

環境負荷から見た 「住」のエネルギー

written by Keisuke Hama 濱 恵介

はじめに

日ごろの生活で何気なく使っている「エネルギー」が、人類社会の未来を左右するほど重要な意味を持ち始めています。それは地球温暖化、資源枯渇、環境汚染など環境問題の深刻化と、利便性や快適性への抑えがたい要求とに直接関係するものだからである。

生活が豊かになるにつれ家庭用のエネルギー消費は年々増加し、熱量で表した世帯当たりの消費量は、一九六五年に比べて二倍以上になっている^(※1)。

エネルギー源も変化してきた。

石炭及び炭や薪がほとんど姿を消し、電力、ガス、石油などが主流となった。量的な拡大とともに使いやすく公害が少ない燃料に、同時に再生不能なエネルギーへのシフトが進んだともいえる。その一方で近年は、太陽エネルギー、風力、バイオマス^(※2)など再生可能エネルギー（いわゆる自然エネルギー）に、新たな可能性が見えはじめています。地球温暖化を止めるためには、地球全体で温室効果ガスの排出を半減させる必要があるといわれる^(※3)。日・欧の先進国では、既に平均の二倍を排出しているから、世界が平等に負担するとすれば、排出を四分の一にしな

ければならない。得られる効用に對する環境への負荷（悪影響）を四分の一にする、つまり「環境効率」を四倍にする「ファクター(Factor) 4」が求められている。数年来の不景気にもかかわらず、家庭用エネルギー消費の増加が止まったという兆候はまだ見られない。地球環境問題が深刻化する今、環境負荷から見た住宅と生活におけるエネルギーの望ましい姿について論じてみる。

暮らしの エネルギー変遷

時代を問わず、エネルギーを

消費することで、人類はさまざまな便益を得てきた。遠い先祖たちがその恩恵にあずかったのは、調理と暖房、それに照明であろう。竪穴式住居の中央ないし一角にあった炉で焚木が燃えられる。そこは食べ物を煮炊きする場であり、火は暖かさや明かりとしても機能した。今日のように用途の違いを意識せず、「エネルギー」という概念もなく、「火」の力をさまざまな効用として利用したのだろうか。そこに「神」の存在を見出したのも自然な成り行きである。

時代は下って、調理には薪、暖房（採暖）には炭、明かりには油や蠟と目的に応じて燃料が選ばれた。いずれも自然の恵みを上手に使いつつ、永續性のあるエネルギー・需給バランスを保っていた。そして西洋文明による近代化の一環として都市ガスが、次いで電力が家庭に登場する。電力の源は主として水力と石炭であったが、戦後の高度経済成長にともない石油が主流となり、さらに原子力、天然ガスが匹敵する位置を占めるようになった。

この流れは、エネルギー消費の急速な拡大であり、「持続困難」

への道でもあった。量的な拡大は、資源の大量消費及び豊かな物質文明と並行するものであり、持続困難とは、エネルギー資源の枯渇と大気の質的劣化、そして処理不能な汚染物質の蓄積などに代表される。

この延長線上には、明るい未来を期待できるはずがない。持続可能で、文化的な都市生活を維持するためのエネルギーとの付き合い方に、新たな考えと方法を生み出さなければならない。

環境負荷と エネルギーの選択

ここで本質に立ち返って、エネルギーとはそもそも何なのかを考えてみよう。そこから解決への糸口や生活者が判断する材料を得たい。

「エネルギー保存の法則」によれば、運動、位置、熱などのエネルギーは、どのような変化があったとしてもその総量は変わらない。物理学からいえば、エネルギーは消費されても減ることとはない。なくなるのは、実際に仕事をする力「エクセルギー」

である。エネルギーが何らかの作用をして、高質なものから低質なものに、質的な変換をするといつてもよい。

エクセルギーを理解できれば、賢いエネルギーの選択ができるはずだ。つまり、(1) エネルギーには品質があること、(2) その陰には無駄になった(価値のなくなった) エネルギーがあること、(3) として消費によって負の価値が残され得ること、などが見えてくるだろう。

消費者の判断に最も身近なのが、利便性や経済性による選択である。しかし、使いやすさとお金だけでは方向を誤りかねないのが「環境」である。消費者は、エネルギー消費によって、どのような環境負荷を生んでいるのかを理解する必要がある。

エネルギー消費量を金額で判断することは分かりやすい方法だが、必ずしも環境負荷を反映しない。大口の需要家へは安い単価で供給されるなど、電力でもガスでも、供給の条件によって単価に差があるからだ。例えば深夜電力に代表される時間帯料金では、コストが格安になっても省エネルギーになっている

