

## すまいるん

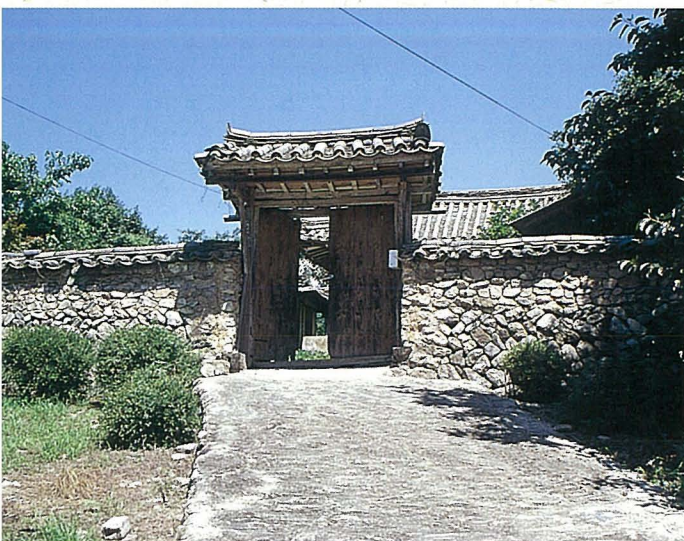
季刊  
2008  
夏  
号

(通巻第87号) 二〇〇八年七月一五日発行 ©

創立60年

住総研

立派な構えの大門を入ると、男の棟・舎廊棟の奥に女の棟・内棟と倉棟、下棟が中庭を囲む。領域区分と空間の機能分担が明快な慶尚南道の住居——風紋より。



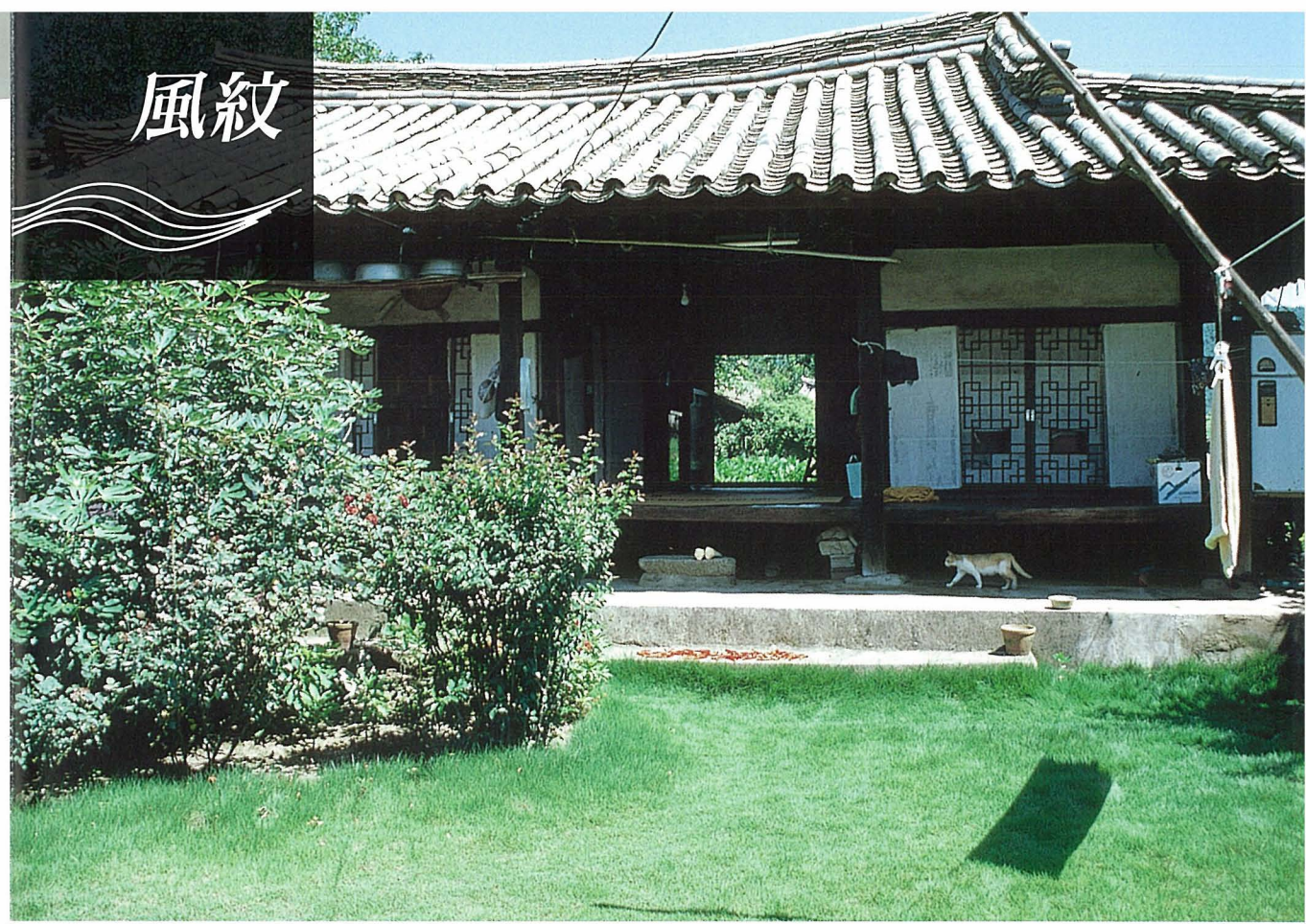
## 特集「21世紀えねるぎ事情」

## 目次

- 〈風紋〉 舎廊棟と内棟 李朝末期の 韓国の住居 藤井 明……………2
- 〈焦点〉 俯瞰から生まれるパラダイム転換の可能性……………4
- 21世紀えねるぎ事情を考える「暮らしすまい」から……………7
- 中上英俊 (住環境計画 研究所所長) + 狹本和彦 (東大生研 特任教授) 司会 + 野城智也 (東大生 研教授)……………7
- 〈私のすまいるん〉 エネルギー 現代と江戸時代 石川英輔……………36
- エネルギー源の変遷とロバスト (rains) な住宅 小玉祐一郎……………40
- 等身大の環境技術Ⅱエクセルギーで読む住まいの環境 宿谷昌則……………44
- コフロダクシヨン…物質とエネルギーの併産 堤 敦司……………49
- 〈すまいのテクノロジー〉 小温度差熱利用技術の可能性・鹿園直毅……………54
- 〈ひろは〉 暮らしのなかのエネルギー 岩船由美子……………59
- 〈図書室だより〉 蔵書探訪 江戸東京博物館・土浦亀城 早川典子……………63
- 蔵書自慢 旧蔵建築図面・建築写真資料 眞木兼男……………70
- 〈すまい再発見〉 住まいのトータルエナジー 眞木兼男……………70
- 住総研ニューズレター……………66 編集後記……………72



# 風紋





# 舎廊棟(サランチェ)と内棟(アンチェ)

——李朝末期の韓国の住居

写真と文／藤井 明

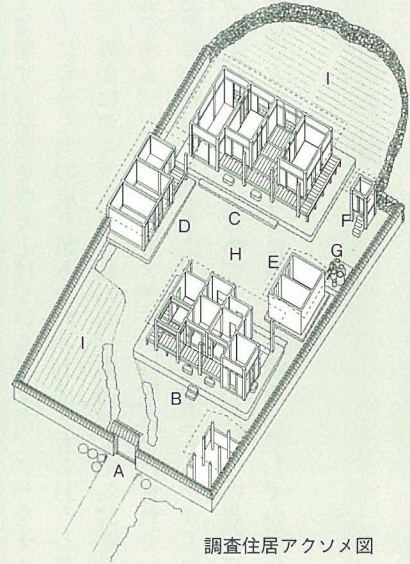


右頁写真——

上／中庭から女性の棟・内棟(アンチェ)を見る。  
下／内棟中央の板の間・大庁(デチョン)。奥の板戸を開けると裏の菜園に通じる。

下写真——

下右／舎廊棟脇から中庭と内棟を見る。  
下中／舎廊棟の外観。  
下左／中庭に配された便所。



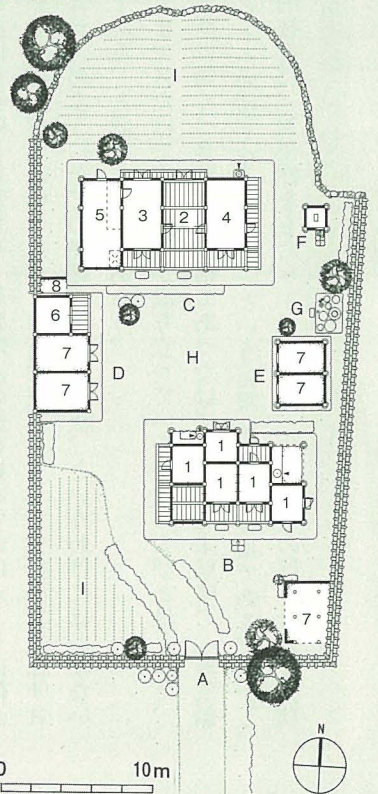
調査住居アコンメ図

韓国の各地には朝鮮王朝時代の両班の住居が数多く遺っている。集落を遠望した時に、地形的な特異点に立地し、ひときわ高く寛が聳え立っているのですぐにわかるが、訪れてみると、入口脇に文化財であるとの案内板が立っている。李朝時代の支配階級の住居は朱子学の教えと風水に従って建てられているが、もう少し低い階層、村の有力者レベルの住居でもこの時代に特有な空間構成を見ることが出来る。ゲピョン村は慶尚南道西部の都市・咸陽から北に8kmほどの所にある山間の小村である。村の中を小川が流れ、これに面する緩斜面に集落が作られている。近年の増改築により、伝統的な空間構成を失ったものが多いが、調査住居は比較的良好な状態を保持している。

敷地の境界沿いに切石を土で固めた塀を巡らし、その頂部に瓦の屋根を載せて雨による浸食を防いでいる。南面して立派な門構えの大門がある。大門を入ると正面に五室のオンドル部屋と二室の板の間からなる舎廊棟があり、L字型に縁側が付いている。舎廊棟は男性のための空間で、男が常住する場所

調査住居平面図

A	大門	F	便所	1	男性の居室	5	厨房
B	舎廊棟	G	醬甕間	2	大庁	6	居室
C	内棟	H	中庭	3	内房	7	倉庫
D	下棟	I	菜園	4	越房	8	物置
E	倉棟						



ある。舎廊棟の脇を通り抜けると矩形の広い中庭に出る。この中庭を介して、舎廊棟に対峙するように女性の棟・内棟がある。中庭を囲むように、右手に倉棟、左手に下棟がある。内棟の右手に独立した便所があり、倉棟の脇には漬け物などの甕を置く醬甕間がある。

内棟は中央に板の間・大庁があり、その両脇にオンドルを備えた内房と越房がある。慶尚北道の内棟がロ字型で閉鎖的な構えのものが多くのに対し、慶尚南道のものには開放的で、大庁の奥の板戸を開くと、中庭から裏庭に視線が通り、爽やかな風が吹き抜ける。建物の外周部は菜園で、大豆、イモ、ゴマ、トウモロコシ、ネギ、トウガラシなどを栽培している。田圃は他所にあり、小作人に貸してある。

この住居は空間の組成が図式的で、性別に基づく領域区分と空間の機能分担が非常によくわかる。築一五〇年ほどの建物で、戦前に大妻女子大学に留学していたという、日本語が堪能なお婆さんがひとりですんでいた。

(ふじい・あきら／東京大学生産技術研究所教授)



# 21世紀えねるぎ事情—— 俯瞰から生まれるパラダイム転換の可能性

たまたま飛行機で隣り合った英国人の老大学教授が含蓄に溢れることをおっしゃっていた。

「……彼の持論は誠に正しい。だから、彼は、持論を何度もあちこちに繰り返し書かない。一方、間違ったことや、自信のないことを言う人にかぎって、手を変え品を変えて、何度も繰り返し同じようなことをあちこちに書く。残念なのは、いまの社会は何度もあちこちに繰り返し書かれていることの方を信用してしまうことだ」。

この拙稿を書いているのは、洞爺湖サミットの直前である。連日のようにメディアは、エネルギーに関する話題を取り上げている。また、これをチャンスとばかりに、メディアに自分たちの取り組みを取り上げてもらおうと努力している人びともいる。確かにサミットは、私たちが直面している課題を直視するためのいい機会である。だが、何度もメディアに取り上げられていることだけではなく、老教授が指摘するように、重要な正論であるがゆえにともすれば繰り返し書かれていないことも含めて、考慮にいれてこの課題に取り組まないと、私たちは歪んだ認識のもとに誤った行動をしてしまいかねない。

エネルギーにかかわる物理学の法則は簡明である。しかし、私たちが、文明生活のなかで人工物を生産し、その人工物を用いるためにエネルギーを用いるプロセスは、実に多様多岐にわたっている。そのプロセス群の結果の総体が、今日私たちが直面する課題、また、将来直面するであろう課題を生み出しているのだとすれば、私たちがとらえるべき対象は、人工物の生産や使用にかかわる全プロセスという、大規模で複雑なシステムにならざるを得ない。しかも、そのプロセスは、技術的プロセスであるとともに、経済的プロセスでもあり、社会的プロセスでもある。技術者のはしくれとして筆者も、ある革新的技術を発明し普及させ、課題解決の途を拓いていけるように何か貢献したいし、夢も持ちたい。だが、革新的技術をもって代打満塁逆転サヨナラホームランのように全ての問題を一挙に解決、というわけにはいかないのが実相である、と認識すべきであろう。

ほぼバイオマスだけで文明生活が成り立っていた時代の人びとにとって、化石燃料技術は驚くべき革新的技術であったはずだ。黒船来航時の「蒸気船（上喜撰）たった四盃で夜も眠れず」という言葉などその典型である。しかし、その革新的技術は、利便性をもたらすとともに、化石燃料の取り合いで人び



とが抗争するなど深刻な問題も数々起こしてしまった。この歴史的事実から私たちは多くを学ばねばならない。

私たちが直面しているのは、大規模で複雑なシステムがもたらす課題なのである。システム全体を構成する各プロセスは決して独立ではなく、相互に依存しており、あるプロセスの改善を図っても、システム全体からみれば効果とともに副作用も出てくるようなシステムである。それだけに、意識して森全体を把握しようとする姿勢、いいかえればシステム全体を俯瞰する思考法が常に求められる。

とりわけ、すまい・建築の使用期間は、他の人工物の使用期間に比べればはるかに長い。今世紀半ばまでには、石油のピークアウトがくるといわれていても、自動車であれば、当面はガソリン内燃機関を製造販売し続けて、並行して、電気自動車などの別種の駆動方式による自動車の開発を進めればよい。しかし、すまい・建築については、いま建設される住宅であれば、おそらく、それらは石油のピークアウトに直面することになるであろう。少なくとも、石油に稀少価値が出てきて、その住宅のまわりを走る車が、ガソリン内燃機関の車ではない状況に立ち会うことはほぼ確実と考えねばなるまい。にもかかわらず、相変わらず、化石燃料を大量使用しないと機能しえないような住宅を無自覚のうちに作り続けているとすれば、それは将来世代に対して本当に申し訳ないことになる。

それだけに、すまい・建築の設計に関しては、他の人工物の設計に先がけて、そのパラダイムが変わっていかねばならないはずである。しかもそのパラダイムは、三五年前のいわゆるオイル・ショックを起点に積み上げてきた、住宅の省エネルギー技術の単純な延長線だけで描けるわけでもないはずである。

このような問題意識のもとに本特集は編まれた。課題全体を俯瞰する中上英俊、萩本和彦によるミニシンポジウムの後に並んでいるのは、根本的で、重要でありながら（あるいは、そうであるがゆえに）、繰り返し、繰り返し、あちこちに書かれてこなかった論稿である。

石川英輔は、現代人が一人当たり一〇万キロカロリという膨大なエネルギーを使用して生活しているという事実、そしてそのことが皮肉なことに豊かさを生むどころか、新たな貧しさと不安定性を生んでいることを直視すべきであると説いている。そして、基本的には太陽光がもたらすエネルギーをさまざまなバイオマスを紹介して活用していた江戸時代の社会のあり方が、今日のわれわれに多くの示唆を与えていることを指摘している。

小玉祐一郎の論稿は、ひとくちに住宅の省エネルギー設計とはいいいながら、その長年の歩みや現在の展開をみると、単純な技術軌道の上ののっかってこなかったことをあぶり出している。その一枚岩とはいわざる状況をわかりやすく描くために、あえてドラえもん型、サツキとメイ型という、あえて二元論的類型を持ち出して、その百花繚乱状況を俯瞰視させてくれている。小玉は、効率を近視眼的にとらえる議論の危うさや、効率という指標だけではとらえきれない論点を指摘する。そして、結局、今後起こり得るさまざまな事態の可能性に対してもロバストな住宅とは、エネルギー使用量も、環境負荷も最小にする住宅であると主張する。というのは、住宅というものは、独立した単体として存在するのではなく、周囲の環境との相互作用のうえに機能する、まことにたおやかな存在であるからである。

宿谷昌則と堤敦司の論稿は、エクセルギーを取り扱っている。私たちは、学校でエネルギー保存の法則を習っているが、エネルギーを消費する、という言葉を日常平然と使っている。確かに経済取引上の有価物としてはエネルギーを消費するという言葉を使うのが自然であるが、技術的思考においては「消費する」とか「省エネルギー」という言葉を用いて思考すると、技術の本質を見失ってしまうことになりかねない。むしろ、技術的思考においては、エクセルギーの概念を中心に据えるべきなのである。

それは、コロンブスの卵だといってよい。堤が、エクセルギーの概念を根本に据えて、エネルギーと物質併産（コプロダクション）の概念を初めて提



唱した頃は、うそつき、とまで言う人もいたそうである。というのは、それくらい、利用できる状態にあるエネルギーが、どこに存在するのか容易に見出せてしまうからで、伝統的な省エネルギーというパラダイムからは想像しづらいからである。

同様に、宿谷の論稿では、エクセルギー概念を用いて、建築の環境設計に用いる可能性が紹介されている。筆者は、元同僚として、宿谷のエクセルギー研究の初期の段階から門前の小僧のつもりでいたのだが、エクセルギー概念で輻射暖房の快適さまでが説明できるということを知って、エクセルギー概念が建築における思考方法を根本的に変えてしまうような大いなる可能性をもっていることを、改めて勉強させていただいた。

鹿園直毅は、「社会全体のエネルギー利用効率を高めるためには、熱力学に忠実に、不可逆プロセスをなくすこと、温度差があれば熱機関を回すこと、そして伝熱の温度差を小さくすることが必要である」と、基本原理に立ち返った思考の重要性を指摘する。これは、「すまい再発見」の欄で、真木兼男が紹介する川合健二の設計思想と軌を一にする考え方である。また、堤・宿谷のエクセルギー概念とも密接に関連する。そして、鹿園が解説する小温度差熱利用技術の可能性からは、基本原理の可能性を、具体的な技術として実現していく過程のダイナミズムの一端がうかがい知れ、大いに勇気づけられる。

岩船由美子の論稿は、住生活におけるエネルギー使用の俯瞰的実態について再認識させてくれる。この論稿は、さまざまな先入観や不十分な理解が、機会損失や、非効率をかえって招いていることを想像させる。例えば、全ての全電化住宅が、鹿園の解説する小温度差熱利用技術の便益を享受しているわけではないらしいことは驚きである。また、高効率の太陽光発電を用いる

ことだけが脚光を浴びているが、太陽熱利用がおろそかになっている見解には大いに賛成したい。

中上・荻本のお二人によるミニシンポジウムでは、偏った先入観とは無縁の、事実に基づいた情報の開示と、議論が展開されている。そこでは、将来がどうなるのかという単純な未来予測だけが語られているのではない。むしろ、未来はこうあらねばならない、そのためには、いまから何をすべきかしなければならぬのかという、いわゆるバックキャストの考え方が示されている。エネルギーに関するアクションには、種々のエネルギー施設、設備そして建築の新設・改修が含まれ、いまアクションを起こしても、その効果があられるのは一〇年後、二〇年後ということは決して珍しくない。そのような意味で、訪れつつある危機は決して遠い未来のことではなく、私たちの世代は、来るべき世代のために、いまずぐにでも行動を起こすべき問題なのである。

大規模で複雑なシステムを対象としているだけに、課題解決のための技術も適材適所、搦め手<sup>か</sup>でいかねばならない。この絡め合わせという仕事は、アーキテクトの仕事に似ているし、実際アーキテクトが手掛けてもいい仕事である。特に、建築・都市空間ではさまざまなプロセスが同一空間・近接空間のなかで営まれる。これを建築・電気・機械といった伝統的なドメインごとの個々別々のプロセス群としてとらえるのではなく、お互いを関連づけたプロセスをデザインしていくことが、いままさに求められているといつてよい。それが、まさに二一世紀のパラダイム転換を拓くはずである。

