal / $\text{m}^2 \cdot \text{年}$]のオーダーである。次に集熱面積として、機器の普及率等を考慮し、民生用としては、昭和75年に世帯ごとに3 m^2 程度、工場、事業所等では用地の20%程度の集熱面積があるとしてこれを上記の値に乗じて供給可能量を推算するなどの方法が行われている⁽¹⁾；風力、海洋エネルギー、水力などは、もとは太陽エネルギーであるから、賦存量としては太陽エネルギーより2桁から4桁小さい。しかし、技術開発の程度や、エネルギーの集中度が異なるから、例えば中小水力として、小さい河川や貯水池などの利用可能量を推算すると、上述の太陽エネルギーの供給可能量の2割からはほぼ同程度までの供給が期待できる。

太陽エネルギーの利用形態の他の1つは、森林資源、稲わら、いも、などを原料としたバイオマス・エネルギーであるが、これも条件によって、上述の太陽エネルギーによる供給可能量の5割から10割程度の供給能力を持つ。その他地域によって、畜産廃棄物、海洋エネルギー、地熱などをカウントすると、これら自然エネルギーによって、供給可能なエネルギー量は昭和75年の時点で、上述の太陽エネルギーによる供給可能量のほぼ2倍内至3倍のオーダーとなる。地域、条件によって大きく変わるが、この概算値はオーダーにおいてそれほど大きく異なるものではない。図に、人口3万5000人、面積120平方キロ程度の九州のある市について、需要量と供給可能量を推算したケーススタディの結果を1例⁽²⁾として示す。図でわかるように、昭和65年度の時点で、この地域における民生用及び一次産業用エネルギー需要量の約25%程度、昭和75年度で40

* 東京大学工学部船舶機械工学科 教授

％程度を自然エネルギーで供給できる可能性があるということである。

以上のように、太陽エネルギーは、本質的に民生用の給湯、暖冷房、あるいは農業用、特にハウス栽培等に用いられるべきであろう。100万KW級の発電所を太陽熱で実現するためには10km四方位の受熱面を必要とすることから考えても、日本のような土地柄では巨大発電向きではない。

風力に関しても、風力発電機を世界中に輸出しているフランスのエアロワット社の見解では、採算のとれる風力発電機は5KW程度のもので、それより大きくても小さくても成立たない由である。ここで、採算がとれるということは大切なことであって、自然エネルギーを利用する場合、一般にコストが成立たないことが多い。経済的に採算がとれないということは、エネルギー的に見てもバランスがとれないということと近似できよう。ある自然エネルギー利用システムから得られるアウトプットのエネルギーが、そのシステムを構成するために費やした、原材料や、加工や、輸送のエネルギー原単位を積算したインプットよりも小さいというようなことがおこりがちである。これではあまり意味がない。5KWの風力発電機を20台並べて100万KW級の発電をするなどということは非現実的であり、風力も巨大システムにはなじまない。次に水力であるが、我が国の場合、大型水力発電の可能なサイトは開発しつくしたとされており、残されているのは、例えば市町村や、農業協同組合などが事業主体となって運営するような、数100～数1000KW級の“中・小”水力発電である。全国に約2000箇所とされるサイトを順次開発して行かなければならない。

地熱も立地点が限定されており、1本の井戸を掘るのに1億円以上もの費用をかけ、しかもその井戸が析出物でつまってしまうので次々と井戸を掘り足して行かなければならない日本の状況では、これもあまり巨大発電向きではなかろう。これもハウス栽培などの農業利用を推進すべきである。

海洋エネルギーも温度差、潮汐、潮流、波力といういろいろ考えられるが、利用できる地域が限定されており、単機の出力も小さい。

バイオマスの関連では、木質系や稲わらの直接燃焼、いものアルコール燃料化、し尿や、家畜の排泄物からのメタンガス、ごみ焼却などが考えられるが、先述のようにこのエネルギーは太陽エネルギーの間接的な利用であるから、賦存量自体太陽エネルギーの2桁～4

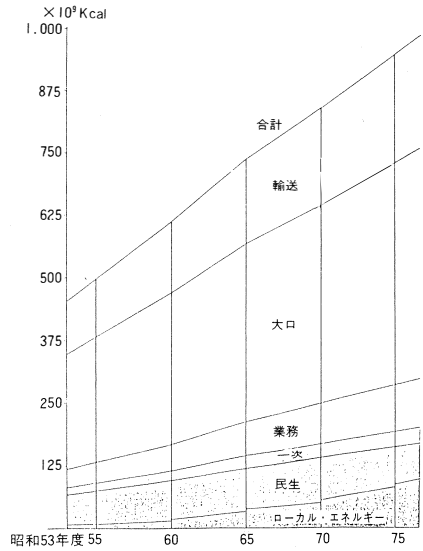


図. A市の需要とローカル・エネルギー供給量の推算

桁下であり、これも採算の成り立つような利用をするとなると地域が限定され、巨大化の方向となじまない。

このように見てくると、自然エネルギーを利用するには、集中化された巨大なシステムではなく、分散化された地域密着型の中・小型エネルギーシステムにならざるを得ない。このようなシステムをコミュニティエネルギーシステム (CES), あるいはローカルエネルギーシステム (LES) などと呼んでいる。CESは住宅戸数で数100戸～数1000戸程度、LESは1戸～数100戸程度の規模のものを想定しているが、前者は都市型、後者は農村型という分類も出来よう。