わけではない。発電施設の有効利用になるとはいえ、むしろ単価の安さが省エネルギーに対する感度を鈍らせる恐れがある。

エネルギー選択の根拠になる環境負荷の評価には、いろいろな筋道が考えられる。まず一次エネルギーで考えることが基本となる。電力は他のエネルギー源から作られた二次エネルギーだから、他のエネルギーと同じレベルで比較する時に必要なプロセスだ。

発電所では、投入される一次エネルギーの四〇パーセント程度が電力となり、残りは廃熱として捨てられる。また送配電、変電の過程で数パーセントが失われる。その結果、住宅に届いた時点での熱効率率は、三七〜三八パーセント程度になる。他のエネルギーと比較する時は、この係数を加味する必要がある。

しかし電力は、エクセルギーが最も高いエネルギーであり、何の用途にも変換できる強みを持つ。ヒートポンプで大気や水の熱を利用し、投入エネルギー以上の熱量を得ることもできる。それゆえ電力を直接熱に変えるのはもったいない使い方である。発電における廃熱を有効に回

取し、熱と電力の両方を得るのがコージェネレーション(熱電併給)である。熱の需要がある場所での運転から、輸送のロスも減り、エネルギーの有効利用が実現できる。

次にエネルギー源を見ることが重要である。電力はさまざまな一次エネルギー源から作られた、いわば「ブレンド」である。代表的な例は、水力、火力(天然ガス、石油、石炭)及び原子力である。従って、電力を化石燃料など他のエネルギー源と比較するには、発電方式に応じて環境負荷を評価しなければならない。

その代表的な方法として、ある効用(サービス)に対する二酸化炭素の排出量の比較が広く用いられる。しかし、それだけでは不完全だ。原子力発電は二酸化炭素の排出の少なさで優等生になるが、放射性廃棄物の環境評価がなされなければ客観比較にならない。隠れたリスクを含め、エネルギー利用の望ましい優先順位は以下の①↓②↓③だと私は考えている(カッコ内は主な用途)。

①再生可能エネルギー源(暖房、給湯、各種の発電)

②化石燃料（暖房、給湯、調理、火力発電）

③核燃料（原子力発電）

汚染が少なく、尽きることはない①が、環境にとってまた超長期的な供給にとつて最も望ましいエネルギー源であることに異論はないだろう。しかし、それだけでは現在のエネルギー需要をまかなえず、不足分は②以降に頼らざるを得ないのが現実だ。化石燃料は、太古の生物が地中に埋もれ、気の遠くなるような時間をかけてできた燃料である。燃焼によって現代の大気と無縁の炭素が二酸化炭素の形で大気中に放出され、温暖化を進めている。さらに硫黄酸化物、窒素酸化物などの有害物質を排出するため、化石燃料の消費抑制が求められている。

化石燃料相互の比較では、まず単位熱量当たりの温室効果ガス（二酸化炭素）排出量が優劣が決まり、有害物質の少なさも考慮される。従って環境負荷が小さい順に並べれば、都市ガス（主成分メタン）、LPG（プロパン）、石油、石炭となる。化石燃料が核燃料よりまだしもよいと考える最大の理由は、原子

力発電の方が一の事故リスクと、無害化できない放射性廃棄物である。いかに安全対策をとつても、重大事故が絶対起きないと保障されるわけではない。人為的、自然的災害も潜在的リスクである。

核分裂によって、発癌性など放射能毒性を持つさまざまな物質が生まれる。中でもプルトニウムは、核兵器にも利用され得る元素で、半減期は二万年以上と超長期だ。それ以上の期間にわたって生き物と隔離できる方法は事実上ない。現在、原子力発電の恩恵を得ている世代と、残された放射性廃棄物と永久に向き合わなければならぬ世代が別というのも、耐え難い不公平だ。

どのようなエネルギー源を選択するにせよ、より少ない資源消費で正常に機能する社会を作っていくことが、未来を確実なものにする基本であることに間違いはない。



【図1】再生エコハウスの環境省エネ対策

再生可能エネルギーの実力

現在、エネルギー全体から見ればとるに足りないシェアに甘んじている「再生可能エネルギー」は、住宅一戸のレベルで考えると、意外に大きな力を持つ

ている。入居以来三年を経過した「再生エコハウス」(※)の実績を紹介しながら、その効用を検証する。図1に設置した省エネルギー関連の装置を示す。

●●●太陽光発電●●●

太陽光発電の仕組みは、多数の太陽電池をパネル化したモジュールを屋根に設置し、太陽エネルギーで発生した直流の電気をパワーコンディショナーで交流に直して通常の電力と同じように使う。余った分は逆流流して電力会社へ売り、発電しない時や不足する分は買う。設備容量はやや小ぶりです約二・七キロワットである。

