

あり余る 太陽熱で 湯を沸かす

濱 恵介

Written by Keisuke Hama

何の前提もなく「エネルギー」と聞けば、読者はまず何を思い浮かべられるだろう。おそらく身近な生活で消費される電気、ガス、灯油、また車に使うガソリンなどではないか。本誌の特集、多様なエネルギーで豊かな暮らしの対象はそれらを含むが、それで全てではない。

窓の外に見える景色や、そこから差し込む日の光のことなどはあまりにも当然で、エネルギー問題との関連が思い浮かびにくいかもしれない。しかし、これらは太陽エネルギーが関わる現象である。生命の源であり自然界にあり余る太陽エネルギーを差し置いて、狭義の「エネルギー」を論じるのは片手落ちだろう。ここで報告するのは、太陽の熱を給湯・

太陽熱温水器の 実測評価と活用提案

〔設 備 概 要〕

計測の対象とした設備の概要は以下のとおりである。

所 在 地：奈良市学園朝日町(再生エコハウス=筆者自宅)

居住人数：3名、2004年4月より2名

住 宅：RC造一戸建(1972年新築、1999年改修)

温 水 器：日本電気硝子(NEG)社「サンファミリー」UK-20(貯湯槽を兼ねる汲み置き式真空管温水器、容量160ℓ、設置角度：水平に対し約27°、南南東向、温水器内の水温は室内モニターで確認可能)

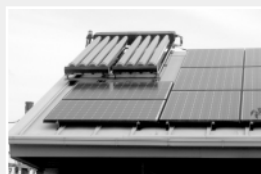


図1 太陽熱温水器
(上部のパイプ状のもの)

熱 源 機：都市ガス給湯暖房熱源機(大阪ガス、エクスプリオールオート135-6006、以下単に熱源機という)

ミキシング装置：NEGの配管ユニット(圧力調整を兼ねる)

熱 量 計：愛知時計電機、EHSB013P(M1、M3～M7)およびEHDPYH20P/EC28(M2)

回 路 等：給湯回路は温水器直結で供給するものと熱源機で加熱するものの2つある。温水器の湯温を室内モニターで判断し手動三方弁で切り替える。水は水道水圧で貯湯槽を兼ねた温水器に入り、太陽熱で昇温される。60℃を超える場合は配管ユニットで水を混ぜて60℃に調整される(次ページ図2参照)

給湯箇所：台所流し、食器洗浄機、浴室、洗面、洗濯機

風呂沸かしに利用する方法の定量的評価についての研究成果と願望を込めた将来展望である。

研究の背景と目的

住まいにおける太陽エネルギーの利用のひとつとして、温水器による湯の獲得という熱利用が比較的古くから実践されてきた。個人的な体験では、軟らかいプラスチックでできた扁平な袋のような温水器が自宅にあった。大きさは畳1枚ほど。一九五〇年代末のこと、井戸水を使った自家用水道の高置水槽の上に載っていた。朝、ゴムホースで水道から注水し膨らませ、定量に溜まると水が

溢れ出すので、そこで止める。夕方に暖まった水(湯)を同じホースで浴槽に落として燃料の薪を節約するものだ。極めて初歩的なもので、断熱もないから冬には使い物にならなかったかもしれないが、結構役に立っていた印象が残っている。

近年、太陽光発電による太陽エネルギーの電気利用の進展は著しいが、太陽熱温水器の新設数は撤去数を下回り、普及率で見た設備ストックは顕著な減少傾向(一)にある。

地球温暖化防止への有力な手段として再生可能エネルギーの利用拡大が叫ばれ、太陽エネルギーの給湯利用もその一部をなす。しかし、政策的な支援も乏しく発展性が見られない。その原因の

表1 熱量計の記号及び役割

- M1**：太陽熱温水器からカラン(水栓)への直結回路の熱量
M2：熱源機を経由する太陽熱による湯の熱量
M3：熱源機を経由し給湯カランへ流れる湯の熱量
M4：自動湯張り・追い焚きの熱量(往き)
M5：追い焚きの戻り熱量(M1～M5の基準水温は、熱源機へ入る水道水)
M6、M7：暖房回路(往き・戻り)の熱量差、給湯回路からは独立し、ガス消費量を按分するため計量)