野城智也／やしろ・ともなり

東京大学生産技術研究所教授。略歴は次頁参照。本誌編集委員。



# 21世紀えねるぎ事情を考える 「暮らし——すまい」から

## 中上 英俊

なかがみ・ひでとし

住環境計画研究所所長

慶応義塾大学システムデザイン・マネジ  
メント研究科教授、東京工業大学総合研  
究院特任教授

一九七〇年、横浜国立大学大学院工学研究科  
修士課程修了。一九七三年、東京大学大学院  
工学系研究科建築学博士課程修了。同年、住  
環境計画研究所創設。シンクタンクとして、  
家庭におけるエネルギー需要構造の分析、住  
宅問題、地域計画等を中心に調査研究活動を行  
なっている。経済産業省総合資源エネルギー  
調査会、同省産業構造審議会、環境省中央  
環境審議会などの委員を務める。ESCO推  
進協議会副会長。日本エネルギー学会理事。  
共著書に、『エネルギー新時代』『地球温暖化  
問題ハンドブック』『地球時代の環境政策』な  
どがある。

## 荻本 和彦

おぎもと・かずひこ

東京大学生産技術研究所エネルギー工学  
連携研究センター特任教授

一九七九年、東京大学工学部電子工学科卒業。  
同年、電源開発(株)入社。電源・系統解析、海  
外技術協力、技術開発(水素、超電導、風力  
太陽光)、業務効率化と保守管理システム導  
入などに携わり、経営企画部調査役を経て、  
二〇〇八年より現職。専門領域はエネルギー  
需給システム。エネルギー戦略、物質・エネ  
ルギー需給解析・評価、動的エネルギー需給  
解析・評価を研究課題とする。経済産業省、  
資源エネルギー庁の委員会委員を務める。



司会 Ⅱ

## 野城 智也

やしろ・ともなり

東京大学生産技術研究所教授

一九八〇年、東京大学工学部建築学科卒業。  
八五年、同大学院工学系研究科博士課程修了。  
建設省建築研究所研究員、武蔵工業大学建築  
学科助教授、東京大学工学系研究科社会基盤  
工学専攻助教授などを経て現職。(サステナ  
ブルな都市・建築・産業)に関わる領域、(プ  
ロジェクトを基盤とする技術のマネジメント)  
に関わる領域を主な研究テーマとする。著書  
に、『サービスマネジメント——都市再生の新  
産業論』(彰国社)、『実践のための技術倫理  
責任あるコーポレート・ガバナンスのために』  
(共著、東京大学出版会、翻訳書に、『リチャ  
ード・ロジャース』都市の小さな惑星の)  
(共訳、鹿島出版会)などがある。本誌編集委  
員。



野城（司会） 今年は七月に洞爺湖サミットがあるということで、世の中はCO<sub>2</sub>削減、省エネルギーの大合唱です。それはとてもいいことですが、それをどう解いていくか冷静に考えてみると、果たしてわれわれは適切な認識をもっているかどうか。特にエネルギー問題は、さまざまな産業セクター同士の絡み合いがあり、かつ需要サイド、供給サイドの関連があります。建築分野は特にそういった連携の多い産業で、すまい・建築という側面だけでこの問題を解いて適切な解が出てくるだろうか、ということがあります。

このミニシンポジウムは、いま日本のエネルギー事情について、最も正しい認識、客観的な視点をもっておられるお二人をお招きして、すまい・建築におけるエネルギーのあり方を、日本全体の俯瞰的なエネルギー事情から考えてみようという趣旨です。

先日、ある自動車メーカーの技術開発部門の方にお話を聞いたのですが、「三〇年後に化石燃料で動く車だけが走っているとは思っていない」とはつきり言われてびっくりしました。車のメーカーはもうすでにまったく違うエネルギー源で駆動する車を具体的に想起して技術開発に入っているということを感じさせられた次第ですが、自動車は、開発期間が長いとはいえ、開発を始めて商品が出るまでせいぜい一〇年程度です。ところが、日本で住宅ストックが三〇年〜四〇年で建て替えられていくとしても、年数がかかる。三〇年、四〇年後のあり方を考えて、いまからアクションを起こしていかないと、もはや手遅れです。自動車メーカーですら動いているなかで建築が動いていないのは、タイムスケジュールを考えると大変な事態です。

そういうわけで、きょうはざつくばらんに、先入観で歪められていない本当の話をさせていただいて、この課題について考えていきたいと思えます。

中上英俊先生は、住環境計画研究所を設立されて三五年目だということで、特にエネルギーの需要サイドについてはトップランナーでおられ、経済産業省、環境省のエネルギーに関する審議会や学術会議等には専門家として必ず委員になっておられます。

荻本和彦先生は、昨年の一二月までは電源開発にお勤めで、供給サイドで

主として系統電力のマクロな供給に関わるお仕事をされつつ、エネルギーの需給問題について、官公庁やシンクタンクの方々とプランを練ってこられました。日本のエネルギー需給見通し等のレポートが官公庁やシンクタンクから出ますが、実は荻本先生が書かれたレポートや論稿がそのコアをなしています。

日本全体のエネルギーの長期的な需給について、このお二人しかいないのではないかと、いうぐらい日本の最高峰の方をお招きしているわけですが、需要サイドと供給サイドという違いがええって課題を立体的に考えていくきっかけになるのではないかと思います。

## 本音で語る「すまいにおけるエネルギー問題」

### ——京都からポスト京都へ向けて

#### 中上 英俊



私が大学院を出たときにちょうどオイルショックが起こり、以来一貫してエネルギー問題に関わってきました。きょうは少しマクロな視点から、本音でお話ししようと思います。というのは、地球温暖化に絡む昨今の風潮はあまりにファッショ、行き過ぎではないか。みんな都合のいい数字だけを引っ張ってきて、「だから、かくあるべき」ということをあちこちで言いふらすので、同じ数字でも、回り回って出てくる情報はまったく違うものになったりしている。もう少し冷静に考えるべきだということで、まず京都議定書の話を復習します。続いて、エネルギー需給の中長期の見通しについて、私も見通しをつくる作業に何回も関わりながら、なぜこういう数字が出てくるかという、公式文書には載らない裏の裏を本音でいくつかご紹介したいと思えます。そして、私の専門でもあり土俵でもある暮らしとエネルギー問題、アジ



アの途上国のエネルギー消費など、われわれはもつと大きなスケールで考えなければいけないということ。そしてポスト京都に向けてわれわれは何をすべきかということについて、問題提起させていただきます。

### 日本にだけ負担が大きいのはなぜ？——京都議定書の意味

いよいよ京都議定書がスタートしたわけですが、京都議定書以降は、もとの地球環境問題はどこかにすつ飛んで、もっぱら地球温暖化だけになってしまっている。いいのか悪いのか、おかしな話です。

重要なのは、CO<sub>2</sub>排出削減の基準年がなぜ一九九〇年になったのかということ。ほとんどの方はそれに何の疑問も持ちでないでしょうが、実はこれはきわめて戦略的に選ばれたことなのです。

京都議定書は一九九七年に取り決められたのだから、最新のデータとしてあった九五五年を基準年にせず、なぜ九〇年にしたのか。アメリカは抜けたわけですからいまさら話になりませんが、もう一方の核をなすヨーロッパは、九〇年は大きな変換点でした。ソ連がなくなる、東西ドイツが併合する、イギリスが北海の油田から天然ガスをパイプラインで引いて本土に本格的に供給開始する、こういういろいろなことが、みな九〇年頃に符合しているわけです。

例えばドイツは、東ドイツは主要な燃料は褐炭でしたから、圧倒的にエネルギーの消費効率は悪いわけで、これを天然ガスに変えるだけで、労せずして同じエネルギー消費量ならば三割、四割のCO<sub>2</sub>が減るわけです。イギリスもそういうことがあり、基準年を九五年にしてしまうとだいぶ話が違ってくる。都合のいいようにやったのはEUで、なぜここをもつと議論しなかったのか、いまになっては悔まれることであります。

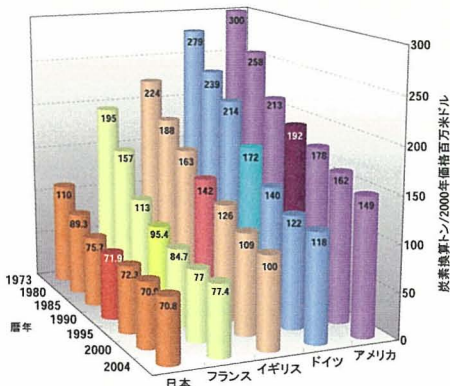
CO<sub>2</sub>の削減目標がなぜわが国は六%なのか。九七年の京都会議に、EU諸国は一五〜二〇%減らすとあらかじめアナウンスしながら乗り込んできたわけです。日本は〇〜二%と言ひ、アメリカは手の内を見せなかった。国際的な交渉事は会議の前から駆け引きが始まっているのです。それを受けて日

本のマスコミは一斉に、「日本の政府は生ぬるい」「議長国をやるという立場でありながら、ヨーロッパは一五〜二〇%と言っているのに、なぜ日本は〇〜二%だ」とやった。後ろから鉄砲を撃たれたようなものです。当時の血気盛んなジャーナリスト諸君は、偏差値教育にとっぷりつかった連中で、点数が高ければいいと思ったのではないか。障害物競走をするときに、自分の障害物だけ高くするバカはいない。わざわざ高くしたわけです。

この六%という数字が日本には大変な足かせになっています。地球温暖化防止に向けてわれわれが行動を起こすことには何ら疑問を差しさむ余地はないですが、こと京都議定書に関してだけは、しつかり事実を認識してかかっておかないと、大筋を誤ります。

京都議定書の目標達成は、数字をつくったときから、私は一貫して「できない」と言ってきました。何千億円か一兆円になるか、巨費を投じて排出権を買ってくれば当面は乗り切れます。それでは解決したことにならないわけですから、当初のシナリオは、ほとんどすべてが破綻すると思っています。そういう意味で、国益という観点から物事を考えるべきだった、これが私の基本的な見解です。

GDP当たりのCO<sub>2</sub>排出量でみると(図一)、日本の水準は、七割程度を石油に依存していた七三年の数値から見ても、二〇〇四年のほかの国々と比べても、そう遜色はありません。九〇年時点で見ても、日本が七二に対して、フランスが九五、イギリスが一四〇、ドイツが一七〇、アメリカが一九〇。これで六%・七%・八%とほとんど同じ水準で削減目標を決めたわけですから、初めから日本に



図一 GDP当たりCO<sub>2</sub>排出量の推移  
 出所: エネルギー経済研究所  
 EDMC/エネルギー経済統計要覧2007年版

は相当大幅な負担の大きさがあつたといふことがわかりただけだと思ひます。

九〇年比で見ると(図一2の紫色)、中間発表を越えた段階で日本が八%増えているのに対して、イギリスは一四%、ドイツは一八%確かに減っています。ロシアにいたつては三二%減つたことになつてゐる。これはソ連の遺産をそつくり引き継いでゐるわけで、経済活動が当時とは圧倒的に劣つてゐますから、見かけ上はこうなるわけです。

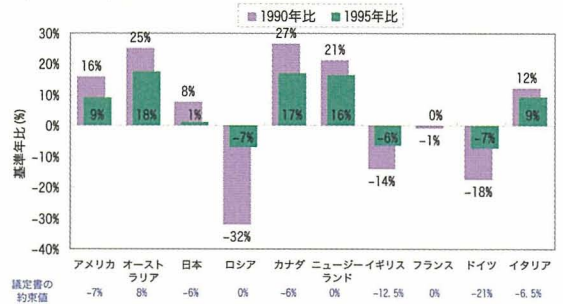
これを一九九五年を基準年にしてみるとどうなるか(図一2の緑色)。日本は、減つてはゐませんが、一%増に止まる。イギリスは一四%減つたはずが六%減。ドイツは一八%減つたはずが七%減です。いかに基準年のとり方が大きな歪みを生むかということです。この種のデータはすぐ手に入つて議論できるはずなのに、ジャーナリスト諸君は一切こういうことを理解してゐない。こういう情報はもつと出すべきだと私は思ひます。

今年の二月の新聞に、「温暖化ガス削減基準年の見直しを—アメリカの交渉官が日本に同調」というほとんど気がつかないほどの小さな記事が出てゐました。新聞は、日本とアメリカだけがまた無茶を言つて、九〇年でフィックスしてあるものを自分の都合のいいように変へようしているという論調になつてしまつてゐます。

既定削減策にさらに上積みしてどうにか数字合わせされたマイナス6%——長期エネルギー需給見通し

京都議定書は地球温暖化防止への「一里塚」であつて、これをやつたから

※日本のみ2005年

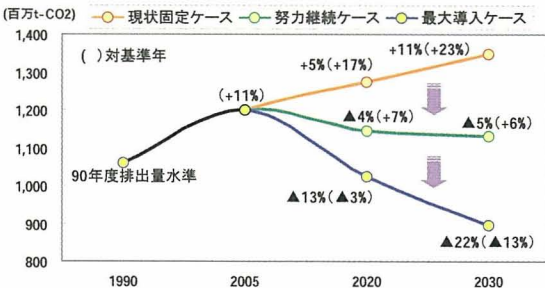


図一2 国別の温室効果ガス排出量増減率  
出典：UNFCCCおよびEEAデータをもとに作成

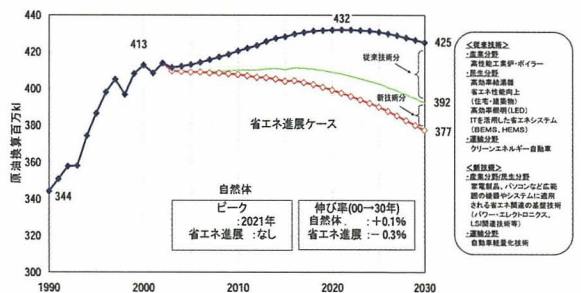
といつて温暖化が止まるわけでありません。終わりのない駅伝競争を走つていかなければいけない、たすきをつないでいかなければいけない、できるだけ多くの参加者がいなければいけない。これが温暖化防止に向けての本当の態勢のほうです。超長期の視点から逆に見定めて、戦略を立てなければいけません。どうも京都議定書に対してあまりにエキセントリックになりすぎてゐる。私はこの問題に当事者として関わりましたから、よけいそういう気がします。

二〇〇五年に出た「長期エネルギー需給見通し」(図一3)は、二〇〇二年まで実績値が入つていて、そこから先は推定値ですが、ここ数年は増加傾向が続くことがグラフから読み取れます。二〇二一年か二〇二二年に至つてピークを打ち、さしものエネルギー需要も減少に転じる。わが国の長期需給見通しで、初めて需要が下がるという見通しを出しました。理由は、人口が減るからです。二〇〇五年から人口が減り始め、それがエネルギーの純減になるのは、何と一七年あと。このぐらいタイムラグが必要だということです。きょうやつたからあした何とかなるといふ話で

○省エネ技術の実用化・普及による省エネポテンシャルは極めて大きい。全ての省エネ効果を合わせると原油換算で約5千万t程度に相当する。



図一4 長期エネルギー需給見通し (2008年3月19日)  
出所：平成17年 総合資源エネルギー調査会 需給部会資料



図一3 2030年に向けた最終エネルギー消費  
出所：平成17年 総合資源エネルギー調査会 需給部会資料



はないことがよくわかります。とんでもない独裁者がいて、エネルギー消費が増えて困るから、人を殺してしまえという施策を打ったとしても、その効果が実際に現われるにはそのぐらいかかるわけです。

もう一つ、「省エネ技術の実用化、普及による省エネポテンシャルはきわめて大きい。すべての省エネ効果を合わせると、原油換算で約5000万kl程度に相当する」と書いてあります。ここは覚えておいてください。「時間があれば省エネルギーは決して不可能ではない、しかもかなり大きな省エネができる」しかし「短期的には京都議定書は達成できない」と言っているのです。本当はそう読まなければいけないんです。

次に、二〇〇八年の三月一九日に最新の「長期エネルギー需給見通し」が出ました(図-4)。これもかなり無理をしています。前回の見通しで、人口が減るから二〇二二年前から需要が落ちてくるようになっていながらもかわらぬ、ここでは現状固定でいくと増えますよというシナリオを書いて、いろいろなシナリオを入れると、二〇二〇年でもかなり減らせますという見直しをつくったわけです。エネルギー消費水準で見ても、九〇年に比べて二〇二〇年に三分は落とせるといふシナリオに基づく数値を公表したわけです。

前回(二〇〇五年)の見通しに対し、「二〇年前倒しでわれわれはやりませ」とこの需給見通しでは公表したのです。原油換算で五九〇〇万kl。二〇〇五年と比較して三〇%のエネルギー効率改善になるし、「これは、概ねEUが言っている水準と同じだよ」と言っているわけです。逆に言えば、EUの水準に合わせるならこの程度のシナリオにしなければいけないということです。このために必要となる総費用は、概算で五二兆三〇〇億円。それが原油換算五九〇〇万klの省エネに使われるわけです。

京都議定書の直後につくったシナリオでは、わが国の省エネ目標達成には五七〇〇万kl削減しなければならぬことになっていました(図-5)。それでは全然達成できないから、一昨年から昨年にかけて、三〇回の合同審議会を延々とやり、もつと積み増ししなければいけないと議論したわけですから、もとより五七〇〇万klの省エネがないと、京都議定書をクリアしないのです。

積み増しの意味がありません。これをどうするのか。

実は新エネルギーのシナリオが一九一〇万klあり、原子力の稼働率が八五%というシナリオが入って、この三本柱で京都議定書の数値六%をクリアするというのが当時つくった答えだったわけです。その数値にしないとクリアできないわけです。だから、間に合わなければ買ってくるしかないといっているわけです。なぜこんなばかなことをやったのか。

今回つくった五九〇〇万klというものもとてもない数字です。で、五二兆三〇〇億円。リッター当り八九〇円です。原油が高騰して一〇〇ドル原油になり、為替レートが一ドル一〇〇円で固定したとしても、せいぜいリッター六〇〜七〇円です。原油換算で八九〇円を投資しなければこの数値は成立しない。でも私はこの金額は安いと見えています。

たとえば、住宅の省エネをやるうとして、二重ガラスにして、次世代基準適合にすると、一〇〇万円ぐらい余計な費用がかかります。それでどのぐらい省エネになるかというと、せいぜい年間五〇〜六〇lです。単純に計算すると、リッター当り一万六〇〇〜一万七〇〇円ぐらいになる。だから全然桁が違うのです。だから私は八九〇円(つまり五二兆三〇〇億円)でも安いという話をしているのです。

ともかく省エネは黙っていてできるわけではないから、「コストがかかりますよ」という意味でコストを出したことには意味があります。「二〇二〇年までで五二兆であれば、年間五兆。概ねGDPの1%。そのぐらいならいけ

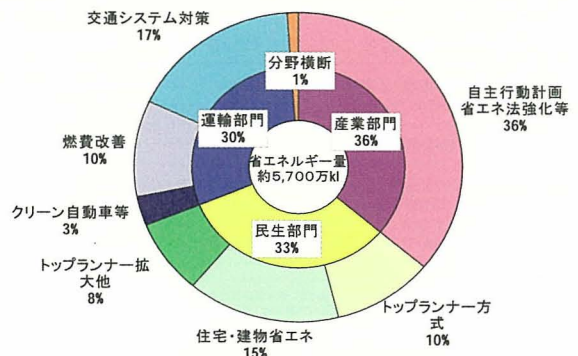


図-5 2010年目標に関する政府省エネルギー対策案  
2001年1月7日 総合エネルギー調査会 省エネルギー部会

るのではないか」という話をしていますが、何兆円というオーダーになると、その金額が多いか少ないか判断のしようがありません。しかし一世帯当りになると結構な額になります。「時間があれば大幅な省エネルギーも十分に可能だが、相応な負担も覚悟しなければいかん」と、この最新の需給見通しは言っているのです。

図-6は、二〇一〇年の現行対策シナリオと追加対策シナリオが書いてあり、それぞれ上位、下位を示していますが、放っていてもなんと二〇〇五年の二一〇一から一一二二に落ちるふうに見えますが、その裏には現行対策といわれる赤い部分（赤くしてある部分は私が付け加えたもので、公式のレポートには載っていない）があり、二億三五〇〇万t相当のCO<sub>2</sub>を減らしたらこうなる。それで間に合わないから、三三と書いてある部分（三三〇〇万t）を削減して、なんとか京都議定書に折り合う数字にするということをやったのです。