二〇〇一年一月から二〇〇二年一二月の実績を月平均すると、発電量は二四一キロワット/時、売電量が一七六キロワット/時、買電量一三二キロワット/時であった。それに対し、使用量は一九七キロワット/時で、発電量の約八二パーセントに収まったことになる。

このことは、自宅の屋根に二〇平方メートル程度の太陽光発電モジュールを置ければ、家庭の電力が自給できることを示している。機材の製造にはエネルギー

ギーが必要だが、運転には燃料を必要とせず、温室効果ガスの排出は、在来型の発電を抑制した分マイナスとなる。投資コストの回収には二五年以上かかるものの、環境負荷の低減には有効な手段といえるだろう。

図2は、この期間の需給実績を表す。差し引き購入量がマイナスになっているのは、発電が消費を上回ったことを示す。

●●● 太陽熱給湯 ●●●

太陽熱で給湯することは、再生可能エネルギーを利用する最も有効な方法の一つである。貯湯槽を兼ねた真空管式の温水器を屋根に載せ、十分熱くなれば直接利用し、温度が不足の場合はガス給湯機で加熱する。一年間の利用状況を図3に示す。

貯湯容量は一六〇リットルと小さいが、太陽が給湯熱量の五八パーセントをまかない、残りの四二パーセントをガスが補った。我が家の給湯負荷が、平均水準の約七割なので、環境負荷は通常の三割程度に抑えられたことになる。

●●● 薪ストーブ ●●●

薪は最も古くから利用されてきたバイオマス燃料である。樹

木が太陽エネルギーで大気中の炭素などを固定化したものなので、燃焼によって出る二酸化炭素は、温室効果ガスと見做されない。灰は畑や植え込みに撒いて土に戻す。ひと冬で約三五〇キログラムを燃し、暖房熱量の約三分の一をまかなう。

●●● 光熱費と環境負荷 ●●●

もとより、全てのニーズを再生エネルギーでまかなえるわけではない。エネルギー全体を見るため、二〇〇二年の消費量及び費用を図4に示す。薪はタダで入手しているのでコストに入っていない。

一年間の光熱費が、約五万二〇〇〇円(月平均で四二五〇円)とかなり安い。当然、設備などの初期コストがあるが、環境に良いことを進めるには、原価回収にこだわり過ぎない方がよい。以上を、温室効果ガスとしての炭素排出量に置き換えてみると炭素二四七kgと算出され、この住宅のある奈良市の平均水準に比べ三割以下となっている。もう少し建物の断熱性を増すことで、さらにエネルギー消費を減らせる。なお、再生可能エネルギーの寄与割合は半分以上である。

●●● 有効な利用方法 ●●●

再生可能エネルギーは、供給が一定していないことが弱点といわれる。太陽光発電は日中しか発電しないし、風力は風の強さで変動するからである。しかしバイオマスは、貯蔵可能であり、それぞれの特徴を生かしつつ拡大させることが望まれる。

現実的な方法は、再生可能エネルギーが役立つ部分は優先的にそれを使い、足りないところを都市ガスで、それらの及ばないところを電力でカバーすることである。

再生可能エネルギーの生産が十分大きくなれば、水素などの無害な方法で貯蔵し、いつでも燃料電池で電力と熱を利用できるようになるだろう。

省エネルギーを
目指した住まい

さて、以上の考察を背景に、エネルギー利用から見た理想の住まいづくりをイメージする。

暖冷房に要するエネルギーを小さくするには、建築的な工夫が第一だ。主な窓を南に向け、冬に太陽熱を取り入れるとともに、

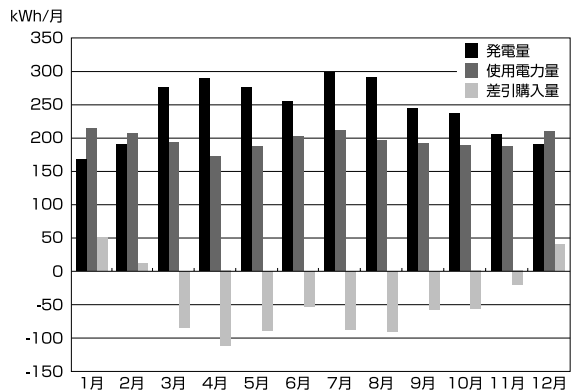
外壁や窓を高断熱にして熱の流出を減らす。夏の対策としては、日差しを遮る庇や建物まわりの緑化などが有効だ。