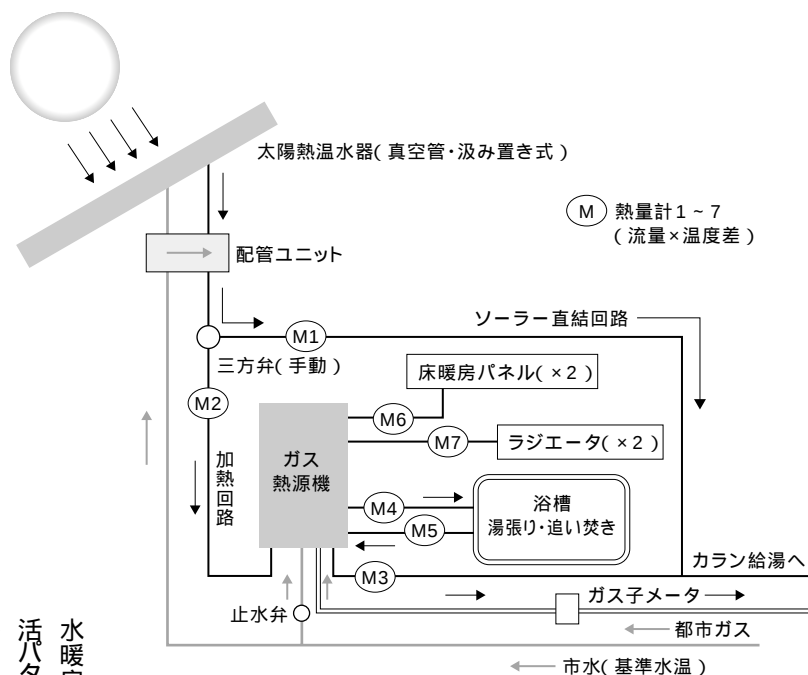


図2 太陽熱利用給湯システム概念図

ひとつに、実生活における正確な省エネルギー評価がなされていないこと、したがって投資に対する経済的な見返りも曖昧なことが考えられる。

そこで、実生活での給湯用途において利用し得る太陽エネルギーを、五年間にわたり筆者の自宅、再生エコハウス^①で実測したデータにもとづき評価し、今後の太陽熱利用の進展に役立てることを研究の目的とした。

計測対象は、給湯用総熱量(カラン給湯および浴槽自動湯張り・追い焚き)のうち、太陽の寄与分と 都市ガスの寄与分、水暖房用熱量、ガス消費量である。あわせて、生活ハターンと給湯負荷との関連を考察するため、浴槽に湯張りする入浴回数、居住人数等を記録した。

測定の内容・方法

(1) 測定の期間

温水器を設置したのは、住宅改修と同じ一九九九年一月である。測定開始は二〇〇一年四月で、〇六年三月までの五年分を評価の対象とした。

(2) 測定装置および計量データ

図、表および本文中のM1～M7熱量計の番号で、文中ではその表示値(メガジュール…以下Mj)

を示す。これら熱量計およびガス子メーターを図2のとおり設置し、月末日の就寝前に目視で表示値を読み取り、前月値との差を得る。これによって太陽熱およびガスエネルギーの寄与熱量、その他を算出する。毎月の太陽およびガス燃焼による給湯熱量算定は以下による。

太陽熱による給湯熱量… M1の前月末値との差 + M2の前月末との差

都市ガスによる給湯熱量… M3 - M2 + M4 - M5 (いずれもメーター表示値と前月末値との差)
 ガス消費量は温水暖房用を含むため、給湯に要した分は、熱源機が消費した総量から暖房用を差し引いて算出する。熱効率は給湯と暖房で同じと見なす。