事務方としては、この三三（三三〇〇万t）をつくるのに大変な苦勞をしたわけですが、赤く積んだほうの二億三五〇〇万t、二億五七〇〇万tが本当にできるのか。石油換算六〇〇〇万tの省エネ、新エネ一九〇〇万tが達成できて、二億三五〇〇万t減らせるとい話です。

合同審議会の最後の需給部会でも、委員が「できますか」という質問をし、茅座長も「現行対策がすべてできて、なおかつ今回の上乘せ三三〇〇万tをクリアしてできる、と読んでいたかなければ困ります」と答えたのだけれど、翌日の新聞のどこにもそれは書いてない。公式の図には図-6の赤い部分は表示していないわけです。大変なことをやろうとしているのに、形だけとらえられているという気がしています。

その追加対策の内訳ですが、住宅、建築物の省エネ性能の向上で二〇〇万tのCO<sub>2</sub>削減となっていますが、この上に三〇〇〇万tぐらいの既存施策があるわけです。それでは間に合わないから上積みしたのです。上積みの数字は堅い数字だと思います（図-7）。

なんとどこかで一度リセットしないといけない。総理大臣が「ごめん

さい。日本は京都議定書はできません」と言えがいいのです。どれだけしつぺ返しを受けるかわかりませんが、それをやってももうことがいちはん国益にかなうと思う。嘘の上塗りに加えて、速やかに検討すべき項目として、「国内の排出量取引」「環境税」「新エネルギー対策の抜本的強化」「深夜化するライフスタイル、ビジネススタイルの見直し」「サマータイムの導入」を決めています。「夜間営業をやめるべきだ」という議論は、「コンビニだけではなく、夜間開いているものはすべて検討しなければいけないのではない」という議論に差し戻そうとしているところだ。

私も一七〜一八年関係しているサマータイムの導入も、やったら省エネになるのか、増エネになるのか、いろいろな議論があるのですが、われわれが計算した限りでは、堅めにいっても五〇万tは削減できると踏んでいます。十分な可能性があるのだけれど、労働時間の延長になるなど、別の理由から進まない。

最終エネルギー消費を部門別に見ると（図-8）、七三年から見たとき、産業部門は横ばいで、運輸は九〇年代半

### 以下の追加対策により、3740万t-CO<sub>2</sub>を削減

- 自主行動計画の推進（産業部門）.....1900万t-CO<sub>2</sub>
- 住宅・建築物の省エネ性能の向上.....200万t-CO<sub>2</sub>
- 国民運動.....100万t-CO<sub>2</sub>
- トッランナー機器等の対策.....130万t-CO<sub>2</sub>
- 事業所等の省エネ対策の徹底.....300万t-CO<sub>2</sub>
- 自動車の燃費の改善.....350万t-CO<sub>2</sub>
- 中小企業の排出削減対策の推進.....170万t-CO<sub>2</sub>
- 農業・漁業、上下水道、交通流対策等.....100万t-CO<sub>2</sub>
- 都市緑化、廃棄物・代替フロン等3ガス等の対策.....360万t-CO<sub>2</sub>
- 新エネ対策の推進.....130万t-CO<sub>2</sub>

※上記対策の削減見込みは重複を整理したものであるが、例えば国民運動については、各種対策を後押しする施策であり、他の対策との重複を含めると、定量化可能な行動のみで678-1,050万t-CO<sub>2</sub>の削減効果が見込まれる。

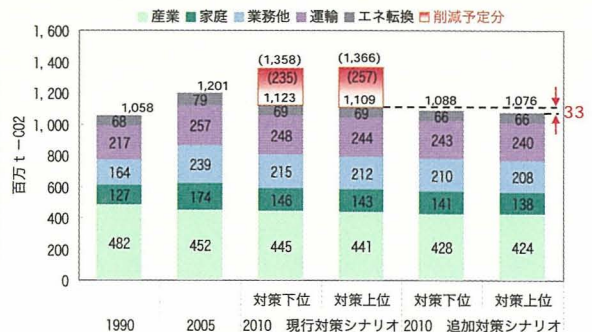


図-6 2010年のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量見通し  
出所：平成20年2月 総合資源エネルギー調査会 需給部会資料

図-7 不足削減量を解消するための追加対策  
(対策間の重複整理後) 2008年3月7日 合同審議会報告より



ばからほぼ横ばい。若者を中心にして車離れがある。新車の販売台数がどんどん減っていつている。これは趨勢として低下傾向に向かいそうである。ところが、民生部門だけが伸びている。産業部門が減っていますが、重厚長大のエネルギー多消費型の産業がバタバタとつぶれて、日本から出ていつているわけですから、実は産業構造が変わっているのです。一方、三次産業は民生部門に入っているから、二次産業から三次産業にシフトすれば、当然民生は増える。そういうことをきちっと細かく考慮して議論しなければいけないのに、何でもかんでも十把一からげでやるものだから、話がごちゃごちゃになるのです。

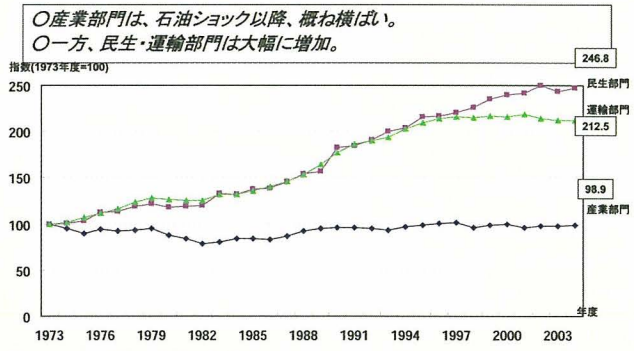
### 人口が減っても家庭用エネルギー需要の増加は止まらない

さて、家庭の話、暮らしの話です。家庭用エネルギー消費はなぜ増加したのか。一つには世帯数が伸び、かつ原単位、すなわち一世帯当りのエネルギー消費が伸びたからです。人口減少は二〇〇五年から始まっているが、世帯数はたぶん二〇二〇年ごろまでは増加する。したがって、京都議定書の約定期間中はまだまだ増加基調にある。原単位はというと、生活水準の向上に伴って当然エネルギーは増える。私はまだまだ日本の生活水準は低いと思っています。ところが、欧米先進国は早くから充足水準にあり、横ばいか減っている方向。九〇年という切り口はそういうところです。逆に、途上国は今後大きなエネルギー増加にいくわけです。

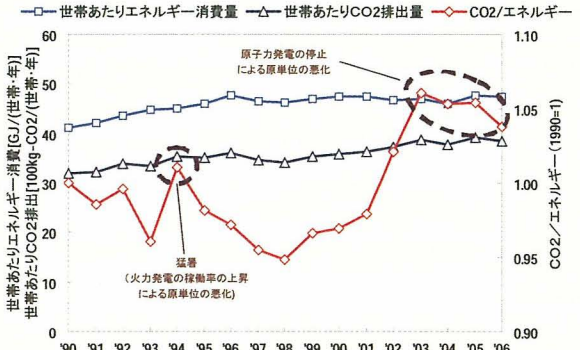
図一9で、一直線に伸びているのが世帯数で、世帯当りのエネルギー消費量を見ていただくと、九〇年代前半までは増加基調にあった。ところが、九五年ぐらいからほぼ横ばいで推移し始めた。ある意味ではかなり省エネが効いてきたのではなからうか。なかなか要因分析するのは難しいのですが、しかし図一9の赤く塗りつぶした部分のように、トータルとしてはエネルギー消費は伸びているわけです。

同じことをCO<sub>2</sub>の排出量で見ると(図一10)、世帯当りの排出量は増えている。赤い線は、エネルギーを使うことによって出されるCO<sub>2</sub>の原単位を見る

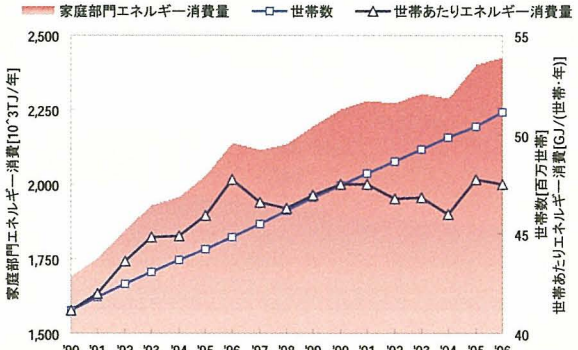
たもので、極端に増減がある理由は、猛暑で既存の発電容量では足りないのが一斉に止まったときに、その分をほかのエネルギーで代替したために、原単位が悪化しているわけです。去年から今年にかけては、柏崎原発が止まっていますから、また少し増加しているはずですが、だから、当事者が努力したのとは違うところでCO<sub>2</sub>が増減するという要因があります。そこはきちつと分けて話をしないと、一生懸命努力



図一8 部門別最終エネルギー消費の推移  
出典：総合エネルギー統計から資源エネルギー庁作成



図一10 家庭部門のCO<sub>2</sub>排出量の増加要因



図一9 家庭部門のエネルギー消費

したのにも、結果として報われないことになってしまいます。

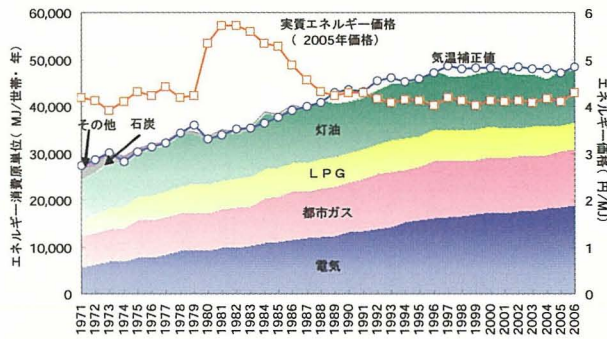
次に、家庭用のエネルギーです。光熱費支出がだいたい年間二〇万円ぐらい。約半分強が電気代です(図一11)。

実質価格は年々下がっていったのですが、原油が上がって少し反転しています。しかし電気は、過去から見ていちばん安い状況にあります。消費者にとってみれば、電気代は相対的には安くなっていることになるので、省エネして浮かせようというインセンティブは働きにくい。逆に、灯油がこれだけ上がってしまうと、北海道などではかなり日常生活に響いて、深刻な問題になります(図一12)。

エネルギー種別の推移をみると、一貫して伸びてきていて、増えるというベクトルがあるなかで、それを減らす方向にもっていくのはとても大変なことです。九七年度に五七〇〇万kWhの省エネの数字をつくったときに、私は省エネ部会の部長代理の立場で、これを達成するのなら、たとえば、住宅の断熱基準を規制にするなど、規制をかけなければいけないと言ったのです。しかし当時の風潮は規制緩和で、「いまの時代に規制というのは役所としては口が裂けても言えない」と言われたことがあります。いまごろになって「規制をかける」と言っても、京都議定書には間に合いません。

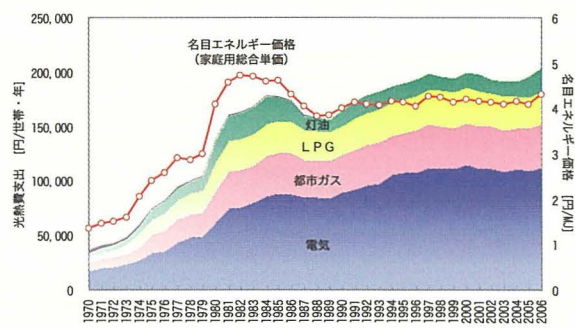
エネルギー種別の消費構成は、電気四〇%、都市ガス二五%、LPG一二%、灯油二三%。これが直近の日本全体の平均的なシェアです(図一13)。用途別に見ると、「照明・動力・その他」(その他には厨房の煮炊きコンロを含む)つまり家電製品だけは伸びている。これは何とかしないとイケないと思います(図一14)。

暖房エネルギーの推移には非常に増減があります。気候補正しても最近は下がってきていますから、かなり省エネになってきていると思わなくもないのですが、非常に複雑な動きです(図一15)。北海道で石炭使用が残っていた時代、石炭の有効率は五割ぐらいで、半分は煙突から逃げてしまうし燃焼コントロールできないから過剰な焚き方をしてしまう。それが石炭から灯油に替わることによって燃焼効率が上がり、実は固体燃料から液体燃料に替わ



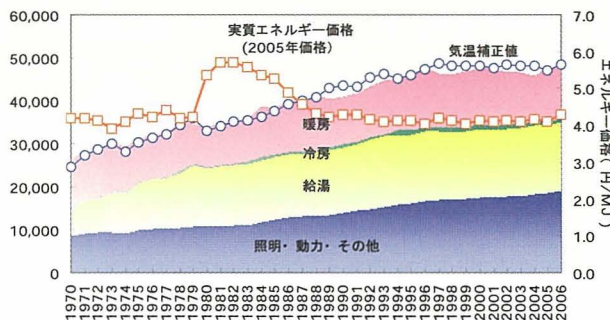
図一13 エネルギー種別消費原単位の推移 (全国)

資料:「家庭用エネルギー統計年報2006年版」住環境計画研究所



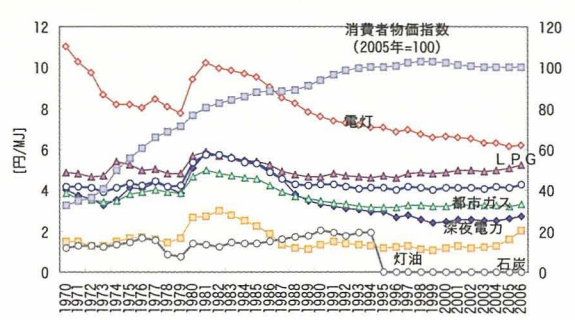
図一11 光熱費支出の推移 (全国)

資料:「家計調査年報」総務庁2006年



図一14 エネルギー用途別消費原単位の推移 (全国)

資料:「家庭用エネルギー統計年報2006年版」住環境計画研究所



図一12 家庭用実質エネルギー価格の推移 (全国)

資料:「家庭用エネルギー統計年報2006年版」住環境計画研究所



ることによって、エネルギー代替によって省エネが進んだと思われる。最近では横ばい傾向。ただ、ここでも電気のシェアが増えていきます。二次換算で、電気は八六〇kWh。コタツに比べエアコンなら、低く見積もってもストックベースで二・五倍ぐらいの実効効率がある。そうすると、暖房の水準は上がっているという見方ができます。

冷房も一貫して増えてきたのが、ここに来て横ばい。冷房はそろそろ充足水準になりかかっているのかもしれない(図-16)。

給湯は一目瞭然で、七〇年代から八〇年代にかけてずっと増え、最近に至ってはほとんど横ばい。明らかに給湯は充足水準にきている(図-17)。

ところが、家電製品と厨房の煮炊きに関しては、電気は一貫して伸びている(図-18)。これは非常に悩ましい問題です。

エネルギーと住宅設備の関係において、まさに石油ストーブが暖房をわが国に導入した契機になり、都市ガスは厨房給湯、暖房のセントラル化に寄与した。電力は照明、動力、A.V. 基本的にこういうふう指定席があったのですが、いまは競合が起きている。それが本当に利便性・快適性、省エネルギー性につながるかどうかは、もう一度議論しなければいけません。

### 先進国の中で日本だけが aumentando 家庭用エネルギー消費の国際比較

国際比較をすると(次ページ、図-19)、指数化してあるので極端ですが、日本は増加傾向は止まってきているものの増えています。アメリカは下がっています。フランス、イギリスは横ばい。ドイツは、非常にアップダウンがあるものの全体的に見れば横ばい。ほかの国々はみんな横ばいです。省エネで減っているものももちろんありますが、アップダウンはその年の気候によるため、ある充足水準に達すると、そんなにむやみに増えるわけはありません。日本だけは増えているということになると、日本は途上国だったということになります。

量で比べると(次ページ、図-20) いちばん上がアメリカです。その下にヨーロッパ諸国が一团になってあり、その下に日本。アメリカは二〇〇一年は日

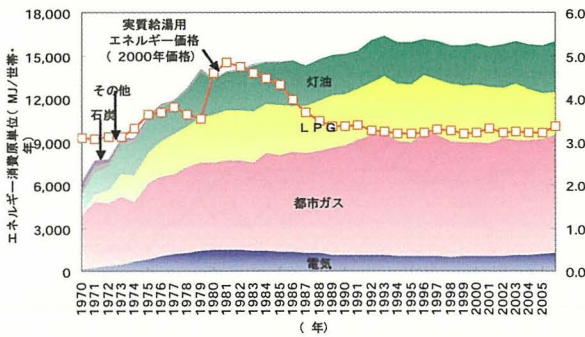


図-17 給湯用エネルギー種別消費原単位の推移 (全国)  
資料:「家庭用エネルギー統計年報2006年版」住環境計画研究所

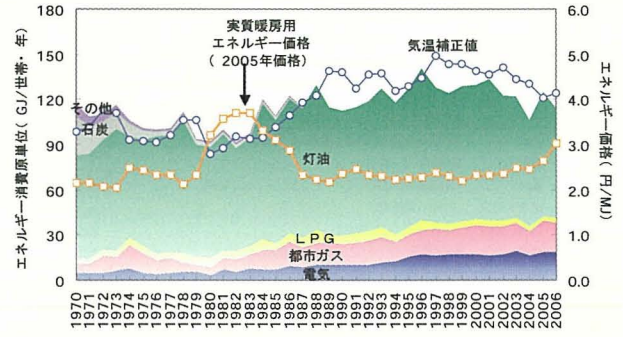


図-15 暖房用エネルギー種別消費原単位の推移 (全国)  
資料:「家庭用エネルギー統計年報2006年版」住環境計画研究所

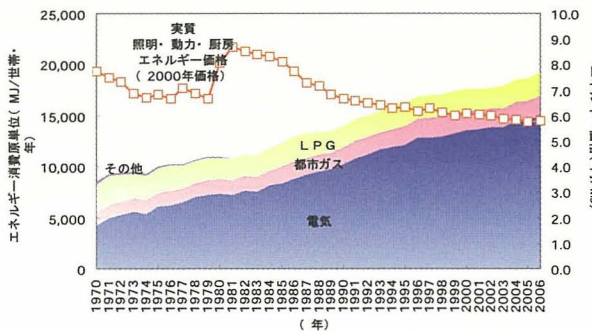


図-18 家電製品他用エネルギー種別消費原単位の推移 (全国)  
資料:「家庭用エネルギー統計年報2006年版」住環境計画研究所

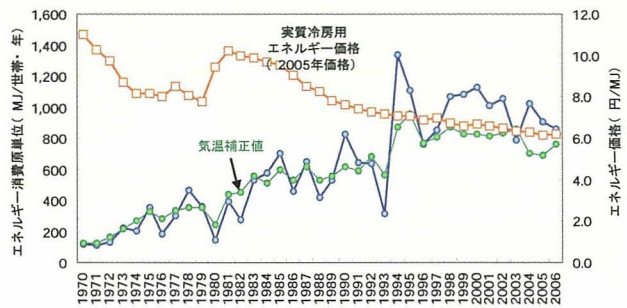


図-16 冷房用エネルギー消費原単位の推移 (全国)  
資料:「家庭用エネルギー統計年報2006年版」住環境計画研究所

本の二・五倍弱ですが、一九九〇年だと日本の三倍ぐらいありました。ヨーロッパは日本の二倍ぐらい。このぐらい差がある。

これを見て、「日本が六%なら、アメリカはもつと減らすべきだ」という議論をするわけですが、消費量の差は、残念ながら暖房なのです(図-21)。暖房は、ヨーロッパと比べると、四対一〜五対一ぐらいの差がある。これらの国々は全館セントラル暖房で、これだけのエネルギー消費になるわけです。日本でもそれだけの居住水準にしようと思うと、三六GJ/世帯・年ぐらい、すなわち韓国ぐらいになる。韓国はオンドル文化がそのまま床暖房に移行していますから、全館床暖房が標準装備です。冬でも半袖、裸足で大丈夫という生活をしているわけです。

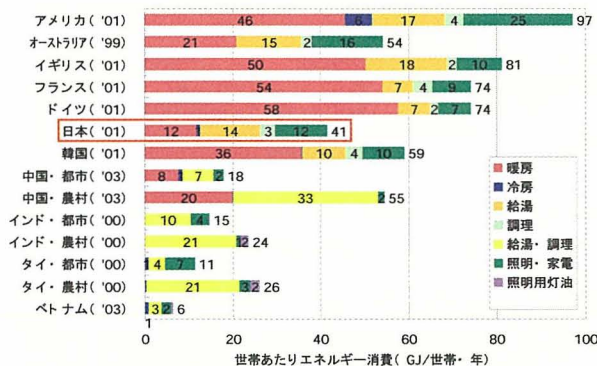
私は「日本の暖房水準は低いのだ。もつと増やしてしかるべきだ」と盛んに議論したのですが、いまや「増える」のはタブーですから、そういうことを言うと、バッシングに遭う。住宅の暖房はどうあるべきか、われわれはもつと努力しておくべきだったのではないだろうかという気がしています。