次に、エネルギーを獲得するため設備を導入する。再生可能エネルギー利用として、太陽光発電、太陽熱給湯がある。コージェネレーションによる廃熱利用や、ヒートポンプもエネルギーを高効率で転換する設備として有益だ。

エネルギーを消費する器具も高効率な機種を選ぶ。トップランナー方式^(※5)による家電製品の省エネルギー化には、近年著しいものがある。建築の高断熱化で小さくした暖冷房負荷を高性能の機器によって補う。建築と設備がマッチするところに本当の省エネルギー住宅が実現する。

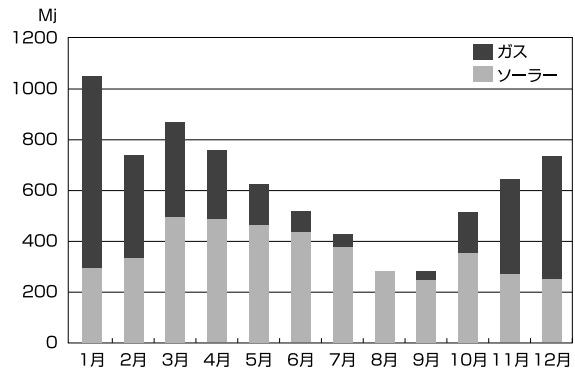
そして、住まい手の生活態度が省エネルギーの決め手となる。家族が共有の目標として省エネルギーを語り合うことが望ましい。太陽エネルギーなどを自ら獲得することで、住まい手はエネルギーの消費者であると同時に生産者になる。個人的な実感だが、それに誘発された意識の変化は大きい。

住宅におけるエネルギー源は、セキュリティの面からも単純化しない方が賢明であろう。いろいろなエネルギー源を持つていれば、一部にトラブルが起きても、他のエネルギー源で代用することができると。阪神・淡路大震災の経験からも、電力・都市ガスなどのライフラインに『絶対』はない。住宅でのエネルギー多様化は比較的容易である。電力・都市ガスの供給を受け、太陽利用に代表される自前のエネルギー源を持つとともに、灯油、炭、ガスカートリッジなど、ある程度のエネルギー備蓄も有意義である。



【図2】太陽光発電の需給実績 (2001~02年平均)

さらに、省エネルギーに加え、建設資源の有効利用、健康・快適性、自然環境との親和などを同時に目指したい。それらを包括した「環境共生住宅」は、理想に近い住宅像といえよう。



【図3】太陽熱給湯の利用実績 (2002年)

おわりに

地球環境を守り希望ある未来を持つためには、資源・エネルギーの消費を抑制していく必要がある。住宅で使われるエネルギーには、それぞれ固有の品質があるから、目的に応じて使い分けるのがよい。エネルギー消費によって生じる環境負荷もさまざまである。将来への環境リスクを減らすため、同時に持続可能な社会の実現のため、環境負荷の小さいエネルギー源の拡大を真剣に考えなければならぬ。再生可能エネルギーの利用は投資回収が長く、経済性に劣ると見做されるが、環境負荷がコストに加算されれば全く違った視野が開ける可能性がある。これらの本質を理解した上で、住宅や暮らし方を変えていかなければならない。

エネルギー種別	量	金額	
買電(支出)	1524kWh	29382円	2449円/月
売電(収入)	2136kWh	53455円	4455円/月
都市ガス	478m³	72640円	6053円/月
灯油	53ℓ	2448円	204円/月
薪	344kg	—	—
合計	—	51015円	4251円/月

【図4】1年間のエネルギー収支と光熱費 (量は2002/1/1~12/31、金額は検針等による支払額)

- 住宅は、最も生活に密着した建物である。建築や設備、住まい手、そして営まれる生活が望ましい形に調和して本当により住まいとなる。
- 高断熱で冬暖かく夏涼しい建築
- 再生可能エネルギーを獲得する装置
- 高効率なエネルギー転換設備と消費器具
- エネルギー節約型の生活スタイル

- （1）住環境計画研究所 一九九九
- （2）現代の生物が作ったエネルギー資源
- （3）気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第二次報告書
- （4）筆者が自宅用に購入した一九七二年建築の鉄筋コンクリート造戸建て住宅で、約四年前に省エネルギー・省資源など環境に配慮して改修再生したもの。季刊誌「CEL」五四、五五、五六、六二号参照
- （5）冷蔵庫、エアコン、テレビなど品目毎に最効率機種(トップランナー)の性能を、一定期間後のメーカー全製品の平均値とすることを義務づける省エネルギー政策