測定結果と考察

(1) 五年間の利用熱量

二〇〇一年度から二〇〇五年度にわたる五年間に給湯目的に利用した太陽熱量および都市ガスによって加熱した給湯用熱量は表2のとおりである。毎年の給湯熱量をグラフ化したものを図3に示す。太陽熱の利用量は、概ね四〇〇〇ないし四五〇〇Mjであった。初期の利用状況に比べ、年を追うごとにガス加熱分が減り、太陽熱の利用比率が高まっている。太陽熱の寄与率を見ると、初年度は機器の接続関係に不具合もあって五〇%強にとどまったが、最終年度には七五%に達した。その主な理由は三つある。

熱源機の交換…二〇〇二年七月、熱源機をミニシング機能内蔵の新機種に交換した。集合住

表2 太陽及び都市ガスの給湯熱への寄与量(年度・単位Mj)

	2001		2002		2003		2004		2005	
	太陽	ガス	太陽	ガス	太陽	ガス	太陽	ガス	太陽	ガス
4月	433	458	498	276	439	221	498	53	554	68
5月	429	220	460	153	524	128	393	84	551	65
6月	335	106	429	85	399	97	364	30	393	15
7月	357	3	344	28	308	21	295	0	187	8
8月	277	40	284	0	340	6	347	0	206	0
9月	394	196	261	25	319	16	221	5	289	2
10月	386	377	348	168	392	171	346	117	300	55
11月	340	575	278	361	258	298	325	153	370	107
12月	297	708	264	472	284	303	289	267	335	345
1月	300	746	288	509	342	350	270	374	312	344
2月	337	417	323	333	341	148	285	243	256	150
3月	501	360	433	282	535	201	404	163	473	251
合計	4386	4206	4210	2692	4481	1960	4037	1489	4226	1410
	8592		6902		6441		5526		5630	
比率	51.0%	49.0%	61.0%	39.0%	69.6%	30.4%	73.1%	26.9%	75.0%	25.0%