### 環境問題より資源エネルギー戦争への懸念——途上国のこれから

途上国について、たとえば中国の都市と農村で比べると、農村の消費量があるかに大きいのは、都市部で使っているエネルギー源は化石燃料の商業燃料ですが、農村は、柴とか農作物の廃棄物の稲わらなど、バイオマスだけです。これの有効熱利用率はたぶん一〇%いかないのではないかと。九割は外に逃げていくわけですから、有効ベースでは、農村部の実質エネルギー消費量は都市部より小さいでしょう。

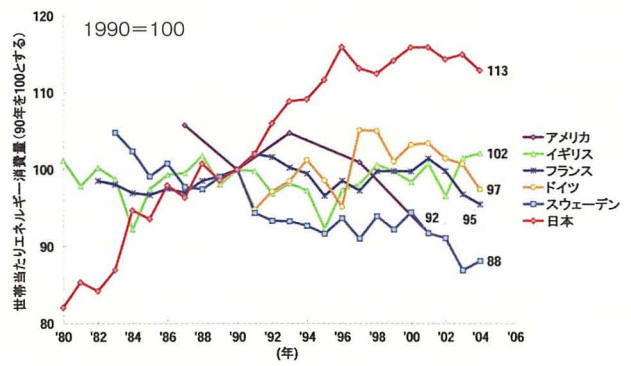
インドネシアは少し進んで、灯油コンロ。やがて途上国はみんなそうなってくる。ベトナムで車が増えたらどうなるだろうかとか心配しますが、人はやはりそっちへシフトしていくんですね。

IEA(国際エネルギー機関)の予測によると、二〇三〇年に向けて世界のエネルギー需要は一・五倍ぐらいに増えるといっていますが、アジア、中国といった途上国だけを取り出して見ると、一・九倍〜二倍ぐらいに増える



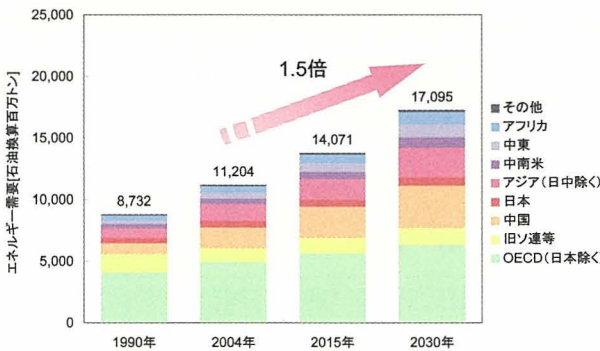
注: ベトナムの調理用燃料はガスのみ(薪・農業廃棄物・家畜糞などは不明なため未計上)

図-21 用途別世帯当たりエネルギー消費量



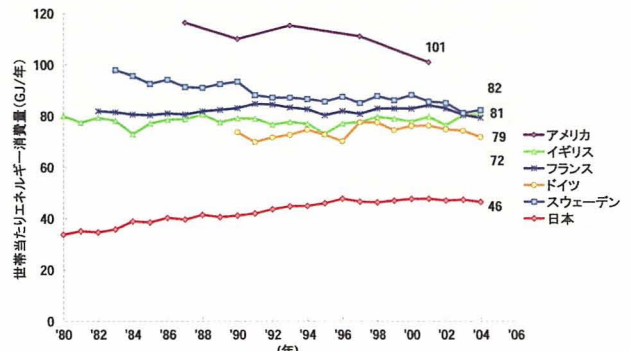
注: 日本は2人以上世帯、暖房のみ気温補正

図-19 世帯当たりエネルギー消費量国際比較: 経年傾向



出所: IEA/World Energy Outlook 2006

図-22 資源エネルギー戦争への懸念



注: 日本は2人以上世帯、暖房のみ気温補正

図-20 世帯当たりエネルギー消費量国際比較: 経年傾向



私の友人でエネルギー経済をやっている先生が一〇年以上前に、超長期のシナリオ分析と計量経済分析で中国がどうなるかシミュレーションされたのですが、中国は二一〇〇年になっても日本に追いつかないという結論でした。その理由は、「資源とエネルギーが十数億人分は世界にない。分配できないから、結果として日本と同じ成長ができない」と。中国では毎年、東京電力一社分ずつ電力供給が不足しています。したがって、毎年六〇〇〇〜七〇〇〇万kWぐらいの発電所をつくり続けなければ間に合わないということですから、べらぼうな話です。

ベトナムでは、人口八四〇〇万人に対して、二年前は八〇〇万kWでしたが、現在は一〇〇〇万kWになっています。日本は一億二〇〇〇万人でピークが一億七〇〇〇万kWですから、ベトナムが日本のようになるということは、十数倍にふくらむということ。毎年一八%前後の電力需要増で、ハノイ近郊は輪番で停電しています。

このペースで途上国の発展が続くと、早晚エネルギー戦争になる。地球環境以前に、こちらの問題のほうがはるかに深刻になる。そういう意味からも、途上国での省エネルギーは喫緊の課題です。もちろん日本で省エネをし、CO<sub>2</sub>を削減することは重要な課題ですが、日本の進んだ技術をより早い段階でこういった国に技術移転することも、われわれ技術者の大きな役割ではないかと考えています。

ベトナムで、白熱灯から電球型蛍光灯に替えようというプロジェクトを一年前やりました。電球型蛍光灯は寿命が白熱灯の六倍あり、イニシャルコストは一〇倍かかるわけですが、消費電力は五分の一ですから収支ベースでは完全に元がとれる。でも人はつい安い白熱灯を買ってしまう。なんとか電球型蛍光灯を買わせることができないかというのが一つの戦略であります(図-23)。

白熱灯が一〇〇〇万個あると、六〇万kWの発電所が必要で、その建設コストを入れると、六一〇億円かかります。ところが、電球型蛍光灯だと、その

分発電所が要らないわけで、二〇〇億円で済む。これはデマンドサイド・マネジメントという概念です(図-24)。

サプライサイドからデマンドサイドに向かうことによって、消費者も省エネになるし、国家的にも新たな設備投資が要らなくなるという意味で、二重でカウントできるのだから、ぜひこういうスキームでやるべきだ、と提案しているのですが、なかなかうまくいきません。

### 日本の省エネ技術をアジアへ

——ポスト京都に向けて

福田総理がダボス会議で「アメリカ、中国、インド……主要排出国がすべて参加する仕組みをつくらないと、ポスト京都は意味がない」と言ったそうです。「公平な目標設定をしなければいけない」と。そのなかの一つとして、「基準年の見直しをやるべきだ」と言ったので、これを受けてアメリカが、冒頭にお話した新聞記事のようなことを言ったわけです。で、「国別総量目標を掲げて取り組む」と言っていますが、途上国を中心してなかなかうまくラウンディングしていかないようです。

さらに「国際環境協力」として、「世

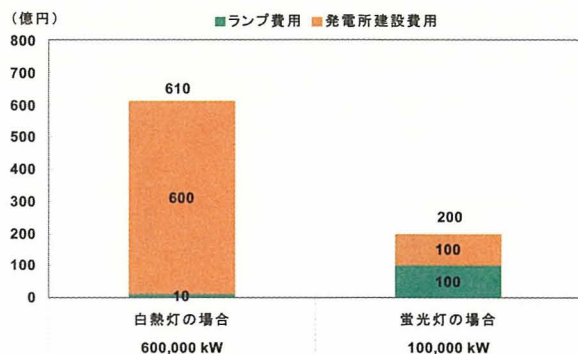


図-24 白熱灯から電球型蛍光灯へ：発電所建設費用の削減

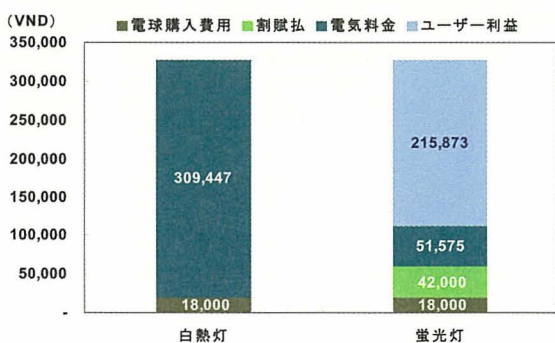


図-23 白熱灯から電球型蛍光灯へ：ESCOスキームの導入

界全体で二〇二〇年までに三〇%のエネルギー効率の改善」と、またここで数字を出してしまったわけですが、三〇%というのは簡単ではない。「クールアース・パートナーシップ」として、わが国は途上国向けに一〇〇億ドルの基金を積みます」と。これは一兆円です。

CDM (Clean Development Mechanism) と呼んで、途上国に対して日本が技術援助をしてCO<sub>2</sub>を減らすと、その何割かの部分は日本が減らしたとみなして、日本の減少分にカウントしてもらおうというスキームです。国連に申請して、認めてもらえればわが国が減らしたことになります。認められなかったら、それはバーです。そんな人に頭を下げて認められるようなことをやっていいのかと思いますが、それに一兆円を積みみたいなことを言ったわけです。

私は、そうではなく、「アジアバブル」でやったらいいのではないかと考えています。実は京都議定書のとときに、EUは、途上国に近い東欧の国々を一緒にして、EUバブルで八%という言い方をした。向こうがEUバブルでくるのだったら、日本はアジアバブルでやればいいじゃないか。そういう意味で、「いまこそ日本がアジアのリーダーシップをとるべきではないか」と言いました。「リーダーシップというのはおこがましい。協力支援と言え」と言われました。言葉の使い方は難しいなと思いました。

アジアで減らすことのほうが地球環境問題、エネルギー問題についてはるかに重要なテーマになる。アジアバブルでやれば、アジアで減らした分は日本が協力したことになって、そっくりそのまま認められるはずですから、CDMに頭を下げて認定、お墨付きをもらう必要はない。福田総理がそういう提案を洞爺湖サミットでやるべきではないか。そうすれば、日本の存在意義が出せると思います。アジアで省エネをするならば、何より日本の省エネ技術が間違いない進んでいるわけですから、それをそのままもって行って援助すればいいわけです。京都議定書云々の議論をしていると、世の中心だんだん暗くなってくるわけですが、日本がもっている省エネ技術を圧倒的なマーケットであるアジアに展開することになれば、もっとみんな元

気が出る。そういう意味で、建築分野ももっと出ていくべきだと思います。それこそが日本が生き残っていく道だと思っています。

野城 ありがとうございます。質問したいことはたくさんあるのですが、荻本先生のお話を伺ってからと思います。それでは、荻本先生、続いてお願いします。

## 長期エネルギー需給と 民生部門における新エネルギー技術の展望 荻本 和彦



私は二九年間、電源開発という会社に勤め、電源計画とか流通設備計画という、一〇年ぐらい先を見てやる仕事をしてきました。大学へ移って三か月目です。

中上先生のお話にもありました二〇〇八年三月一九日の資源エネルギー庁の「長期エネルギー需給見通し」はきわめてエポックメイキングなもので、まずそこから話を始めさせていただきます。

図1-1に、「現状固定ケース」「努力継続ケース」「最大導入ケース」という三つ線が書いてあります。現状固定ケースの線は実際には起こりにくいケースですが、現状のままではとにかく「大変だ」ということは伝わってきました。努力継続ケースの線は、前回の見通しとほとんど同じレベルの話で、このへんだったらある程度確実に達成できるだろうという線。いちばん下の赤い線が、最新の諸状況を反映し、最大の努力をすれば達成できるだろうという最大導入ケースです。

最大導入ケースは、数値レベルは別として、昨秋までは「戦略目標達成ケース」という名前が付いていました。今回の長期エネルギー需給見通しは、「みんなまで目標にしようではないか」という線を技術の裏付けをもって積み



上げて算出してきたのですが、バリ会議、ダボス会議があるなかで、赤い線のレベルまで頑張らないといけない、そういう姿勢を見せないといけないのだけれども、うーん、これはちょっとできるかどうか自信がないな、というようなニュアンスが入って、「戦略目標達成ケース」という名前が消えて、「最大導入ケース」という言葉になった。その苦しさをネーミングが如実に表わしています。

赤になればいいだけのけれど、青ぐらいかなと。でも、どのみちきわめて大変なので、グレーを見せておこう、という図です。

中上先生のお話のとおり、家庭部門については、いままでずっと伸びてきましたが、「最大努力をしたら」とただし書き付きで、政府の見通しとして初めてエネルギーの消費量が「下がる」と宣言したことが、画期的だとご理解いただければと思います(図1と)。

そこを最初の切り口にして、少し戻って、エネルギーの技術全体をどんなふうに使われれば把握してきたのか。それから、一つのトピックとして「エネルギー・マネジメント」と「再生可能エネルギー」というものを数字を交えて説明させていただいて、「将来の住まいの姿」について、いま政府はどんなことを考えているのか、というふうに進めていきたいと思っています。

### 不確実性、長期性、多様性、新技術導入加速の必要性…エネルギー問題四つの視点——エネルギー技術に関するこれまでの戦略

資源エネルギー庁で「エネルギー技術戦略」に当たるものを策定したのは、これまでに三ステップあります。

二〇〇五年一〇月の「エネルギー技術ビジョン二一〇〇」は、いまほど地球環境問題が熱気を帯びる少し前、しっかりと準備していかなければならないという時代につくったものですが、役所からの参加者が良いリーダーシップをとり、二一〇〇年がどういう姿になっているかということを考えて、それから戻って、どうあらねばならないかとバックキャストして考えた。その考えの道筋はとてよ良かったと私は気に入っています。

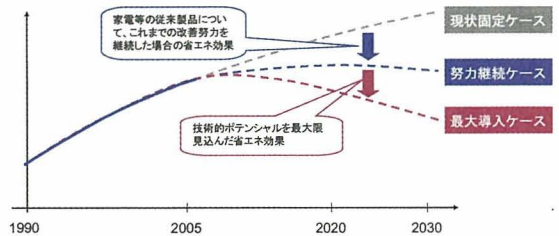
次が二〇〇七年四月の「エネルギー技術戦略マップ二〇〇七」で、だんだん世の中がかまびすしくなるなかで、二〇三〇年に向かってどうという技術オプションを並べていくのかということ、中身の面白さよりも、いろいろな人の意見を取り入れて並べてみたというものです。一本筋は通ってはいますが、対象の数が多くデパート的になっています。

三つ目が、「クールアース・エネルギー技術革新計画」。当時の安倍首相が提唱したのに関して、経産省で有識者会議をつくり、地球環境問題を解決するためにどういう技術がありうるかを検討したものです。

エネルギー基本計画があり、新国家エネルギー戦略が二〇〇六年八月にあつて、その流れのなかからいまの三つの戦略等が出ているという位置づけが図1-3(次ページ)からわかります。

最初の「エネルギー技術ビジョン二一〇〇」では、資源の制約—たとえば化石燃料がいつごろなくなるのか、またはなくなるのかなど、いろいろな要素を長い目で見、かなり先を見通して、二一〇〇年をバックキャストしている手法で考えました(図1-4)。

今回の長期エネルギー需給見通しでは、エネルギー技術の進展と導入のレベルに基づき、以下の3ケースについて推計を行なう。

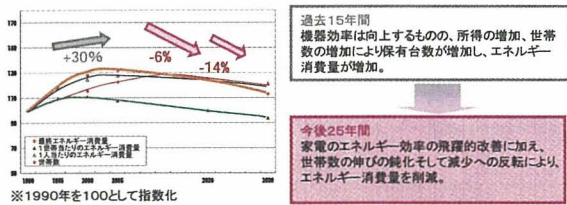


昨年までは、基準ケース(現在の技術、取り組みを継続したケース)と戦略達成ケース(新・国家エネルギー戦略の目標を達成した姿)の2ケースであったが、1ケース増え、名称も最大導入ケースに変更。

図一 長期エネルギー需給見通し(案) (2008年3月19日)

エネルギー消費の伸びを反転させる  
過去15年間で、世帯当たりのエネルギー消費量が約8%増加、エネルギー消費量全体も約30%増加(1人当たりのエネルギー消費量も約30%増加)。

世帯当たりのエネルギー消費量を、今後15年間で約7%、25年間で約13%改善、エネルギー消費量も15年間で約6%、25年間で約14%削減(1人当たりのエネルギー消費量は、今後15年間で2%改善、25年間で5%改善)。世帯数は2015年にピークを迎える。



図二 長期エネルギー需給見通し 家庭部門の姿





ケースAです。ケースBは、原子力だけですべてまかなうという世の中もありえる姿だろうと。左下のケースCが、原子力でも化石燃料でもなく、省エネを究極まで行なって、太陽光とか風力のような再生可能エネルギーを大量導入してエネルギーの需要を満たすという姿。この三つの可能性をカバーする技術を用意することで、不確定な将来への技術的な備えとなるだろうと考えたのです。

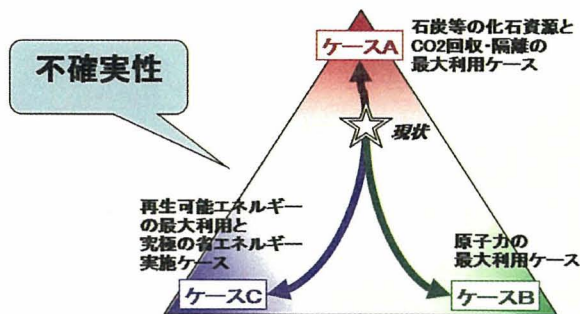
ここで見られるように、エネルギー問題の第一の視点は、その「不確実性」です。

エネルギー問題は、どうしても二〇二〇年、三〇年、五〇年、二一〇〇年という見方が必要だと。このなかでどううまく順番にやっていくかということと忘れてはいけないという「長期性」が二番目の視点です(図一七)。

「エネルギー技術戦略マップ二〇〇七」では、二百数十の技術を挙げて、これがいつごろどんなスケジュールものになるのかならないのか、どのぐらいあてになるのかを考えて一覧表にしました(次ページ、図一八)。その中から省エネに関するものを拾ったのが図一九(次ページ)です。

このくらいいろいろ考えないと始末がつかないのがエネルギー問題であり、何か一つ二つ画期的な対策があつてそれで解決するようなことではないという「多様性」が三番目の視点です。

最後の「クールアース・エネルギー技術革新計画」ということで有識者会議をやり、二〇五〇年に向けて、技術的に解決策があるとすればどういうものが有望かを、さつき二百数十あったものから二〇ぐらい選びました(次ページ、図一〇)。



図一六 3つの極端ケースと経路(エネルギー技術ビジョン2100)  
出典：エネルギー総合工学研究所 平成17年、資源エネルギー庁委託調査 エネルギー技術戦略マップ

少し前までは私自身も、「自分が生きている間に電気自動車大量に走る時代がくるのかな」という意識でした。しかし、地球環境問題、エネルギー資源問題の高まりのなかで、こういうものの導入を加速したいという意識が高まっていますから、電気自動車、広くいえば「次世代自動車」が、かなり早い段階で普及しそうです。すなわち、四番目の視点は「技術の開発と導入普及の加速の必要性」です。

長期性

	2000	2030	2050	2100
<b>民生</b>				
<b>省エネ</b>				
照明	高効率照明	高効率LED 有機EL照明	低熱損失高効率照明	
自然光利用技術		高度太陽光利用照明(高効率集光・伝送)	蓄光・生化学発光	
空調・給湯				
住宅・ビル用高性能建材	高断熱化、室内空気質改善、快適性向上		能動調整機能付き建材	
高効率空調システム	高効率ヒートポンプ、蓄熱空調、太陽熱・排熱等未活用熱源利用			
化石燃料利用分散電源	燃料電池コジェネ	ハイブリッドシステム(業務用)	(水素利用超高効率燃料電池)	
高効率給湯	高効率ヒートポンプ給湯	真空断熱貯湯		
厨房	高効率調理器	新調理加工技術		
動力・その他			(食品) 長期品質保持 長期常温保存	
情報家電(大型ディスプレイ等)	省エネPDP-LCD、大容量光通信・ストレージ		LED、ELディスプレイ	
共通技術	高効率デバイス(電力変換等)	45nmプロセス SiC GaN、AIN等 CNTトランジスタ/ダイヤモンド半導体	単電子トランジスタ	
<b>創エネ</b>				
未利用エネルギーを電力等に変換		薄膜型 色素増感型、有機薄膜型等	超高効率新型	
太陽光発電	低コスト化、高効率化、設置容易化			
<b>エネルギーマネージメント</b>				
HEMS・BEMS	モニタリング	ネットワーク化による連携制御	需要予測 (ライフスタイルや快適性を取入れた制御)	
TEMS(地域でのエネルギーマネジメントシステム)		エネルギー融通	エネルギー貯蔵との連携制御	系統との連携制御
エネルギー貯蔵・ネットワーク(電気・熱・水素)	リチウム電池	新型二次電池、蓄熱	ローカル・エネルギー・ネットワーク(LEN)	水素利用燃料電池 分散エネルギー貯蔵