これまでエネルギー問題にかかわって来た人々は、とかく石油火力や原子力発電など、単機で100万KWも発電するような巨大なシステムの専門家が多かったから、スケールメリットによるコストダウンという発想から抜けきれないが、少くとも自然エネルギーの利用を推進すべきだと考える人は、頭を切り換えて、地域分散型の小型システムの併存を容認する必要がある。ここで、“併存”といったが、先述のように自然エネルギーで供給可能な量は、どんなに頑張ってみても、民生用及び一次産業用需要の4割程度ということであるから、ベースは巨大システムで支えていて貰わなければ困るのである。この点がエイモリ・ロビンスの「ソフト・エネルギー・パス」⁽³⁾の主張と大きく異なるところである。

3. 省エネルギーと地域分散型エネルギーシステム

「省エネルギー」という言葉は短期間にすっかり一般に定着したが、私ども技術の立場の人間から言わせれば、省エネルギーとは、庶民に我慢や節約を強いることではなく、あくまでも「エネルギーの利用効率の向上」ということに絞られる。後述のように、現在わが国では輸入した高価な一次エネルギー源のうち、実に半分以上を利用しきれずに、直接大気や海の中へ熱の形で捨ててしまっている。

この利用効率を例えば75%に引き上げることができれば、輸入エネルギー量が4に減ることになり、大きなことである。これを技術開発によって実現しなければならぬが、筆者はこの省エネルギー技術開発の、残された「唯一」の方法は地域分散型の中・小型トータルエネルギーシステムの導入であると考えている。

我が国は高価な代金を支払って、石油、石炭、LNG、核燃料などを輸入し、これをすべて「燃やして」しまい、高温の「熱」にしてから利用している。これらの燃料を完全燃焼させたときに得られる熱は2000℃前後の高温、高級な熱であるが、その熱量の約半分が「熱機関」のインプットとなり、動力に変換されて発電機や自動車を駆動し、「電気エネルギー」や「機械の仕事」を発生する。残りの半分が熱の形のまま、産業用及び民生用の「加熱」に用いられている。

熱力学の第1法則によれば、エネルギーは不滅であり、上記の流れで「化学エネルギー」や「核エネルギー」の形で保有されていた一次エネルギーが、「熱」に形を変え、更に「電気エネルギー」や「機械の仕事（力学的エネルギー）」に形を変えても、その総和は常に一定に保たれている。そして、人間にとって有用な仕事を終えたあと、環境中に廃棄されるエネルギーは、再び「熱」であるが、その総量は最初に作り出された量と等しいはずである。

自動車を例にとって考えよう。自動車はエンジンの出力によって、空気の抵抗に打ち勝ち、ベアリングの損失や地面との摩擦に打ち勝って、人や物のある地点から目的の地点へ運ぶエンジンにインプットされた熱のうち25%ほどが機械の仕事に変わり、75%は排気ガスと一緒に大気中へ、またエンジンの冷却水を介して大気中へと捨てられてしまう。自動車が信号待ちなどでアイドリングの状態にある間は、輸送の目的を果た

すことなく無駄にエンジンがまわっていることになるから、真の目的のために有効であった機械の仕事を分子にとった効率では日本の場合20%以下と見積もられている。エンジンで発生した機械の仕事は、空気、ベアリング、地面などとの摩擦によって発生する熱及び坂を上り下りする位置エネルギーの変化などとバランスしているはずである。摩擦で発生した熱は最終的に大気中に捨てられて、環境の温度と等しくなり、雲散霧消する。環境の温度まで下りきった熱は、墓場に到着した熱であって、もはや使いものにならない。このようにエネルギーは高温・高級な熱に始まり、常温の低级な熱となってその一生を終えるまで、熱力学の第2法則に基き、温度の高い方から低い方へ一方向に、不可逆的に流れ、自分では決して元に戻らない。最近よく「再生可能」なエネルギーという言葉を目にするが、エネルギーは「再生不能」なのである。