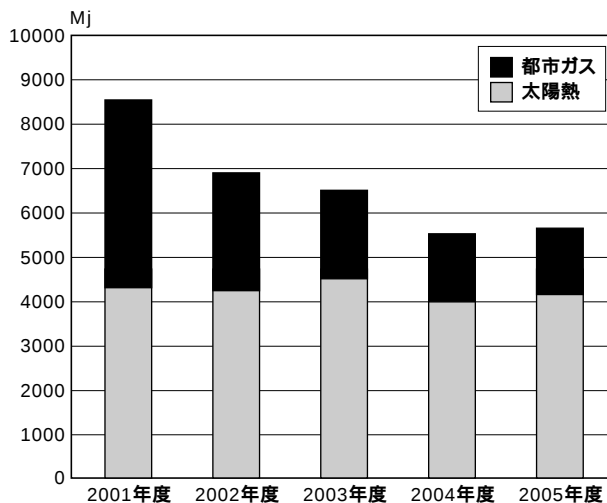


図3 給湯熱量及び内訳の経年変化

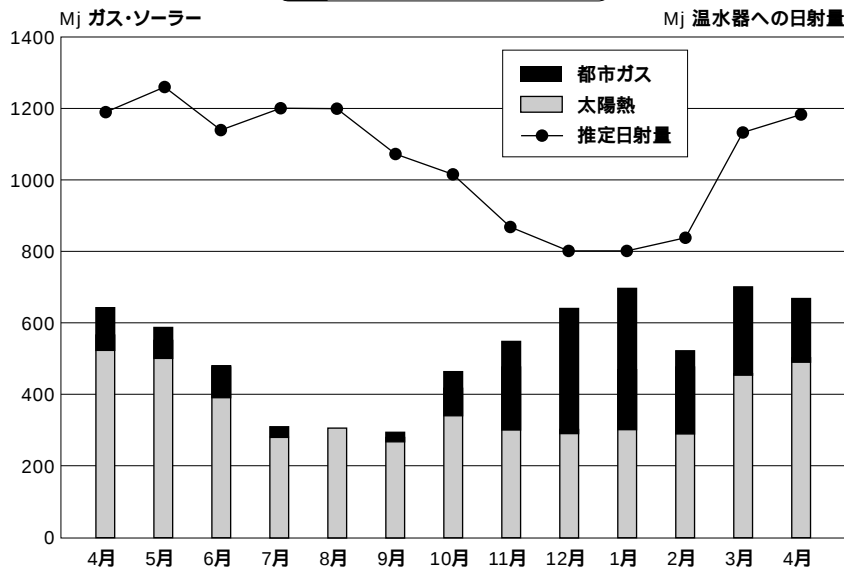


図4 2002～2005年度、月別平均給湯熱量

住宅コージェネレーション(熱電併給)用を開発されたもので、一次水に湯が入ったとき合理的に対応するロジックを備え、太陽熱をより有効に利用できる。

給湯配管類の断熱強化…二〇〇二年一月、熱源機のヘッダー周り、熱量計、配管ユニット等に断熱材を付加することによって、熱ロスを減らした。

居住人数の減少…三人だった家族が二〇〇四

年度以降一人になった。給湯需要が減少した結果、優先的に利用する太陽熱の比率が高まった。

(2)一年間の利用の状況

順調な太陽熱利用が可能になった二年目から五年目に至る四年間の給湯熱量平均値を図4に示す。

冬期に給湯需要が大きいののは、気温・水温が低いので当然だが、夏期の需要が半減するのは水

温の上昇に加えて浴槽に湯を張らずシャワーだけで済ませることが多いからと見られる。夏期は太陽熱による湯が余ることが多く、ほとんど全ての熱量を太陽が供給する。冬期でも四割程度は太陽熱が貢献している。

二月分の給湯熱量が目立って少ないのは、一ヶ月の日数が二三日少ないのに加えて、五年のうち二回は、旅行等で不在、または居住人数が少ない期間があったためと見られる。

太陽熱利用と生活スタイル

給湯目的に太陽熱を効率的に利用しようとする場合、通常のシステムと比べ、使い方の工夫が必要である。まず、太陽熱利用を最大化するには、できる限り熱源機を通さない「直結回路」で使うことが効果的である。台所での食器の手洗いなど低目の湯温で支障なければ、加熱せずそのまま利用している。

熱源機経由で生じるエネルギーロス¹は、一次水温が設定温度より高く、着火しない場合に熱源機内の放熱で生じる。また、一次水が設定温度以下であつても、その差が一〇 以内の場合に水を混ぜ、設定温度マイナス一〇 に落としてから設定温度まで昇温させるので有効利用が損なわれる。

次に、太陽熱の有効利用には温水利用と生活スタイルの調和が必要である。具体的には、なるべく温水器の湯温が下がる前に入浴するように自然のリズムに生活時間を合わせることである。さらに温水器の湯温があまり高くなつた日は、浴槽に湯張りをせずシャワーだけで済ませることもある。天候に合わせて生活パターンを変えることは一般的でないかもしれないが、自然環境と調和して生きることが、このような視点や行為が含まれて当然である²。

環境負荷削減効果

太陽熱の寄与率は五年間の平均で約六五%、最高は七五%となつた。環境負荷削減効果を都市ガスの消費熱量(Mj)および二酸化炭素排出量

(kg-CO₂)の差で推定する。評価の対象は、安定した運転となつた二〇一〇年度以降の四年間の平均値とする。

前提となる数値は、太陽熱寄与量およびガス加熱量の数値を表2から読み取り、近畿の平均給湯エネルギー消費量を一六三・五Mj/年・世帯³、近畿の給湯による二酸化炭素排出量を二五五kg-C/年・世帯³、都市ガスの二酸化炭素排出量原単位⁴：〇・〇五〇九kg-CO₂/Mj⁴を採用し評価する。