図一七 ロードマップの例：民生部門の概要(エネルギー技術ビジョン2100)  
出典：エネルギー総合工学研究所 平成17年、資源エネルギー庁委託調査 エネルギー技術戦略マップ







エネルギー技術に関して、ビジョン、戦略が策定され、その中身はすべてネットで公開されています。キーワードさえ入れていただければほとんど見ることが出来ますから、ぜひご覧いただきたいと思います。

### 再生可能エネルギー利用の仕組みが鍵となるエネルギーマネジメント

家庭、ビル、地域で今後どんなことが起こりそうか。

一番目は、HEMS、BEMS（住宅やビルのエネルギー消費削減手段としてIT技術を活用した省エネマネジメント装置を取り付け自動制御するシステム）とその地域レベルEMS。

いままではHEMSというのは、需要の機器を入れたり切ったりする、またはコントロールするところまでしかできなかったわけですが、これから先、太陽光発電が屋根に載る、車載電池、コジェネ、分散電源など、熱とか電気を発生させるものができてくる、そして、ヒートポンプのような熱をためるものも増えてくる、というように制御しうるものがだんだん増えてきます。その結果、家やビルがエネルギーの倉庫をもち、自律的な管理が可能になる。その段階では、いままでと違ったHEMS、BEMSがあり得るのではないかとということ。それが地域的に広がったものに発展するだろうということが考えられます。

いまは電力またはガスそれぞれでネットワークがあるわけですが、一つひとつの家やビルが自立的にやるのはいいのですが、何千万戸もあるものがバラバラにやるのではなく、クラスター化されて、あるまとまりをつくって、うまく省資源とかコスト低減をやるようになるのではないかと、クラスター化された需要地域とネットワークが複数階層出てくるということ。そして分散制御によるエネルギー需給管理と系統運用との協調が行なわれるようになる、というのが第一点です。

二番目は「二次エネルギーの選択」です。いま家庭やビルでは最終段階の需要として、ガス、電気、灯油が使われていますが、図18で挙げた新しい技術が入ってくると、その二次エネルギー、また最終エネルギーの選択が少

しずつ変わってくるだろうということ。必ずしも家、ビルに限らず、車が何をエネルギー源として使うかは大きな影響をもつと考えられます。三番目は、太陽熱、バイオマスを含め資源利活用、廃棄物処理、水処理を地域で総合的に考え、いろいろな単位で物またはエネルギーをうまく使い回すということですね。

いシステムが出てくるのではないだろうか。これが家庭・ビル、地域で起こりそうだといいことですね。再生可能エネルギーは、クリーンで、手元でも使えるということ、非常にいいという印象があるのですが、そうとばかりは言えないという面もあります。それを太陽光発電について説明したのが図11です。

エネルギー源ごとに、供給側から需要側に至る流れを俯瞰しつつ、効率の向上と低炭素化の両面から、CO2大幅削減を可能とする「21」の技術を選定。



図10 重点的に取り組むべきエネルギー技術革新 出典：METI CoolEarthエネルギー技術革新計画報告書



ます。実際には曇りがあつたり雨があるので、平均値では中段の線になる。ただ、本当に起こることは平均値でも最大値でもなく、天気次第でいろいろな発電量になります。だから太陽光にはこれだけ不確実性があるということに何らかの手を打たないと、一軒の家であれ、一つの地域であれ、一つの国であれ、うまく使いこなせないということです。再生可能エネルギーをしようとするときには、この新しい不確実性にも対応していかないといけない。ここをいろいろな形で解いていくのが非常に重要になると思っております。

図12は、ある家の電気の需要と太陽光発電の発電量を表わしています。家庭の需要をモデル化すると、朝たくさん使い、昼は下がって、また夕方から夜にかけて使うというパターンになっています。太陽が照らない時間帯の家の電気の収支は変わらないのですが、太陽が照っている昼間は2kW余るともあつたり、夕方たくさん使う時間帯には2kW欲しいときもあつて、プラスマイナス4kWの変動がある。これがいいのか悪いのか。電気会社は「質の悪い電気をネットワークに戻すのはやめてほしい」ということになります。

これに対して、バッテリーを入れ、昼間に充電して、夕方たくさん使うときに放電すると、図13のように夜中に1kW買って、昼間には1kW出すというように平準化できます。ただ、一軒一軒の家がバッテリー代を負担することになります。他の分散電源でも似たような平準化の議論があります。果たしてそういうやり方が正しいことなのかどうか。電力系統のなかでは、多数の需要が合わさることでコンスタントな需要が実現されているということでも、一軒一軒がフラットで買っているわけではない。であれば、変動の大きな再生エネルギーを利用するときはどういう使い方をしたらいいか、今後制度も含め議論する必要があると思います。

電力系統全体の需要を模式的に表わすと、昼間大きく、夕方は少し続ぐがだんだん減っていくというパターンになります。これに対して、二〇三〇年に太陽光発電が何千万kWか入っているかもしれないというのが需給見通しの「最大導入ケース」の想定ですが、もしもそれが実現すると、晴れた日には昼間の間、電力会社がいまもっている発電所が受け持つ需要はぐっと下がって

きます。そして夕方は需要がまた盛り上がってしまうということが起こります(図14の上)。

需給見通しのなかに想定されているいくつかの要素をこれに加えてみます。電気自動車やプラグイン・ハイブリッド自動車に充電する、ヒートポンプを運転するというようなことを、「深夜電力」を使ってみんながやった場合には、夜間の需要が増えてくる。この分を合計してみると、案外夕方が最大の負荷になって、昼間はむしろ負荷が低い。ただ、これは晴れた日だけ、ということが起こることになります(図14の下)。

また、原子力の割合が増えるならば、原子力は負荷の変動がしにくいですから、フルで稼働させたほうが絶対的いい。また、石炭火力を効率よく使おうとすると、やっぱりフラットな稼働をしないとイケない。

供給する側も努力して需要に合わせるけれども、エネルギーを溜められる、または熱を溜められるものを備えた需要側が自分のほうをそこそこコントロールしてうまく協調し合うということがないと、うまくいかないだろうなと思うわけです。

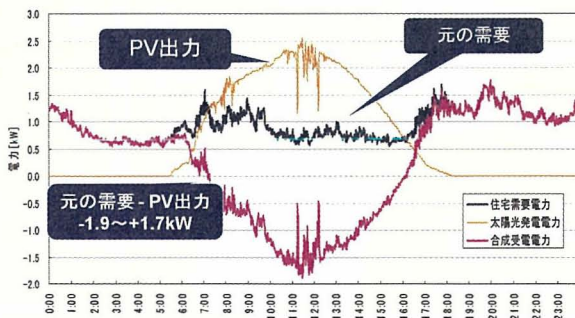


図12 家庭への太陽光発電導入解析  
太陽光発電(PV)あり、エネルギー貯蔵なしでのバランス

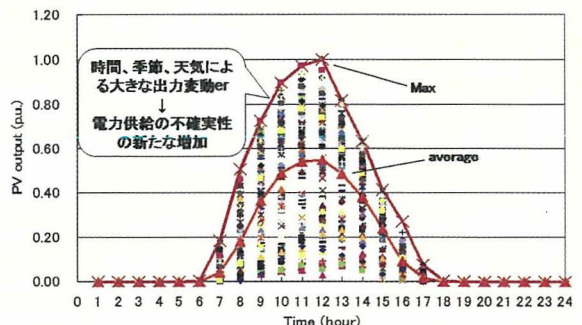
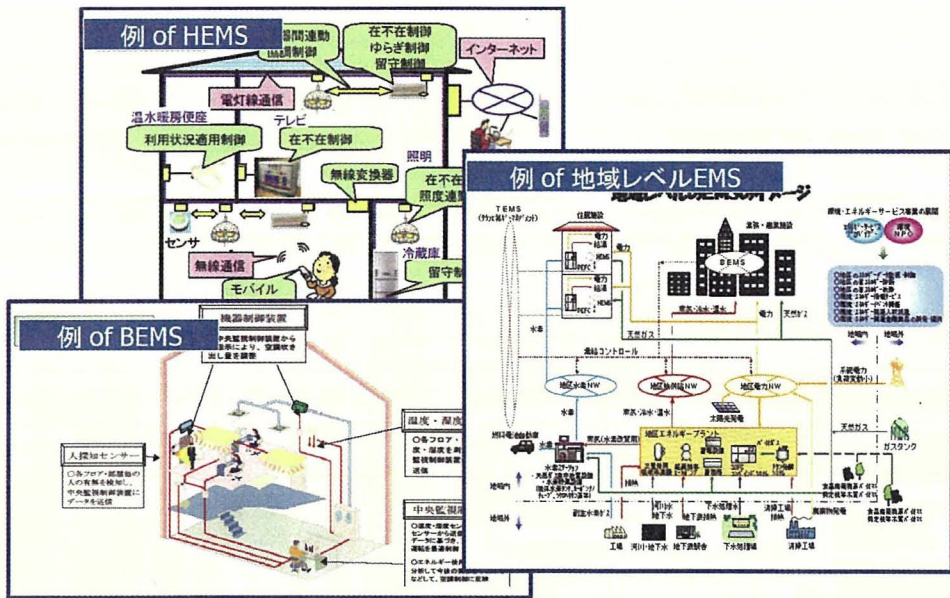


図11 新しい不確実性  
エネルギーの間欠性(ある月の1地点の太陽光発電の出力)





図一15 エネルギーマネジメントによるインテグレーション 出典：METI 報告書

大きな目、長い目での損得勘定を家庭でも将来、住まいに入ってきたような技術にはどういうものがあるか。エネルギー技術の使えるものは最大活用して将来を拓いていこうとしています（次ページ、図一16）。

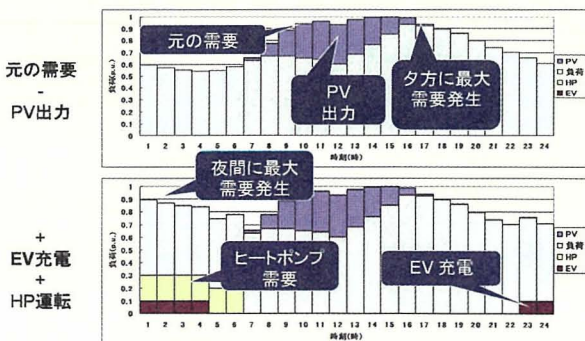
雷給見通しのなかで、さまざまな技術の導入を想定して、約六〇〇万kWhの省エネを積み上げました。検討された省エネ技術を表にすると、上のほうに転換部門と産業部門が並び、民生部門でディスプレイ、IT機器、高効率給湯、高効率照明、高断熱の建物などが挙げられています（次ページ、図一17）。

同時に、新エネルギー技術として挙げたのが、太陽光、風力、廃棄物、バイオマス、バイオマス熱利用、その他ということになります（次ページ、図一18）。

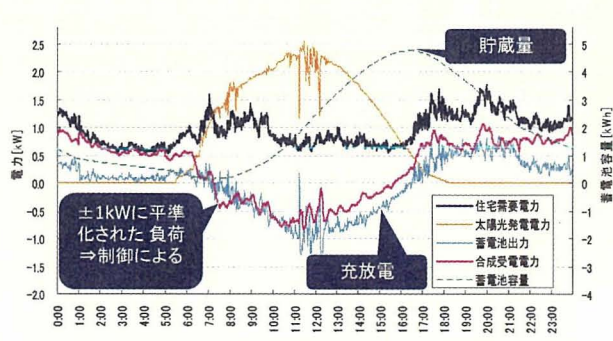
風力発電はすでにペイしています。技術的にも成熟した段階にあるので、使えるだけ使うことについて、問題はない。しかし、海の上にも建てたとしても、おそらく二〇〇万〜三〇〇万kWぐらいしか置けないはず。風車に日本全体のエネルギーを全部託すわけにはいかない。廃棄物発電は、エネルギーを生むためにではなく、うまく廃棄物を処理する、または上流に戻すという視点でやるのが重要です。太陽光発電は現状では経済性が成立しにくいですが、技術開発による低価格化が期待されています。しかし面積が必要。屋根などに取り付けなければならず、どのぐらい普及できるかは、建築分野の方がたが今後検討、努力さ

術を表にすると、上のほうに転換部門と産業部門が並び、民生部門でディスプレイ、IT機器、高効率給湯、高効率照明、高断熱の建物などが挙げられています（次ページ、図一17）。

同時に、新エネルギー技術として挙げたのが、太陽光、風力、廃棄物、バイオマス、バイオマス熱利用、その他ということになります（次ページ、図一18）。



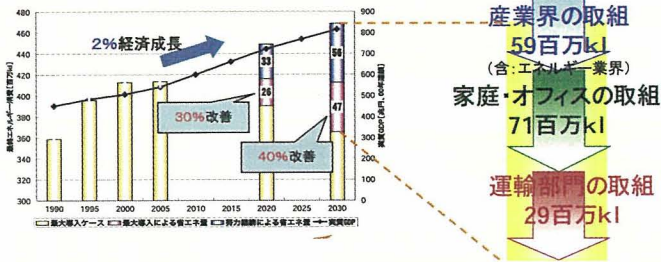
図一14 系統需要に対する新技術導入の影響



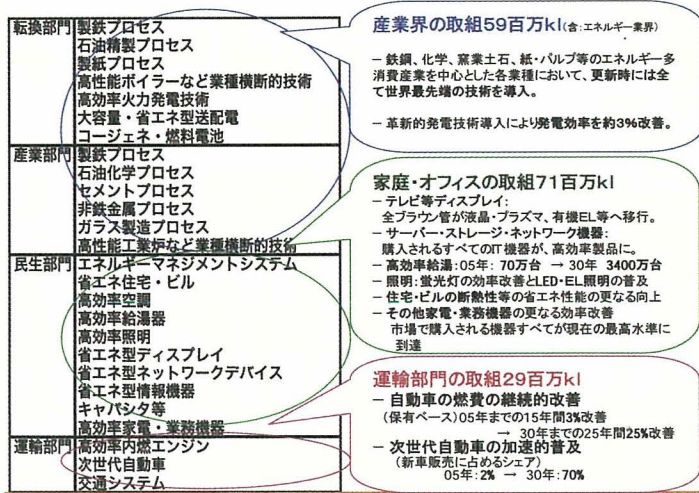
図一13 家庭への太陽光発電導入解析  
太陽光発電 (PV) あり、エネルギー貯蔵ありでのバランス



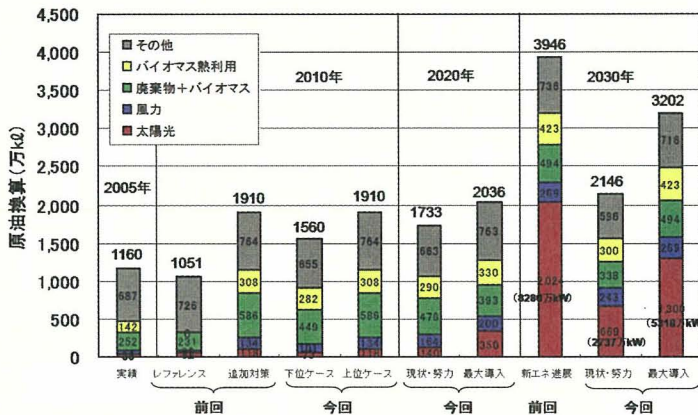
技術的ポテンシャルの最大限まで機器・設備効率を改善し、これらの製品を更新時に最大限導入することで、世界最高水準のエネルギー効率を達成。



図一16 エネルギー技術の最大活用で将来を拓いてゆく  
出典：METI 長期エネルギー需給見直し



図一17 検討された省エネルギー技術 出典：METI 長期エネルギー需給見直し  
世界最先端のエネルギー技術を最大導入した姿



図一18 新エネルギー導入量

現在私たちが手に入れよう。

短期的には、現在のライフスタイルをベースとして、いろいろな省エネまたは新エネルギー技術が導入・普及していくでしょう。

導入できる温度条件がどこまで広がるかどうか。

技術的に伸びてきて、導入例も少しずつ増えています。技術開発が進んで

れる余地がきわめて大きいと考えています。

その他のいくつかの技術について、簡単に私のコメントを述べさせていただきます。

プラグイン・ハイブリッド自動車は、現在のハイブリッド自動車のガソリンで高効率に走れるという機能に、家庭のコンセントなどにつないで充電をした電気で作るという機能を加えたもので、電気自動車との本質的な違いはありません。プラグイン・ハイブリッドがだんだんガソリンのお世話にならなくなつて電気自動車になるという考え方もありますし、一日数十kmしか走らない、あるいは必ず車庫に戻る使い方をするので、最初から電気自動車ではない、あるいは必ず車庫に戻る使い方をするので、最初から電気自動車ではないわけです。

一次エネルギー投入量に換算したエネルギー効率は、走り方にもよります

が、エンジンより電気の方が二・五倍以上高く、コストはいま1kWh当り10万円ぐらいします。実用的な電気自動車としては10kWh〜20kWh搭載する必要があり、電池の価格が下がってくれば、いまのガソリン代に比べて数分の一のランニングコストで走れる電気自動車は経済的にきわめて有利です。安全で安価な電池の実現が、ポイントになります。

「次世代高効率照明」に関しては、当面、白熱球から蛍光灯への代替が進みますが、さらにその先のLED、有機ELが面的な光源としてどう実用化されるか、もう少し時間がかかるかなという感じですが。

燃料電池もコストが少しずつ下がっています。PEFCという比較的低温の低い領域の燃料電池が開発されていますし、SOFCという高温でより高い効率を実現できる電池も開発されています。

ただ、一つひとつの家やビルのエネルギーの使い方、方にどうマッチするかが、経済性に効いてくるだろうと思います。

ヒートポンプはかなり



ている快適な生活レベルは落としたくないし、より向上させたいと思うのは自然な希望だと思いますが、将来のライフスタイルとして、年齢構成の変化、価値観の変化、燃料が高くて買えなくなるというようなこと、または日本の経済全体がどのくらい発展していくか、あるいは縮小するの、などのさまざまな可能性を考えておかないといけません。

企業なら、どれがいいか悪いかという損得勘定をじっくりやりやりますが、一般家庭では、電球から蛍光灯への取り替えが進まないように、とりあえず安いものを買ってしまうところがあります。ハードの技術ばかりではなくて、制度、情報などソフトの領域が重要で、それを整備していかないと、技術があっても導入普及が進まないということは、これまでも痛感してきた状況です。

### 生活を支える物質とエネルギーを「流」から「環」へ

いままでは、資源・物を含めて、左側から入ってきて右側に流れて、廃棄されておしまいになってきました。リサイクルは一部にとどまっている。図120の「流」という世界であった。これからは、物もエネルギーもぐるぐる回して返すようにしたい。いちばん外側にある再生可能エネルギーを動力として全体の「環」を回すということで、回収できるものは回収し、廃棄物も、

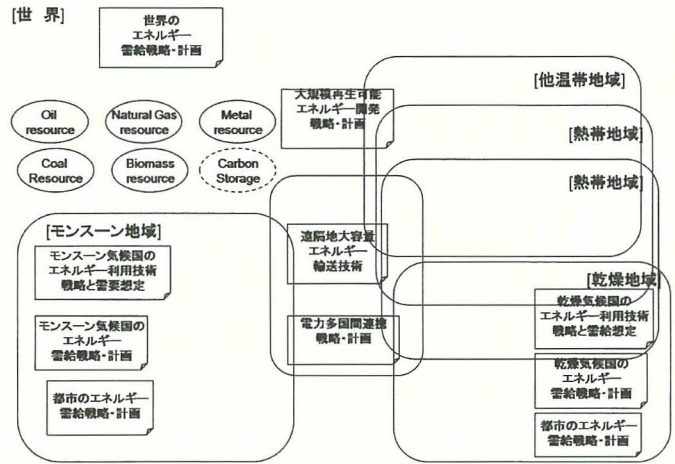


図-19 地域性に基づく検討領域

埋めるだけではなくてエネルギーとしても回収したい、と考えている次第です。野城 ありがとうございます。ここからは、会場から自由に質問をお寄せいただき、中上先生、荻本先生に内容のあるお話をさせていただこうと思います。