したがって熱は発生した2000℃の高温から常温まで下ってくる間に使いつくさなければならない。我が国の場合、熱の利用率は45%程度で、最初に生成した熱の半分以上は直接大気中へ、あるいは海洋中へ捨てられている。この利用率を高めることが省エネルギー技術の本質であろう。

最初に作り出される2000℃前後の高温の熱をそのまま利用しているのは内燃式ピストン機関だけである。ガスタービンは1200℃程度以下、蒸気タービンは650℃程度以下、一般産業界で熱として必要な温度は、鉄、セメントなどの特殊な部門を除き、大体500℃程度以下である。家庭用の暖房、風呂、ちゅう房用などにいたっては100℃以下で十分である。100℃の熱で間に合うところに2000℃の熱を投入するのはいかにももったいない。省エネルギーというと、すぐ「廃熱回収」という。300℃以下程度の低温で、使いにくい部分の熱の回収も大切だが、意外に見過されているのが「高温部の熱の回収」である。高温部の熱を「熱」として用いる用途は産業界でも限られているので、高温部の熱はまず「熱機関」に投入し、機械の仕事、すなわち動力に変換して回収するのが最も理にかなっている。燃料に火を点けたら必ず一旦動力に変換し発電あるいはポンプ、圧縮機などの駆動に使い、しかる後その排気を熱として加熱なり暖房、給湯などに用いればよい。例えば各家庭でも、都市ガスを燃やすなら、まずガスエンジンやガスタービンを駆動し、発電機、あるいは圧縮機をまわしてヒートポンプで暖房を行うと同時に、排ガスやエンジン冷却水で給湯を行う。

高温部は動力に、低温部は加熱にという熱エネルギー利用システムのことをCHP (Combined Heat and Power) システムというが、このようなシステムの普及を企むことが省エネルギー技術開発の、最も重要なポイントと筆者は考えている。

高温部の熱を回収して、動力に変換する熱機関は、ガスタービンでもガスエンジンでも、とにかく「高温」のガスで作動してくれなければ意味がない。逆に高温で作動してくれさえすれば、エンジン単体で「高効率」である必要はない。例えば「高温」ガスタービンの排熱で蒸気タービンを駆動し、更にその排熱を地域暖冷房や工場用プロセス蒸気などの「熱」として利用して、総合的なシステムとしての利用率が高効率であればよい。筆者らの試算⁽⁴⁾では、ガスタービンのタービン入口のガス温度が1500℃まで上げられると、130 MW 級のガスタービン-蒸気タービン複合サイクル発電システムに9000戸程の集中熱供給を組み込んだトータルエネルギーシステムの総合熱利用率は83%を上まわる。ガスタービンは「高温」でありさえすればよいので、単体として「高効率」である必要はないのである。

4. むすび

以上、自然エネルギーを有効に利用するためにも、省エネルギー技術を徹底させるためにも、中・小型の地域分散型エネルギーシステムを普及させることが必要であることを述べた。これら小規模、地域分散型のシステムは先述のように、あくまでも原子力や石炭火力などの巨大システムの補完であり、ベースの上のピーク対応として位置づけるべきだろう。特に太陽や風力のように時間や季節による変動の大きいものは、ベースがしっかりしていて初めて有効な利用が可能である。親亀の上に子亀が、その上に孫亀がのるように巨大システムの上にCESが、その上にLESがのって互いに有機的に特長を発揮し合うことが望ましい。

このようなシステムの普及をはかるためには、地方自治体を含めた関連省庁間及び電気・ガス・熱などエネルギー関連事業者間の緊密な協調が必要である。

現状では、エネルギー・システムに直接関係する通産省をはじめ、ゴミは厚生省、住宅・団地は建設省や国土庁、温水の農業利用を考えると農林水産省、事業主体に関しては地方自治体や自治省、事業法の整備は法務省、総括的な予算は大蔵省といった具合に、各省庁が複雑に入り組んでいる上に、エネルギー関連事業者がタテワリであり、その間の緊密な協調関係がこの

ようなシステムの普及の死命を制する。

いずれにもせよ、これらのシステムは我が国では、いまだに実証されたものがない。国の主導でいくつかの実証システムを早期に建設し、その省エネルギー性、経済性等を検討する必要がある。大方の識者のご理解とご支援が得られれば、筆者の喜びこれに過ぐるものはない。

〔文献〕

- (1)通産省・資源エネルギー庁：「峡北モデル定住圏におけるローカルエネルギーの有効利用促進に関する調査報告書」(1980)。
- (2)(財)エネルギー総合工学研究所：「ローカル・エネルギー・システム」IAE-C7905(1979)。
- (3)エイモリ・ロビンス：「ソフト・エネルギー・パス」(室田・榎屋訳)(1979)時事通信社。
- (4)(財)省エネルギーセンター：「コミュニティ・エネルギー・システム研究会報告書」第1報(1977)～第4報(1980)。