(1)太陽熱獲得量を都市ガスに置き換えた比較
太陽熱獲得熱量は合計で二六九五四Mjであつた。熱源機単体の熱効率⁵は本来八〇%程度であるが、システムの効率を七〇%と想定して都市ガスの節約量を推定すると、一六九五四/〇・七二二四二〇(Mj/六〇五五Mj/年)。これを近畿圏の平均給湯エネルギー消費量一六三・五Mj/年と比較すると、六〇五五/一六三・五〇・二五九六・一七・一%に相当し、四割近くが削減されたことになる。

これらを二酸化炭素排出量に換算すると、一六九五四×〇・〇五〇九kg-CO₂＝一三三三kg-CO₂/四年、一年当たり三三〇八kgの二酸化炭素排出が抑制されたことになる。近畿の一般的な家庭の排出量⁵：二五五kg-C＝九二五kg-CO₂の三三・九%に相当する。熱量と二酸化炭素による評価による差は、統計年の違いおよび給湯用エネルギー源の構成にあると見られる。なお、節約された都市ガスの推定量は一六九五四/〇・七/四五・五三・八(立方メートル)で、年平均約一三五立方メートルである。

(2)平均的な給湯用ガス消費量に対する実消費量の比較

実際に消費されたガスの量を、上記と同様、近畿の平均的給湯エネルギー消費量を一六三・五Mj/年と比較する。再生エコハウスでガスが加熱した給湯熱量は四年間で七五五・一Mj、本加熱システムの実熱効率六〇%で割り戻せば、ガス消費量は年平均で七五五・一/四/〇・六二二六九六・八(Mj/六〇立方メートルに相当)である。したがって、給湯用のエネルギー消費量は二六九六・八/一六三・五〇・一六五で、一六・五%に削減されたことになる。

二酸化炭素排出量に換算すれば、二六九六・八×〇・〇五〇九＝一三七kg-CO₂であり、近畿平均に対し一四・七%となる。

なお、近畿の世帯規模は一・五一人⁶であるが、当該住宅は平均して二・五人だつたので、一人当たり⁷に直してもほぼ同じである。少ない湯の使い方と太陽熱活用⁸の相乗効果で、給湯における環境負荷(消費熱量および二酸化炭素排出量)が六分の一程度に削減されたことになり、省エネ型のライフスタイルにおける太陽エネルギーの活用が非常に有効であることを実証している。

(3)ライフスタイルとの関係

太陽熱獲得量(節約量)とガス消費量による検討結果の差は、再生エコハウスにおけるライフスタイルが一般的なものと違つことによる。つまり、この住宅では、一般的水準に比べ給湯熱量がかなり少ない。夏はシャワーのみで済みますので、浴槽に湯を張る形式の入浴回数は年間に二五七回、一七

五回。毎日入浴するパターンとは大きくかけ離れている。これを単純に「生活水準の低下・節約・我慢」などと判断するのは短絡的で、住まい手はこのような湯の使い方を含め生活に満足している。消費量を減らしても住まいの満足度が維持されることは、環境負荷低減への不可欠な要素である。

経済性等の評価

(1) 投資回収期間の検討

このケースでは、太陽熱温水設備(熱源機を除く)に投資した金額は約五〇万円であった。都市ガス料金の従量部分の平均的単価一三五円/立方メートルを採用し、一年間の太陽熱獲得量を節約されたであろう都市ガス消費量および料金に換算すると、六〇五五Mj/四五×一三五円＝一八二二五円となり二万円に達しない。この金額を年あたりの投資回収額と見なして投資額五〇万円を割れば約二七年。金利等を考慮しない単純な投資回収期間でも三〇年近い長期となった。