### ディスカッション

問題はどこにあるのか？

濱恵介（大阪ガス(株)エネルギー・文化研究所） お話を伺いながら、いろいろな視点で考えてみたのですが、まずは暮らし手がエネルギーに対する知識を高めないとけない。エネルギーを理解し正しく使う、エネルギー会社を正しく使う、選ぶ、そういう力を高めていくことが最優先なのではないかと思えます。そのためには、情報も学校教育も必要です。

中上 「家庭の省エネ診断」というプロジェクトを以前環境省でやり、四つの地域で数百サンプルずつ、いろいろなチェック項目を出して、エネルギー消費量を調べました。何がいちばん効果があったかというところ、具体的な省エネ手法や使い方をアドバイスするよりも、すべての世帯の数値を一覧表にして、お宅はここですよと、それがいちばん効いたんです。わが家はこういう位置なんだ、もつと省エネしている人がいる、もつと使っている人がいる、じゃうちは頑張らなきゃいけないと、非常にプリミティブな情報ですが、そこからだんだん間口が広がってきたという経験があります。家庭のエネルギー消費統計は日本にはありません。いわんや民生の業務部

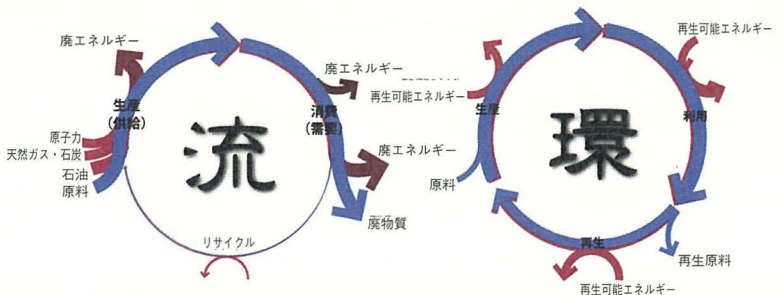


図-20 生活を支える物質とエネルギーを流から環へ

門のエネルギー統計はない。アメリカはいち早く京都議定書から離脱してはいますが、オイルショック以降、アメリカは毎年国勢調査で家庭用も業務用もエネルギー消費を調べています。どういう業種でどういう要因でエネルギーが増えたのか減ったのか、どういう暮らし方をしたからどうなったという情報をきちっと押さえている。私は三〇年前から役所に言い続けているのですが、いまだに日本にはそういう統計はありません。

その理由は、お役人は二年で移動しますから、実態調査を仕掛けても結果が出る時には自分はもうそのセクションにいない。そういうことをやる余裕はないのか、やっても成績にならないと思うのか、具体的な施策だけが先にどんどん出てきて、砂上の楼閣みたいな議論になってしまっている。これが大問題なんですね。

だから、まさに濱さんのおっしゃるように、自分がどこに位置しているのかすらわからない状況でエネルギーの話をしたって、どだい無理で、家電量販店の人たちだって飲食店の人たちだって、kWhも何かわからないですよ。いわんやCO<sub>2</sub>なんてまったくくんぶんなんですね。「自主行動計画を出せ」と役所が言ったって、出てきた数字が何も意味するものがないという状況ですから。もつと一次的なそういう作業があつて、それからHEMSだ何だに入っていくのではないかという気がします。

HEMSの実験も、経産省の委託調査で私もやりました。HEMSではもつと細かい情報がわかりますから、それこそポイントできちんと状況を診断してお返ししたのですが、そこでも、お宅は何番目ですよというのがいちばん反応が強かったという状況でした。

**野城** HEMS以前にも、もつと一次的な、東京電力、東京ガスの請求書を積み上げた統計があるべきだということですね。

**中上** それを役所に言ってもなかなか話だどつくづく実感したのは、経済産業省が業務用の施設のエネルギー消費実態を調べようとしたら、ホテルは国土交通省、病院は厚生労働省であるとなつて、だんだん削ぎとられて何を調べているのかわからなくなつて、全体像が見えてこない。それも大問

題の一つです。

住宅でいえば、戸建てのどんな住宅に住んでいて、どういう設備をもつていて、どういう家族構成で、どういう所得レベルでという情報があつて、それとエネルギー消費を比べて初めて次の施策が打てるのですが、そういう情報はまったくれないという問題があります。

お役所にはいろいろな外郭団体があるわけですから、それをうまく利用して、もう少しルーズにやったらどうだろうか、私はあえて言ったのですが、そうなると思います担当の役人からは遠くに離れていって自分のことにならないので、なかなかできない。本当にばかげた話だと思います。

**村田朋美**（北九州市立大学国際環境学部） みんなが一つになつてアクションプログラムにつなげる考えがもてるかどうか、人を動かす動機はお金かもしれないけれども、問題を共有するためには、本質的な問題はどこにあるかという問題の

階層性を明らかにしてみることが一番なのではないでしょうか。二番目に、中上先生がアジアバブルの例でおっしゃったと思うのですが、問題が見える、解決策が見えるくりくりの方が大事だと。自分の目の前で見えている風景のなかの問題も、それを解決しようとしたら、問題が見えるくりくり方をしていいのかという問いが大事だと思いました。

三番目に、私がアメリカのベンチャー・キャピタルで働いていたとき、この人たちのやり方は、「未来が見えないなら、きみにチャンスがあるだろう」と言い続けるんですね。「未来が見えすぎたらやめろ」と。「未来の白いキャンパスにおまえが絵を描け。その絵を自分に引き寄せろ。そのときにおまえが全部やつてはだめだ。未来を描くのは未来に強いやつに描かせて、引き寄せるのは現在に強いやつに引き寄せさせろ」と。日本というなら、官僚が引き寄せる側で、官僚が未来を描いてはいけないということかもしれません。そういうふうな、未来は自分たちが引き寄せればいいのかという発想がもてるかどうかということ。

問題は非常に多様なものだけれども、「細部に神が宿る」、つまり問題が見え





る。問題を「見える化」してみんなが共有する仕組みにしないと、みんなで動くことにならないから、そういうことを教えていただくことが大事だということですね。

野城 とても大事な視点をご提示いただきました。荻本先生、いかがですか。荻本 「エネルギー技術ビジョン」のときに、二一〇〇年から引き寄せるということをやりました。とにかくフランクにみんな話合っているいろいろな可能性が考えられたということで、価値が高いものになったと思います。一つの技術で解決できる領域には限界がありますから、多様性のなかで順番にロジカルに切り取っていくことで活路があるのだろうと私も思っています。

### 消費者を動かす力、供給者を動かす力



中上 トヨタがプリウスを売って世界に冠たる自動車会社になったのが非常にいい例だと思うのです。当時、プリウスは売れば売れば赤字になるといわれたもので、トヨタはそれを承知で売ったわけですが、対抗するメーカーは同じような技術をもっていたにもかかわらず、二の足を踏んだ。

まさかトヨタがそれで世界一の自動車会社になるとは夢にも思わなかったでしょう。トップの決断がいかに大事かということですね。皆さんも日常経験されると思いますが、現場の担当者の方にいくら言っても、トップに理解してもらわないかぎり、省エネビルなんてできやしないわけです。

トップの最たるものは総理大臣です。総理大臣がもっと上等な情報に基づいて行動するならば、もう少しましになるのじゃないかと思う。ダボス会議での打ち出し方というのは、どうも偏った情報だけでスタンドプレーをやってしまった非常にまずい例だと私は思います。

いちばん難しくても効果があるのは、やっぱり消費者です。私が待機消費電力の問題を提起したときに、年間一万円も待機電力で損をしているというデータを付けたがために、それが主婦の琴線に触れたそうで、一万円を超えると主婦は動くのだそうです。あのとき私が七〇〇〇円といったら動かな

かったかと思うとゾツとしますけれども、一斉にプラグを抜いた。すると、次の月の電気代が一〇〇〇円ほど下がったわけです。これはすごいということで、あつという間に広がりました。

メーカーからは「なんで一W、二Wのことでごちゃごちゃ言うのだ」と私はさんざんいたぶられたのですが、消費者の声が大きくなったら、あつという間に方針が変わり、ドラスティックに日本の待機消費電力は新製品から下がってきたのです。

携帯電話は充電するのに二〜三Wかかるのですが、当時、充電器の待機電力が同じく二〜三Wあった。二〜三時間で充電しますから、あとの二〇時間のつなぎ放しはものすごいロスをしていたわけです。いまは〇・一Wとか、そんなオーダーに下がっていると思います。もちろんそれでも使わないときは抜いたほうがいいわけです。

しかし、アメリカ、ヨーロッパはいまだに待機消費電力を下げきっておらず、規制でやろうとしている。「日本でなぜ下がったの」と聞くので、「消費者にプラグを抜いてもらえば一発ですよ」と言ったのだけれど、EUの研究者は、「それはヨーロッパでは無理だ」と。「検針するのは年に一回だけで、電気代は前年度実績を二か月で均等払いにしているから、一年たったら何の理由で減ったか増えたかわからない。日本では一か月ごとに検針しているからできるのだ」と言われたんですよ。

村田 それはすごいですね。

中上 そう。日本の検針制度は誇るべきだと、変なところで思いました。そういうように、消費者の声はものすごく大きいんだけど、なかなか消費者の琴線に触れて動いてもらえないところがまた問題なのです。

ビルに省エネの規制をかけようということをさかんに議論するわけですが、なかなかうまく進まないのは、以前は三菱地所とか三井不動産という大手のオーナーを口説けば何とかなる可能性があったところが、最近証券化されて不特定多数のオーナーがいて、その人にとってみれば利回りあつてのことですから、省エネ投資をしたからには、家賃収入に跳ね返ってリターンがな

ければいけないわけです。省エネした分はオーナーに返るわけではなく、ユーザーに返るわけで、結局は全然インセンティブが働かない。これじゃいかん、ラベリングにしようという方向になっています。

③マークみたいなもので、「このビルは省エネですよ。優良な企業は省エネビルに入るべきでしょう」という風潮が高まれば、そういうビルをつくらないとテナントが入らない。「そういう仕掛けをしませんか」という話を一方でやっているわけです。外資系の著名な企業は、日本に事務所を構えるときにまずそこを聞いてくるそうですね。「うちはあまり配慮していません」というと、「では、ほかを当たってみます」ということになるそうですから、世の中うまくいけばそういう話もあるのかなと思っています。

野城 エネルギーには大きく二つの方法があって、かつての排ガス規制と同様に、規制というストレートな方法と、適切な情報がユーザーの琴線に触れて、やがて供給サイドを動かしていく。その二つがあるということです。

風間誠（社会システム研究センター） 私はかつてある電気会社において、省エネ関係もずいぶん検討して電力会社に提案したり、家庭用に関してもいろいろな提言をしてきました。



白熱電球ではなくて蛍光灯にしたら省エネになると言っても、メーカーは装置産業ですから、すごいお金を投資しているわけで、一〇年から一五年かけて減価償却しないといけない。中国製が三三〇円で売っているのに日本の一流企業の製品は一三〇〇円もする。そんなレベルなんです。やはり白熱電球を買ってしまう。いま私はLEDを照明に使うおもうと思ってる。懸命やっているんですが、電気代は五分の一から一〇分の一ぐらいになるところが、物をつくるときのエネルギーから全部加えて計算してみると、「本当に省エネなの？」というところが出てきちゃうんですね。

発電のほうも、たとえば改札口発電みたいなものも出てきました。一つ一つは小さくても積み上げていけばかなりの省エネになるはずですよ。私も潮力発電とか地熱発電等を手掛けましたが、投資に対して発電のコストがめっちゃくちゃ高い。ライフサイクルコストの問題とか、地球環境にどうなのかをジ

ヤッジできる人が検討して、たとえば上・中・下のメニューがあるよと、具体的にづくってあげないとできないのではないかと。

私の頭の中では、こういうふうにしたらもっと省エネになる、発電もできる、ということがあるのですが、どうしていったらいいのかなというのがいま私の課題なんです。

野城 コストの問題について、供給側そのものが言ってしまったら身もふたもない部分もある。だけど、消費者サイドには技術的な知識、ジャッジできる知識があるわけではない。そこをどう埋めるかという課題をご指摘いただいたのですけれども、いかがでしょうか。

中上 JCCCA（全国地球温暖化防止活動推進センター）という環境省の外郭団体が、省エネ商品のアドバイスを簡単なパンフレットにして、毎年改訂しながら出しているのですが、なかなかそういう情報がいざばん肝心なユーザーにいつていない。地球環境問題で行動しているかどうかアンケートをとると、五%ぐらいはやっているけれど、九五%はまったくやってない。この九五%をどうやって動かすかが、一番の問題です。本場に一般の消費者の方にこういうことを訴えるのは難しいなと。

それで、環境省が、エコポイント制度というのをつくって、いま試験的にやり始めたのですが、エコロジカルなものに対しては協賛金のようなものを積んで、省エネ家電を買えばポイントがもらえて何かに換えられるという仕掛けにして、消費者が得するようにもつていくと動くのではないかとというのが始まりました。そういうことも一つのきっかけになると思います。

もう一方で、机上で議論をするときはエナジー・エフィシエンシーで議論すれば通じるのですが、実際にはエナジー・セービングで効いてくる。高効率のものをに入れても、それが高効率で動いていなければ意味がない。たとえばヒートポンプでも、最適設計したつもりがほとんど部分負荷でしか動かなければ、効率が非常に悪い。COP（発生した熱エネルギーの消費電力に対する効率＝成績係数）が5あるはずなのに、2を切っている状態で運転しているというばかげたことが実際にはたくさん起きています。今度はそっちが問題にな



るわけです。一般消費者の方にやってもらうこともさることながら、本当に現場で動いているかということが、もつとこれから大事になると思います。

電球型蛍光灯の話ですが、ベトナムで私たちが実験したときには、東芝の電球型蛍光灯をもっていつてやりました。ベトナムの人は、「日本製は高くても買う。中国製は、三年はもつはずが一年弱で切れてしまう。危ないから買わない」という話で、やはり価格だけで事を進めるわけにはいかないんです。

## 制度が足かせとなる日本



荻本 別の視点で、制度という問題もあります。アメリカでプリウスが売れ始めたときに、中に電池が入っているのだから、アメリカの人は充電できるはずだとすぐに思ったんですね。もう何年も前からプリウス改造キットをネットで売っています。それでアメリカでは、当時の日本に比べて

ベースとなる技術が高くないにもかかわらず、プラグイン・ハイブリッドの考え方に多くの人がチャレンジしました。なぜ同じ試みが日本で広く起きないかという、日本は改造車は許されないからです。制度というのは新しい技術の開発と導入普及にきわめて大きな影響をもっている。

いまの制度をもとに考え方や価値が決まってしまう。それは一〇年、二〇年先まで見通したときに、誤った評価を与える可能性があるというのはきわめてシビアな問題だと思います。

濱 私はいま中古住宅に省エネ改造をして体験居住しています。制度のなかで私がいちばん不満をもっているのは、太陽光発電による余剰電力の買い取り単価です。従量電灯Aの第二段でしか買い取ってもらえません。それも任意制度ですから、電力会社の気分が変わったら買い取ってもらえないかもしれないという不安をいつも抱えている。揚水発電の原価が七〇円なのか、八〇円なのか知りませんが、それを思えば、二十何円でしたか買ってもらえないのが不満で、たぶん固定価格の買い取りをトップが決断すれば、太陽光発電をぐっと推し



進めることも可能じゃないか。ユーザーとしてそういう制度は大いに期待しているところですよ。

荻本 電気には色がないので、石炭火力の電気か、原子力の電気か、揚水発電のものは計算上しか現われない。本当はいくらなのかというのは物理的には分けられない。それを計算するのはまた制度なんですね。

野城 荻本さんご紹介いただいた先ほどの太陽光発電のグラフは、売電ありきなのか、バッテリーを置くことを前提に話をされたのか……。

荻本 技術的にはバッテリーを置けば電気の需要を平準化できるということでは正しい。ただし、バッテリーを使うなら、地域全体でバッテリーを使うとか、系統全体でバッテリーを使えば本当の意味が出てくる。なにも一軒一軒の需要を均す必要はないと私は思います。

中上 濱さんがおっしゃったとおりで、太陽光発電の余剰電力の売電が系統に対して影響を与えるようなキャパシティはないわけですから、単に電力会社側の問題だと思います。それになかなか踏み込めないのは、情報が完全にはオープンにされていないところに理由があるかもしれません。いまさまざまところでマイクログリッド（自然エネルギーの売電が系統全体に影響を及ぼさないための小規模な電力システム）の研究をいくつもやっていますが、研究成果を見ると、ほとんどが系統全体がどうこうという話は問題なく、なにもマイクログリッドにしないでなくても成立するね、みたいな話になっていて、議論だけで終わって公式レポートには出てこないのは、きっと制度の問題なんですよ。マイクログリッドを「日本でやるより、ベトナムでやりましょう」というと、電力会社はすぐ乗ってくる。ここでやられると自分の領域を荒らされるみたいな、そっちの話にすり替わっちゃうんです。

野城 イギリスの環境共生の集合住宅で、太陽光発電を電気事業者のチャージに使っているという例があります。それは未来形としてはありなんですよか。

中上 ありでしょうね。

野城 売電以外に、建築でつくったエネルギーを近場の需要に使うことも、

組み合わせとしてはありだということですね。  
荻本 はい。

## エネルギーの「見える化」の重要性

下田邦雄（東京ガス㈱リビング技術サポート部） エネルギーをセーブする家庭での方法として一つ提案したいのですが、エネルギーの「見える化」をやったかどうか。コントローラーとかりモコンに前年度比較とか前月比較が表示される。下がった場合には何かインセンティブを与えてあげる。たとえばエコポイントみたいなもの、あるいは料金を下げる。そういう動機づけをして、少しでも省エネ、CO<sub>2</sub>削減に役立たせることも考えられる。



それから、将来的な問題として、四人家族の家はこれしか電気を使つてはいけません、熱を使つてはいけませんというように、非常に強権的なこともあり得るのかどうか。

中上 需要を強制的にコントロールするという話は、大口の需要家にはそういう契約をしています。消費者レベルでは、一〇年以上前、電力の供給が需要に追いつかないかもしれないというきわめて不安定な一時期があり、九州電力がデマンドをダイレクトに制御するという実験をやったことがあります。いまは逆に供給力があるから、その研究は消えてしまいました。

当時の技術ですから、非常に大掛かりで精度が悪いものだったのですが、温度を何度まで制御したらクレームがくるかとか、どこで切つてどこで入れるか、一五分ならいいけれども、二〇分はだめだとか、そういうかなり細かい実験をやりました。いざとなればできなくはないのでしようけれども、そこまでいくかなというのがまず一つ。

「見える化」については、ノルウェーのオスロ大学の先生と研究をしたことがあります。料金表に自分が住んでいるブロックの平均値、対前年比などいろいろな情報を与えたときにどう消費者行動が変わるかというところ、やはり「近所のなかであなたはどのぐらいですよ」ということでまず動く。

前年と比べてどうだということで、明らかに次の月の消費量が変わってきた。いまではITが非常に普及していますから、当時から比べればはるかに進んだレベルでそういうことができる。ユビキタスの話で、総務省でその種の本格的なフィールド実験が今年度からスタートするはず。いろいろな方式が乱立すると困るのですが、数年するとある方向が出てくると思います。

消費者のデータをとるのに、どこにどうアプローチしたらいいのか苦慮していたのですが、私はいま大型家電量販店と組むことはできないかと思つているのです。家電がどう使われているかという情報は彼らも知りたいでしょうから、うまくエコポイントみたいな制度に載せて、商品にそういうデバイスをうまくつけていく。いま家庭用の省エネ診断機器を付けようとする、一個数万円するんですね。ところが、大型家電量販店だったら、たぶん数百万円に取付けることができるでしょうから、おそらく数千円でできる世界になるはず。そのへんをやると思つています。家電メーカーは全然マーケットの情報、消費者の情報をもっていない。IT技術が進んできたことによつてかなりいろいろなことができる可能性が出てきたという気がしています。

荻本 アメリカでは「デマンド・レスポンス」が徐々に普及しつつあります。電力を供給する側に都合よい需要に調整できれば料金を安くするというような制度です。アメリカには電力会社が数百家とかわめて多くあり、同じエリアの中でしのぎを削っています。料金のメニューとかサービスを多様化することを、電力会社のほうから積極的にやっています。

瞬時瞬時の電気の価格を消費者に伝えて、それで料金を支払うという制度も一部では行なわれています。このようなインフラができてくると、電力が不足する時、強制的に需要を切らずに価格を高くすることでユーザー側が自動的に需要を減らすことができます。これはコントローラーを見て人間が直接やることもできるし、お湯を沸かすだけなら、安くなったときに自動でやるということが可能。



もう一点、P L C といって家庭内の配電線にL A N を載せることができます。コンセントをつないでいけばすべての家電機器がお互いに通信し合える。コントローラーを置いて、家一軒分のエネルギーの「見える化」ができるはずなのです。これはいままでとはまったく違う状況が生まれます。技術的なバックグラウンドはできた。ということで、家電業界の今後の取り組みが期待されます。

**野城** P L C は、制度イノベーションと絡んで、電波法か何かのハードルがあつて、なかなか進まないですね。

**荻本** 高周波が機器にいたずらをするということがあり、「家庭の中だけ」という制約があります。しかし家庭の中だけでも十分その効果が期待できます。

**風間** P L C と Z i g B e e (家電向けの低消費電力の短距離無線通信規格) と U W B (マルチメディア通信などに使われる近距離高速無線通信規格)、この三つがこれらのユビキタス社会の三種の神器になる。建築や物流ははじめすべての分野に入ってくるでしょう。Z i g B e e はアメリカでは安価ですでにかなり使われています。そのへんのところを見ながらこれから実用化していかないといけないと思います。

**中上** 燃料電池にしても、家庭用というのは1kW、七〇〇Wというオーダーで、車は「マンションが走っているようなものだ」というと、みんな驚くわけです(笑)。そう言うのと車がいかにエネルギー食いか、一般の人に話すときにわかりやすいですね。荻本先生がおっしゃった「電気自動車にすると効率が上がりますよ」という話も、一般の人は、ガソリンより電気にしたら高くなると思つている。「エンジンに比べ電気で走れば効率が数倍違いますよ」という話があつて、はじめて電気自動車の有利性がいえるのだけれど、そういう情報すら一般の人には伝わっていない。だから、メッセージを発するときに、一般の人にわかるように話をしないとけないと思います。

外断熱でさえ普及しないのは?