より多く湯を使う生活をすれば、この年数は短縮される方向にある。しかしそれは都市ガスと水の消費量を増やし、環境負荷低減の目的には反するから、良い考えとは言えない。

他の再生可能エネルギーと同様に太陽熱利用の今後の展開・普及にも、経済合理性が不可欠であり、耐久性を備え高効率であることはもちろん安価なシステムの実現が望まれる。

(2) メーカーカタログ値との乖離

温水器メーカー(日本電気硝子株式会社)の力

カタログによれば、今回実測した真空管式温水器の予想獲得熱量は二七〇四Mj/平方メートル・年となっていた。実際の生活における獲得実績は五年間平均四二六八Mj/年で、この集熱器の面積は約三・三平方メートルだから一平方メートル当たり一二九三Mjとなり、実際の能力はカタログ値の二分の一以下にとどまっている。カタログ値は、最も有効に熱を取り出し利用できた仮想の状態を前提としたものであるから、これを前提に熱収支や投資効果の試算をすることは危険である。十分注意しなければならない。

ハイブリッド給湯システムの提案

最も太陽熱の比率が高まった二〇〇五年度の値をもとに温水器+熱源機をひとつのシステムと見なし、熱効率を試算する。利用給湯熱量(分子)を投入熱量(分母)で割ったものが熱効率である。都市ガス燃焼および太陽熱による獲得熱量はそれぞれ一四一〇Mj、四二六六Mj(合計五六七六Mj)で、前者を推定熱効率六〇%でガス消費熱量に換算すると三三三〇Mjとなり、合計六六六六Mjとなる。分母となる投入熱量はガスの三三三〇Mjのみであるから、ガス消費熱量を一〇〇とすれば、温水としての利用熱量は、四〇に相当し、熱効率一四〇%の給湯システムと見なせる。

これを近年普及が著しい自然冷媒ヒートポンプ(商品名「エコキュート」)の性能と比較する。電気は一次エネルギー(発電電口入を含め消費量の二・五倍)に置き換え、投入熱量を一〇〇とする。公称COP三・〇がそのとおりの性能を発揮したと

して利用できる熱量は二二〇である。したがってここに提案する「ハイブリッド給湯システム」は自然冷媒ヒートポンプによる給湯システムの二倍の性能を持つことになる。

この関係を模式的に表現したものが図5である。

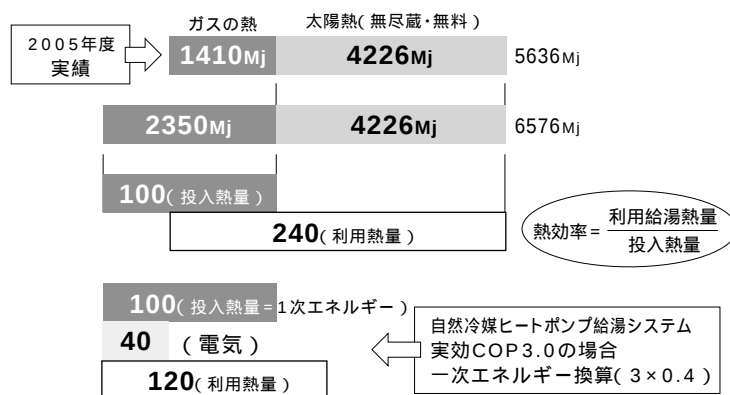


図5 太陽熱併用のガス給湯システムの熱効率比較

今後の展望と課題

(1) 付随的な省エネ策

今回の計測・評価を通じて給湯システムの実質の熱効率が気になった。潜熱回収型ではない在来

型の機器であるから単体の定格熱効率率は八〇%程度である。間歇運転による熱源機内部の放熱ロス、ヘッダー等配管からのロスなどがあっても、システムとしての熱効率七〇%程度は期待していた。しかし、結果的には予想に反して六〇%前後であった。その理由としては前記に加えて以下のことと考えられる。

浴槽湯張りなど長時間大量給湯(定格運転)の状況が少ない。

一次水の温度が比較的高く、必然的に熱効率が低下する。

湯が通過するだけの(点火しない)運転モードもあり、この場合は熱源機が単なる放熱器になる。熱量計及び延長された配管からの熱ロスが生じる。

この「六〇%」という数値には、暖房回路の熱効率を含む平均効率であることが影響していると考えたが、非暖房期間の給湯のみの数値もあまり変わらなかったで、その影響は無視できる。