**松井一郎** (康和地所) 寒い地域から暖かい地域まで各国の省エネ基準を調

べましたら、どこも日本の建築基準法と同じような感じで規制力がある。それをクリアしないと建物を建ててはいけない、売つてはいけない。だから、国民は否が応でもかかわらざるを得ない。日本の場合には誘導基準ですから、それをしなくても建てられるし、売れる。どこかで規制にしていく必要があるとすごく感じています。

私どもは外断熱工法のマンションを供給していますが、外断熱があまり普及しないのは、建築コストが割ぐらい高くなるからです。デベロッパはどこもコストを下げるのに一生懸命で、初期投資でそんなことをする必要がないという考えが多勢を占めている。モデルルームの販売担当者に「外断熱工法を知っていますか」と聞いても、たぶん割ぐらいの方しか答えられない。そんなレベルなんです。ユーザ教育どころか、デベロッパ自体もそんな状態で、省エネルギーで建物をつくれというのは難しいような気がします。

外断熱工法がなぜいいのか。年間で計測データをとると、冷暖房の電力消費は半分もしくはそれ以下になっていくようになります。私どももそういうことを発信しなければいけないのですが、国としてもそういうった基準をきちんと決めていく必要があるのではないのでしょうか。

**野城** マーケットの中で情報を開示して、わかれば改善していくのか、あるいは外国の例のように規制をしないとけないのか。

**中上** これは非常に悩ましい問題でして、第一次、第二次のオイルショックのときに、省エネ法を定めて、断熱材を入れていかに省エネをするかということをやろうとしたのですが、当時、断熱材メーカーは、断熱材を入れたらきわめて効率よくものすごく大きな省エネができるという数字を出してきました。しかしそれは、「全館セントラルヒーティングならばそうなるでしょう」と私はそのときに反論をしました。「バケツに穴が開いている。水が漏れるので、穴をふさぐというのが断熱材を入れるということ。水が漏れまわれば、埋めた分で漏れは相当止まります。でもまだバケツには下から三分の一ぐらいいしか水が入っていません。だから、潜在的には省エネ効果



はあるけれども、実際の省エネ効果は、三分の一の水漏れが止まったということなので、そんなに大きくありません」ということなのです。いまだに日本の住宅の暖房のレベルはその水準なんですよ。このことが断熱基準を大きく推進する力にならなかった。

私は経済産業省のほうの立場でしたから、規制にしようとかんがん言ったのですが、国土交通省が頑として首を縦に振らなかった。一つには、「建築基準法の精神というのは、生命の安全に関わることで決まっているのであって、省エネルギーは生命の安全に直接関わる問題ではない」「したがって、建築基準法の中に入れることはない」ということを言われました。

そうはいいながら、やっぱりやらなきゃいかんということで、いま唯一バリアになっているのは、戸建住宅の在来工法、伝統工法をどうするか。除外するかどうかでもめていまして、大工・工務店とか在来工法をやっていらっしゃる方々にとってみれば、やっぱり一つの城だと思えますから、そこがクリアできない。

「建築主の努力義務みたいなことを言っていると、お金のない人はやっぱりやめておこうということになっちゃう。自分で判断するのはまだしも、建売住宅、アパートの類いは自分で選択できないのだから、ここは安かろう悪かろうでつくったらどうしようもない。そういう業者には網がかげられるのではないか」と私の意見が通って、建売業者に対しては網をかぶせるところまできました。延べ三〇〇㎡と言っていますから、たぶん三軒以上売っていると建売業者は網にかけられると思います。そういう議論までできています。

もう一点、北海道とか東北であれば、住宅の省エネ性能を確保することはある種大工さんのもともとの使命である。ところが、温暖な地域にいくと、まだそこまでの義務感になっていないところがあつて、断熱材は壁の中に一〇cm入れるところまではいまきていますが、一〇cmより厚くすると工法が変わるのじゃないかという議論が一方である。まだカードは切らないで次にとつておこうという話じゃないかと、私は善意に解釈していますが、確かに海外はほとんどのところで規制になっています。

## デザインの力

小泉雅生（首都大学東京） きょうの議論のなかで、制度的なことと、金銭的なメリットがあるかどうかというお話がありました。が、物事をエンドユーザーが選ぶときに、やっぱりデザインはかなり影響を及ぼすと思うんです。

アメリカ西海岸の非常に環境意識が高い人たちに聞くと、「社会の中で環境のことを考えて行動することは非常にスマートで、オシャレだと思われている。だから、自分はやる」と。問題意識というよりも、むしろカッコよく見られたいという部分があるようです。日本ではその視点が欠けていて、われわれ建築家がそういったことに取り組んでこなかったことの証でもあるのですが、そこに大きな課題があるように思います。

中上 おつしやるとおりで、たとえば太陽熱温水器を組み込んだ温水ボイラーのメーカーが、「普通の太陽熱温水器はタンクを背負っていてカッコ悪いからカッコよくしました。太陽電池のパネルと同じような形状にしました」というのですが、デザインを見ると全然まずい。もうちょっと何とかならないかと思う。エネルギー会社に見れば、太陽熱温水器を載せたら確実に需要が減るわけで、あまりポジティブに取り組んでこなかったということがあります。ここにきて東京ガスは都市機構と組んでベランダ置きのパネルと太陽光を組み合わせたものをつくりました。これはかなりデザインがいいです。

プリウスは、ディカプリオが乗っているのでファッションになって一気にいったところがあります。パークレーの高級住宅街に行くと、必ず一台はプリウスがとまっています。すごいですね。そういう意味では、日本のタレントは意識が低いんでしょうか。「うちでは使っているよ」というのがあれば、もう少し一般の人も目を向けるのでしょうか。情報の発信のしかたもうまくないし、デザインも悪いというのは大きなバリアかもしれませぬ。

荻本 かつて西海岸でホンダが非常に伸びたことがあつて、その理由はまさにそのことでした。当時、大型車に乗るのが好きだったアメリカ人がなぜ





ンダを買ったかというところ、それがカッコいい、あれに乗っていないと知的に見られない。

デザインに関しては、本当に形のデザインと価値観につながるところの二面があつて、両方ともきわめて重要なファクターだと思います。

**村田** 環境問題がとにかく大きかつた北九州で何年か過ごしてきましたが、環境問題そのものは、制度（レジウム）とプレーヤー（誰が主役なのか）がキーワードです。エネルギー問題は、個人の場合は個人を動かす動機、どんな動機で彼らは変わるだろうかという動機と、結果を測る尺度が何なのかという二つがキーワードになるのかなと感じました。

この一年半の間に、環境問題が資源問題化しています。たとえば北九州では、漁の餌にする小魚を中国が買い占めるようになった。ペットボトルも中国に持っていかれるという流れのなかで、資源問題化してくることによつて、企業にとつて余分な仕事であつた環境問題が本業のビジネスのものになつたんです。資源問題化したときのキーワードは、市場問題であるということと、国策だということに変換される。そこから解かなければいけない。環境問題も、むしろ誰が使っているのか、それが個人になればなるほど、個人を動かす動機と、動かした結果が何で測られるのかを考えなければいけないという意味で、とても勉強になりました。

北九州市は数年前に「環境首都宣言」をしました。環境市民ができ、具体的な動きが始まつたので、エコポイントについても、具体的に動く準備が整つている地域です。みんなが変わろうとしている。中国の問題は目に見えてくる。エコタウンとして最初に世界的に評価された制度そのものも、廃棄物が減つてしまつたために、逆に動きが鈍くなつてしまつています。そうすると、何をしようとしているかというところ、エコタウンそのものをモデル化して中国に売つてしまおう、みたいな考えが出てきたんです。中国は時間差でそういうことが繰り返されるのだから、北九州だけで考えないで、アジアの黄海みたいなところで考えると、途端にソリューションが出てくる。そういう感じ

を受けました。エネルギー問題は必ず裏に資源の問題があります。製造業にとつては資源の問題のほうが強いので、エネルギーは二番手になってしまう。そういう意味では、どの分野の問題かによつて順位が変わるシステムも必要かなと思います。

**野城** ありがとうございます。まとめていただいたような感じがします。最後に一言ずつお願いして終わりにしたいと思います。

**中上** 昨今、地球環境問題はファッションになりがちですけれども、きょうお集まりの方々には専門家ですので、事の本質は十分ご承知だと思います。それを一般の方々に噛み砕いて伝えていくのが非常に重要ではないかと思ひます。養老孟司さんと池田清彦さんが『本当の環境問題』という本を新潮社から出されていて、いまの行き過ぎの環境問題に対して言いたい放題を言っています。環境問題に向いていると善で、それに異議を唱えたら全部悪みたいな悪いパターンに陥らないようにしたいなど、自戒しながらこの本を読みましたので、参考までに紹介させていただきました。きょうはどうもありがとうございます。

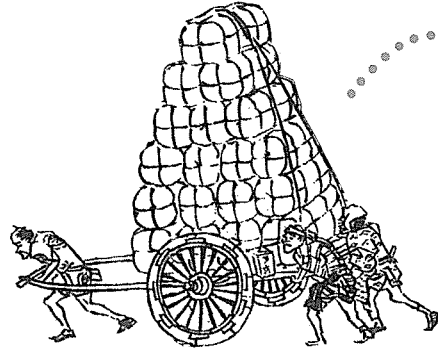
**荻本** エネルギーに関しては、長期性、多様性、いま起こりつつあるのだという視点が重要です。アクションは人間が起こすしかありません。一つひとつのアクションがバラバラになつて無駄なことにならないように、価値観、スタイルを含めて取り組むことが必要だと思つています。エネルギーは、資源、物質まで入りますから、きわめて大きなものにチャレンジしないといけない、そういう巨大なテーマだと思います。



**野城** きょうは、会場からの質問や示唆を含め、これから

このシステムに関わる課題を解いていくさまざまなキーワードが浮かんできたように思ひます。この問題は複雑で大規模ですから、満塁逆転サヨナラホームランはないでしょう。課題解決、未来を開いていくキーワードを、活字とし

て残して、読者の方々と共有していきたいと思ひます。長時間ありがとうございます。



『江戸名所図会』より

特集 ● 21世紀えなるぎ事情

## エネルギー

# 現代と江戸時代

石川 英輔

のである。

## 1 一〇万キロカロリー の生活

われわれはとても贅沢な暮らしをしている。といっても、若い世代の人にとってはこれが当たり前であって、特に贅沢だとは感じていないだろうが、人類の生活に電気冷蔵庫やカラーテレビが必需品になってからまだいくらかもたっていない

人類などと大きなことをいわなくても、私が高校生だった昭和二〇年代後半（一九五〇年代）は、白黒テレビや電気冷蔵庫を使うどころか実物を見る機会さえほとんどなかったが、その頃から約五〇年が過ぎた今、私たちは当時の常識ではほとんどSFの世界と目撃している。五〇年前には、東京でかこまれて暮らしている。五〇年前には、東京でさえ電話のない家のほうが多かったし、たとえば、ダイヤルを回すだけでつながるのは都心部だけだった。ところが、今では小学生でもケー

タイを持つていうように、今のわれわれの生活は、わずか半世紀前には夢にも見なかったほど便利で贅沢なのである。

便利になったのは良いことだが、無償で手に入るものはこの世にめつたにないことを忘れてはならない。現代社会の便利さもけつしてただではなく、その維持のためには膨大なエネルギーという代償を支払っている。現在の日本人は、便利な社会を動かすためのエネルギー源として化石燃料だけで毎日一人当たり約一〇万キロカロリーも使っているのだ。

一〇万キロカロリーとはどれほどのエネルギーかというと、〇℃の水、つまり氷が融けた瞬間の冷たい水一トンを沸騰させるのに必要な熱量だ。平均的な家庭用浴槽の容量が二〇〇リットル（〇・二トン）だから、風呂五杯分の冷水がぐらぐら沸き立つまでに必要な熱量で、われわれは、毎日それだけの石油、石炭、天然ガスを燃やさないと生活が成り立たなくなっている。しかも、これは化石燃料だけの消費量だから、原子力、水力などを加えれば、さらに二〇%以上も多く使っているのである。

エネルギー消費全体の約半分は産業用だ。産業がないと国が成り立たないばかりか個人も生活できないから、私たちは生きていくだけでエネルギー消費の一部を担当していることになる。残りの半分ずつが運輸用と民生用だが、運輸用の半分以上、五五%は自家用乗用車の燃料で、三〇%が貨



物自動車だ。新幹線を含む鉄道は二%、ジェット旅客機が四%で合計わずか六%（二〇〇二年度）だから、大半はわれわれ自身が直接使っていることになる。

民生用とは、個人的に使う家庭用と、事務所、小売業、学校、病院など業務用のエネルギー消費だが、これも半分以上が家庭用だから、「自分はそんなに使っていない」つもりでも、この国に生きていれば、一人当たり化石燃料だけでちゃんと毎日一〇万キロカロリー分ぐらい燃やしていることを自覚するべきだ。

## 2

### ゼロキロカロリー の生活



菱川師宣『和国百女』より

こんな具合に、今の世の中は化石燃料なしには成り立たなくなっているが、われわれは、本当にこれほど大量の化石燃料を使わないと生きられないのだろうか？

江戸時代までの日本では、今と同じ基準で計算するならゼロキロカロリー、つまりエネルギー消費なしで世の中を運営していた。そんなことができた理由は簡単で、昔の人は太陽エネルギーだけでさまざまな物質を作り、生活を維持できたからだ、と書けば難しそうだが、わかりやすくいうなら

ら、江戸時代の人は、衣食住に必要なもののほとんど全部を国内産の植物原料を加工して作っていたのである。

伝統的な農林業では、太陽エネルギーだけで植物を栽培していたため、植物を徹底的に利用することでエネルギー消費ゼロの文化が成り立っていた。もともと身近なエネルギー使用は、今でも光熱つまり照明と熱源だが、江戸時代の光源は行灯用の菜種油や綿実油、はぜ蝋製の蝋燭など天然の油脂で、熱源は薪と木炭のバイオマス燃料だけだった。

森林管理の行き届いた大森林国だった江戸時代の日本では、薪炭用には一年分の成長分よりはるかに少ない量を伐採するだけで済んだ。また、燃やして発生するCO<sub>2</sub>は、成長する樹木自身が吸収するため、いわゆるカーボンニュートラルなエネルギー源だった。

だが、原料と熱源があっても、それを加工しなければ最終的な製品はできない。江戸時代までの原料の加工に必要な動力の大部分、おそらく九〇%以上は、人間の筋肉の収縮力、つまり人力だった。人力以外では、水上では風力による帆船、地上では牛馬の力を利用した運搬、あるいは水車による精米などがあつたが、そのエネルギーを合計しても、江戸時代後期の総人口約三一〇〇万人が朝から晩までせつせと手足を動かして働いていた総出力に比べるなら、一〇%に満たなかつたであろう。

人間の出力は、人間にとつての燃料である食料の食品エネルギーを上回ることはないので、作業をするためのエネルギーは、せいぜい一〇〇〇キロカロリー（一人／一日）程度である。だが、かなりの化石エネルギーを消費する現在の食料生産と違って、太陽エネルギー以外を利用しなかつた江戸時代の農業、漁業では、今と同じ基準で計算するならエネルギー消費ゼロで食料を生産していたことになる。

物理学的にいうなら、江戸時代の食料生産は野草が生えたり風が吹いたり水が流れたりする自然現象とほとんど同じであり、その食料によつて生きていた先祖たちも、全体として見ればゼロエネルギーで生きていたことになる。江戸時代の産業は、今と同じ基準で計算するならエネルギー消費なしで運営されていたのである。

江戸時代の人々がさまざまな作業をしている絵は、今でもたくさん残っているが、縫い針のように小さいものから建物や船のように大きなものまで、すべて人が手に持った工具だけで作っている。今でも江戸時代のさまざまな実用品、工芸品が数多く残っているが、ごく普通の職人たちが作った製品の多くは、最高の技術を身に付けた現在の技能者が最新の工具、機械などを使つてもなかなか同じ製品が作れないほどの高い水準に達していた。彼らは、自分自身の体を製造装置とし、手に持ったごく単純な工具を使うだけで、高度の工芸品を作り上げていたのである。

### 3

## 驚異的な

## エネルギー効率



菱川師宣『和国諸職絵尽』より

江戸時代のような手工工業による産業はきわめて生産効率が低いため、これまではその欠点だけをあげつらうのが進歩的な態度ということになっていた。ところが、エネルギー効率、つまり製造に必要なエネルギーと生産量を比較するならば、江戸時代の産業の効率の良さは驚異的といつていいほどだった。投入エネルギーつまり製造に必要なエネルギーは実質的にゼロのため、ほとんど「無から有が生じる」産業構造だったからである。

もちろん、直接には人手によって作業が進行する様子が目に見えるため、誰もマジックだとは思わないが、マクロに見るなら、自然現象である人間の動きだけですべてができるため、大は壮麗な神社仏閣から小は美しい錦絵や根付まで、エネルギー消費ゼロでできていた。ところが、江戸時代に蒸気機関を導入しなかった保守性を批判はしても、当時の産業の驚異的なエネルギー効率の高さを評価した人は、これまでほとんどいなかった。

アメリカ式的大量生産・大量消費を理想として追いつき追い越すことに熱中してきたのだから当然だが、環境問題が深刻になった今になって考えると、生産効率の高さだけを追い求める文明は大

きな間違いを犯していたことがわかる。

石油ほど便利なエネルギー源はない。熱量が多いただけでなく、液体だからタンカーでもパイプラインでも運べるし、タンクに保存しておいても腐らない。燃やしても目に見える燃えかすは出ない。かつては、これほどすぐれた燃料が今の一〇分の一以下の値段でいくらでも買えたため、エネルギー効率について真剣に考えないまま、なるべく大量生産をして単価を下げ大量販売で利益を上げようとする産業構造が出来上ってしまった。

そのおかげで、かつては上流階級しか持っていなかった便利な家電製品、乗用車、カメラなどが、誰の手にも届く値段になって爆発的に普及したのには結構なことだったが、前にも書いたように、この世に無償で手に入るものはない。大量生産自体に大きなエネルギーが必要ばかりか、便利な工業製品は使うためにもエネルギーが必要だ。

メーカーも手をこまねいているのではなく、自動車でも冷蔵庫でも使用時の省エネに大変な努力を払っているが、その効果は使用人口の増加などで簡単に相殺されてきた。また、大量生産はわずかな時差で大量廃棄を引き起こすため、処分場はすでに満杯状態。しかも、廃棄物の処理やリサイクルにもかなりの石油エネルギーが必要なのである。

生産能率が高いがエネルギー効率のきわめて低い現代社会では、われわれはただ生きているだけで膨大なエネルギーを使わざるを得ず、目先の便

利さを満足させるために大量のCO<sub>2</sub>を排出してすでに地球規模の問題になっているのはご承知のとおりである。

だが、本当に深刻な状態になっているのは「地球」ではなく、私たち自身なのだ。

### 4

## 人類は豊かさに耐えられない



石川流宣『大和耕作絵抄』より

「地球にやさしく」というスローガンをしばしば見かけるが、地球は直径が一万三〇〇〇キロメートル近い巨大な岩の塊だ。人間がどうやって地球にやさしくできるといえるのだろうか。このスローガンが、自然環境をせめて今のままで維持しようという意味なら、それは地球のためではなく、私たち自身のためなのだ。