給湯システムの省エネルギーには、熱源機単体の熱効率に関心が集まるが、さらなる省エネ推進には、ヘッダー、配管・カラン、浴槽等からの熱ロス、熱源機と利用箇所との距離、間歇運転による温度低下、ポンプ動力、さらには待機電力などを含め、全体としての省エネ対策が必要と見られる。

(2) 太陽熱併用給湯システムの開発

このように太陽熱を併用したガス給湯システムは、上手に使用すれば二四〇%という非常に高い熱効率を発揮し得る。これは環境負荷を大幅に低減する有効な手段である。しかし、投資効果はそれ

ほど魅力的ではない。これほどの効率は得られなくとも手ごろな価格で効用が明らかな設備システムがあれば普及するのではないだろうか。

普及を阻害しているもうひとつの要因に、美観ないし建築との馴染みの問題がある。最も普及している集熱板と貯湯槽が一体となった汲み置き式温水器は、お世辞にも美しいとは言えず、建築設計の立場からは格好悪いと見なされる。

ほどほどの性能・気軽に購入できる安さ、そして太陽熱温水器がついていることを自慢できるくらいのも美しさ、その三点が揃った太陽熱併用(ハイブリッド)給湯システムが早期に開発されることを切に期待する。補助熱源の可能性は都市ガスに限らず、バイオマス、電気ヒートポンプ、灯油などにも開かれている。

(3) 地球温暖化防止は焦眉の急

二〇〇六年一〇月に環境省が発表した速報値によれば、二〇〇五年度の我が国における温室効果ガスの排出量は、一九九〇年に比べ八・一%増となった。京都議定書で日本が約束した温室効果ガスの排出量削減の目標達成(一九九〇年に対し六%削減)は極めて厳しい。特に家庭部門の伸びが著しく、家庭用エネルギーの中で最大の用途は給湯である。

温暖化の進展を停止させるため、長期的に達成すべき二酸化炭素排出量削減率は、許容濃度によつて七五%とも八一%とも言われる⁷⁾。これほどの水準を実現するには、再生可能エネルギー(主として太陽エネルギー)の力を借りることが不可欠であり、今回の提案はこの方向に沿つものである。

その普及には、当のエネルギー事業者がビジネスモデルの見直しをする必要も生じる。環境問題が重大と分かっているにもかかわらず、電気やガスの販売量を伸ばしたい⁸⁾という強い動機が働いている状況にある。エネルギー量の供給を「サービスの提供」に置きなおし、収益を上げながら継続的に環境負荷を総量として減らして行かざるを得ない仕組みが必要となる⁹⁾。

生活者・消費者の立場からは、経済合理性とともに分散型のエネルギー源を持つことの安心や付加価値を見出せる仕組みが欲しい。同時に、自然の恵みを活かすことで省エネと賢いエネルギー選択が進展するはずである。個人的な感覚であるが、再生可能エネルギーを利用することから多くのことを感じられる。季節と自然の力の実感、自然の恵みに感謝する気持ち、浪費しないことの爽やかさ、未来の子たちを思う心などである。この感覚をより多くの人と共有したい。

これら両方のアプローチにより、企業と生活者とともに環境負荷低減と生活満足の両立を目指すという限り、残念ながら人類文明に持続的な未来は開かれないだろう。

(大阪ガス エネルギー文化研究所 研究主幹)

CEL

- (1) 普及率は一九九九年調査で二・五%だったが二〇〇四年には九・一%と二割も下落している(総理府 消費実態調査)
- (2) 家庭用エネルギー統計(二〇〇五住環境計画研究所)
- (3) 家庭用エネルギーハンドブック一九九九年住環境計画研究所)
- (4) 大阪ガスの場合
- (5) 家庭用エネルギーハンドブック一九九九年住環境計画研究所)
- (6) 平成一七年国勢調査速報値)
- (7) 環境省「STOP THE 温暖化二〇〇五」より「二酸化炭素濃度を五五〇ppm、四五〇ppmに抑えるシナリオ。それぞ平均三・五、二・五の気温上昇