昭和四〇年（一九六五）刊行の『家庭医学辞典』には「老人病」という見出し語があり、六〇歳以上の高齢者にあらわれるさまざまな症状が出ている。その後ほぼ一〇年間隔で同じ症状が四〇代以上の中高年にあらわれる「成人病」、一〇代の子どもにあらわれる「小児成人病」と若年化していき、ついに平成八年（一九九六）には、年齢とは無関係に「生活習慣病」と呼ぶことに決まった。今では、老人病という言葉を知らない人も多い。



わずか三〇年の間にかつての老人病があらゆる年齢層にあらわれるようになった……つまり、老化学がそれだけ進んだのだが、この間に、医学、薬学、衛生学、栄養学、食物学その他、人間の健康に関するさまざまな学問は大いに進歩したはずなのに、まことに不思議というほかない。また、いわゆる生活水準もけつして低くなっていないにもかかわらず、現在の日本の五歳児の五%前後には、すでに肥満、血中高コレステロール、動脈硬化の傾向、高血圧などの生活習慣病の徴候があらわれているという調査もある。

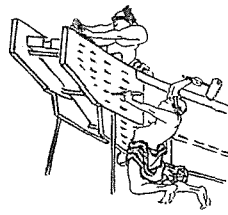
文字通り喰うや喰わずで、栄養失調死という餓死者まで出た私の小中学生時代とは比較にもならない豊かな時代の子どもたちに、あの頃より不健康な症状が出ているのは信じられないほどだ。しかし、世界で最も豊かなアメリカでは人口の六〇%が肥満で、その半分の三〇%は深刻な肥満だなどという話を聞くと、人類は、今のように物のあふれる世界での生活にうまく適応できないとしたか思えない。なぜだろう？

人類の先祖がアフリカの大地溝帯でチンパンジーの先祖と分かれたのが六〇〇万〜七〇〇万年前だそうで、ホモ・サピエンスにまで進化したのが約一五万年前だ。ところが、前に書いたように、私たちが今のように便利な生活を始めてからまだ五〇年もたっていないのである。人類のように高等な生物が進化するには一〇万年単位の時間がかかるので、歩かずに自動車に乗る、体を使わずに

暮らす、好きなものを好きなときに食べる、電灯を明々とつけて夜更かしをするような生活に適応しきれなくて当然なのだ。

私たちが環境を維持しなくてはならない理由は、地球のためではなく、自分自身のためで、自分にやさしくするためには、できるだけエネルギーを使わずにもつと不便な生活をしたほうがいいらしいのである。

## 5 江戸時代は「おくれた」時代だったか？



葛飾北斎「北斎漫画」より

かつての歴史家には、江戸時代の日本の長所はまったく無視して欠点だけをあげつらう人が多かった。学校の歴史の授業でも、教えるのは政治上の変化だけで、封建時代は悪いが民主主義になれは良いことづくめ、といわんばかりの教育をしてきた。だが、政府の形式は人類にしか関係がなく、物理法則だけにしたがう自然環境とは無縁である。

民主主義になればあらゆるものが良くなるのなら、地上で最も進んだ民主主義社会を打ち立てたアメリカ合衆国は、環境最先進国で世界一健康な国であつていいはずだが、実際は、一人当たりのエネルギー消費は、日本、イギリス、ドイツ、フランスなど平均的な先進国の二倍にもなり、環境

破壊の先頭を進んでいる。

メイフラワー号がアメリカ大陸に着いた当時は、あの広大な国土の七〇%（推定）を覆っていた森林が、合衆国建国後わずか二〇〇年で二三%にまで減ってしまった。独立宣言がどれほど立派であろうとそれは紙の上の理念にすぎず、私は二世紀にわたって森林の乱伐を続けた文化を崇拜する気にはとてもなれないのである。

選挙で政治家を選び、目先だけ便利な生活ができるのなら、あとはなるようになる方がいいというのなら、民主主義国である以上、それはそれでどうすることもできない。お好きなようにというほかないが、少なくとも私は、日本人の先祖がごく最近まで、エネルギー消費ゼロ、CO<sub>2</sub>発生量が差し引きゼロの社会を築き上げ、洗練された文化を建設、維持していたことだけは忘れたくない。

そして、できることなら伝統的な方法の延長上で新しい技術を開発し、本当の低エネルギー生活ができるようにしたいものだ。私は今その道を模索している。

石川英輔／いしかわ・えいすけ  
作家。

国際基督教大学、東京都立大学理学部中退。  
一九六一年、ミカ製版株式会社を創業、代表取締役を務めるかたわら、『SF西遊記』で作家デビュー。SF、時代小説など多数の著作がある。また、江戸学研究者として、『大江戸えねるぎー事情』『大江戸リサイクル事情』『大江戸テクノロジー事情』『大江戸えねるぎー事情』『大江戸開府四百年事情』（以上、講談社）など、江戸時代の資源・エネルギー問題についての多数の著書がある。

# エネルギー源の変遷とロバスト(robust)な住宅

小玉祐一郎

## 1 はじめに

数年前からロバストという表現をあちこちで聞くようになった。「持続可能性」をテーマにする都市や建築の国際会議などでよく使われる。これを聞いた初めのころは、単純に「頑丈な」「タフな」ぐらいの意味かと思っていた。「ロバストな住宅」とは「丈夫で長持ち」——つまりスクラップアンドビルドを繰り返して資源を浪費するのではなく、物理的耐用年数を伸ばして長寿命を目指す住まいと思っていたのである。もちろん、住宅の長寿命がその物理的な耐用年数の長さだけで保証されるものではない。物理的な強さという意味では余力を残しながらも、取り壊されたり、建て替えられたりする場合が少なくない。その例がとりわけ日本では多く、わが国の建物の寿命の短さの背景にあることもよく知られている。多くのコストと資源をかけて、丈夫で耐久性のある建物をつくったとしても、それが短期間で廃棄されるようであれば、むしろ資源の無駄遣いとのおしりを免れない。不動産の取り引きの仕組み、中古住宅マーケットの整備などのソフトなシステム、制度の改善こそが必要と考えられるようになってきた背景には、そのような事情がある。また、住宅の価値は周辺の環境の善し悪しによって大きく左右されることから、建物単体だけではなく、周辺も含めた環境の維持保全も注目されるようにな

った。古い街並みが美しいとは限らないが、情緒に富んだ街並みには古いものが多い。さらに、建物自体には「時が経つほど価値が増す」仕組みを内蔵することが求められるようになり、設計のあり方、材料の選び方、生産・施工のあり方、メンテナンスのシステムなどが議論されるようになってきた。住宅地周辺環境の維持保全といい、建物自体のほどよいエイジング(年齢の重ね方)といい、住まい手自身のかかわりが重要だ。この意味で地域に根ざし、地場産材を多用する地元工務店の役割も再評価もされるようになってきたようである。ハード・ソフトの両面で丈夫であることをロバストというべきかもしれない。

## 2 エネルギーとロバストな住宅

本稿に求められているのは、エネルギー源の変化にロバストな住宅のあり方である。最近の住宅のエネルギー源は、従来の電力やガスに加えて、太陽光発電や風力発電、熱電供給(コージェネレーション)、燃料電池などなど、実に多様だ。これらのどの分野でも技術革新は急激で、めまぐるしいほどだ。編集者は、このような変化の早い状況に左右されない住宅とエネルギーの関係論ずることを求めている気配もある。住まい手はこのような状況で、真



に省エネで環境負荷の小さいエネルギーシステムをどのように発見できるのか。

この問いは簡単なようだが、実は大変に込み入っている。前提条件によって答えは大きく変わってしまうからである。そのあたりのことを後で述べるが、そのまえに、前提条件について述べておこう。ひとつは、「効率」の考え方について。近代の人間は効率のよさを求めるあまり、表面的に役に立たないとも見えるものを切り捨て、単純化し、多様であることの重要性を見失ってきたとされる場合がある。これは、エコロジーからの教訓である。たとえば、人間は電力やガスというエネルギーの便利さゆえに、これらへの依存を深めてきたが、それらの効率を追求するあまり、近代の都市は次第に災害に弱く、

住み手のライフスタイルによって必要なエネルギーの種類は異なり、また効率のよいシステムも異なるということだ。そういえば、ロバストには質実剛健というニュアンスや健全というニュアンスもある。「もの」に対しては質実剛健とか健全という形容はあまりしないし、この言葉は人の価値観やライフスタイルの特徴を表すときにも用いられるようだ。一時期流行した「骨太」という言葉も同じような語感がある。質実剛健や骨太は英語では何というだろう。ともあれ、住宅を考えるとときにはライフスタイルに言及しないわけにはいかない。ロバストな論議はライフスタイルに深く関係している。ロバストには「粗野な」という意味もある。

### 3 ライフスタイル

二〇〇七年二月に環境省から発表された「二〇五〇年日本低炭素社会シナリオ」は、二〇五〇年までに地球温暖化ガス排出を七〇%削減することを目標に書かれたものだ。ここでは、将来の日本の姿を二つのタイプに分け、「ドラえもん型」、「サツキとメイ型」と名づけている。

前者は、困難にぶつかると信じられないような「超」技術を駆使して問題を解決するドラえもんに象徴される。ダイナミックで活動的な、技術志向の社会である。高度成長期の日本に近いイメージもあるが、そういえばドラえもんが生まれたのはこの時期、一九七三年だった。これに対して後者は、ゆつくりと生活を楽しむ自然志向型の社会がイメージされている。サツキとメイは宮崎駿の「トトロの森」の主人公だ。日本における持続可能な社会の将来像を対照的な



オランダは建設ブームで、アムステルダムにあちこちでも住宅建設が進行中。集合住宅は、「低層高密度」がこの国の原則だが、そこにもさまざまな「ロバスト化」のアイデアが見える。さまざまな所得階層の人びとの混住を前提にする住空間の構成もまた、「ロバスト化」をめざす住宅政策・計画のうえでの方針だ。実に多様な内外空間の構成が見られる。プライバシーを確保するためにもごつい壁壁・界床が必要になる。

が「非効率的」であれば、無駄な投資になるばかりか、日常の環境負荷が増える恐れもある。そのあたりのバランスが重要なのだ。ロバストな都市とは脆弱でない都市といえそうで、ロバストの反意語はブリトルであったかと得心する。生物の世界では種が多様であるほど生態系は安定するといわれる。生物的多様性は、いまや地球環境保全の重要なキーワードだ。

もうひとつは「ライフスタイル」について。



二つに分け、国民に選択を迫るようでもあるが、どちらを選ぶにしても一長一短、思考実験をして議論を尽くそうというのがその趣旨であろう。

ここで、この二つのタイプをもちだしたのは、住宅における省エネルギー対策にもあてはまるからである。省エネルギーという不可避な時代の要請に建築が対応するには、密閉型と開放型の二つの方法があるというのは私の持論だが、どちらを選ぶにしても、省エネ効果が同じであるとすれば、異なるのはライフスタイル。どちらのライフスタイルを望むかを考えて省エネ対策をしたほうがよい。密閉型とは、室内を外界から遮断することをもつぱらとし、どちらかといえば寒冷地に生まれた発想だ。厳しい気候条件から守るためにガードを固め、高断熱・高气密を施し、高効率の暖房・換気・照明システムを備えるタイプ。最近では、室内の発熱だけで賄う「無暖房住宅」も出現している。暑い時でも高効率の冷房システムを用いればエネルギー消費は少ないとする。北欧の友人が言うには、「それでも暖房量が大いというなら、建物自体の大きさをコンパクトにすればよい。建設に要する資源も半減するというものだ」。もちろんこれは冗談で、「ついでに人間の大きさも半分にするか」と応じたものだ。減らず口だが、バイオテクノロジーの進んだ今の時勢では妙に現実感もある。ドラえもんなら簡単にできそうだ。

一方、開放型とは、温暖地に生まれた発想だ。暑いときには窓を開け、寒いときに日射熱を取り入れるという具合に、建物のモードを自在に変えて、選択的に自然のエネルギーを取り込んで活用しようとするタイプ。民家など



将来のコンバージョンを予測して、階高やスラブ厚は大きめにつくられ、ファサードの構成もフレキシブルに設計される。構造・構法システムはシンプルだが、供寸法・使用は長期使用を前提にして、すこぶる頑丈だ。オランダのエネルギー供給は、ある時期から集中体制を排して分散化とともに、エネルギー源多様化を目指してきた。風力や太陽光発電への依存も徐々に進む。

## 4 効率

にみられるように、経験的な知恵と勘に頼る時期が長く続いたが、一九七〇年以後にはコンピュータによる熱や空気の解析技術が急速に進んでパッシブデザインという名前がつけられ、定着してきた。外の変化に「対応し、交感する」デザインであるからレスポンスデザインと呼ばれることもある。先端的な材料や部材の開発も相次いで、大型ビルにおいてもさまざまな光や空気のデザインが見られるようになった。基本的に外の環境のポテンシャルに依存するので、空気や熱の汚染が進めば使えない弱みもある。しかし、そもそも環境改善が環境問題の基本であることを思えば、逆に強味とも言えるかもしれない。サツキやメイの出番だ。

密閉型の住宅でのライフスタイルと開放型の住宅でのライフスタイル、さて、どちらがロバーストか。

最近の暖冷房設備や照明設備の進歩の著しさには目を見張る。その進歩の指標は「効率」だ。いかに少ないエネルギーで設備システムを駆動し、所定の目的を達するか。しかし、その一方で、その効率の目覚ましさに目が眩み、かえって設備への依存を深め、ひいてはエネルギー依存を強めてエネルギー消費を増やしているのではないか、と懸念することもある。一番わかりやすい例が冷蔵庫だ。ここ数年の冷蔵庫の効率は著しく上がったにもかかわらず、家庭の冷蔵庫で消費される電力量は増えているという。その理由は冷蔵庫の大型化だ。小さい冷蔵庫で暮らそうというシンプルライフの提案もあるが、



効率の向上がこのような動きにブレーキをかけることになるという皮肉な現象もある。このような例は他にも多いが、暖房についてもひとつ例をあげてみよう。暖房をする場合に、必要なときにだけ暖房するやりかたを間欠暖房というが、冷え切った部屋を急激に暖めたりするときには大きな負荷が発生する。それに対応するには容量を大きな機器にしなければならぬ。えに、一旦部屋が温まってしまうと、大きな機器が小さな出力で運転することになるので効率が落ちてしまうことになる。これに対して、連続暖房にすれば小さな容量の機器で効率よく運転ができるばかりでなく、大きなサイズの機器が不要になるメリットがある。

やや効率が落ちるが運転時間を短くして省エネを図るか、連続暖房にして小さな機器を効率よく運転して省エネを図るか、さてどちらを選択するか。同じ省エネ効果であるとすればもはや効率だけの問題ではないのは明らかだ。先述した密閉型派であれば、連続運転のほうがよいというだろう。外の条件がよいときに窓を開けるといいうが、それはお天気に左右されて不確定だし、忙しい現代人にそんな暇はない。第一、大都市などでは外の条件が悪すぎるではないか。これに対してパッシブ志向の開放型派は、間欠運転をとるだろう。さわやかさ、すがすがしさを求めるなら、外に開くしかない。そのような変化にこそ生活のリズムや美意識が生ずる。日本の多くの地域の冬の日射量はヨーロッパやアメリカの比ではなく多い。使いやすい。それに環境意識が定着してきたせいか、近頃は都市の環境もだんだん良くなってきたではないか。このような平行線の議論は、まだまだ続くだろう。そもそも目的とする住まいの快適さの質が違うのだから、効率の概念に馴染みにくいともいえる。

## 5 おわりに

話をわかりやすくするためとはいえ、単純化した極論だとお叱りを受けるかもしれない。望ましいのは、暖房を止めてもあまり室温が下がらぬ建物とし、自然の爽やかさやすがすがしさが感じられ、小さな容量の機器で、必要など

きに必要な場所で効率よく運転することである。そのためには、建築のデザインと設備システムの設計との相互乗り入れが不可欠なことだ。心地よさや美意識は人それぞれだし、どちらのライフスタイルが正しいということはない。ただし、一方を選ぶときには他のやり方の存在を許容するのが原則だ。我が家の冷房が隣人の通風の妨げとなるのは避けたいものだ。また、効率の概念とは、しばしば関心のある領域の限定した話になりがちであることに注意をしておこう。ヒートポンプで冷房する時、機器の効率（成績係数という）がよいほど、同じエネルギー消費で、冷房ができる。冷房が見合う熱を外に捨てていることを忘れてはならない。外を暑くしていることにちがいはないのである。また、コジエネレーション（熱電供給）のシステムでは、電力の需要に合わせれば熱が余ってしまうようなことが起こるが、余っているからといって熱を無駄遣いすれば元も子もない。

結局、ロバストな住宅とは、外の環境の健全さを維持することを前提にして、エネルギー消費も環境負荷も最小にする住宅だといえよう。外の環境は決してロバストではないのだ。そのような住宅であれば、エネルギー資源がどのように変わっても、受ける影響は少ないし、予測できぬ変化に対してすばやく対応できるだろう。

小玉祐一郎／こだま・ゆういちろう

神戸芸術工科大学建築デザイン学科教授。エ  
ステック計画研究所主宰。

一九六九年、東京工業大学建築学科卒業。建設省建築研究所を経て、一九九八年より現職。サステナブルな都市・建築システム、自然エネルギー利用、パッシブソーラーデザイン等に関する研究・業績・著書多数がある。

主な著書に、『エコハウジングの勧め』（丸善）、『住まいのなかの自然』（丸善）、『建築設計手法事典』（共著、彰国社）、『地球環境建築のすすめ』（共著、日本建築学会）など、主な住宅作品に、『つくばの家シリーズ』、水戸八幡町の家（IBEC環境省エネルギー住宅賞）、高知・本山町の家（二〇〇五年、日本建築学会作品選奨、JIA環境建築優秀賞、グッドデザイン賞）ほかがある。

# 等身大の環境技術―エクセルギーで読む住まいの環境

宿谷 昌則

## 1 はじめに

「エネルギー問題」という語が使われるようになって、かれこれ六〇年ほどが経つ。筆者が建築環境学を志した一九七五年頃には、既に「エネルギー問題」なる語は、一般読者が対象の新聞各紙でも使われていた。今から六〇年ほど前、石炭という固体燃料の使用が石油という液体燃料の使用へと大きく変化した一九五〇年頃は、「エネルギー問題」は石炭問題と呼ぶのが相応しかったに違いない。一九七〇年代の初め頃に起きた「オイルショック」と呼ばれた社会現象は、その名のとおり正に石油問題であった。その後、「地球環境問題」という語が現われて、これと「エネルギー問題」なる語は対で語られることが多くなった。

科学上の概念「エネルギー」はその保存が本質である。このことを依って立つところとすると、「エネルギー問題」とは何の問題なのかがわからなくなる。「保存」されるエネルギーに問題が起きるはずはないと思えるからだ。

「エネルギー問題」というときの「エネルギー」は、実のところ表題に掲げた「エクセルギー」と言うのが正確である。「エクセルギー」は定義の明確な科学的概念の一つであるが、十分に研究され尽くしたとは言いがたいところがあり、したがって（残念ながら未だ）広く理解されているとも言いがたい。

筆者はこの概念に関する基礎的な研究とともに、建築環境（住まいの環境）を対象とした応用研究に取り組んできた。ここでは、そうした一連の取り組みから明らかになってきたことの一端をできるかぎりやさしく紹介して、住まいの環境づくりのための技術とは何かを考えてみたい。

## 2 エクセルギーとは何か

図1に示すように、二〇ℓと五ℓのタンクがあつて、双方ともに水温二〇℃の水が入っているとしよう。周囲の温度も二〇℃とする。タンクの壁は双方ともに断熱性がとてもよい。二〇ℓのほうは四〇℃まで、五ℓのほうは一〇〇℃まで上昇するよう加熱する。両者に加えられた熱エネルギーを比べると、ともに一六七四kJ（キロジュール）でまったく同じである。しかし、手を温水に浸すことを想像すれば、一方は生温かく、他方は極めて熱い（どころか大火傷するだろう）。両者にはこのような違いがあることは誰にも明らかだ。エネルギー概念の論理と経験にもとづく想像（イメージ）とがつかまらない。

熱エネルギーの概念だけでは表現しきれない（何か）があるのではないか。そう思うのが自然だろう。そこで、四〇℃の水二〇ℓと一〇〇℃の水五ℓの



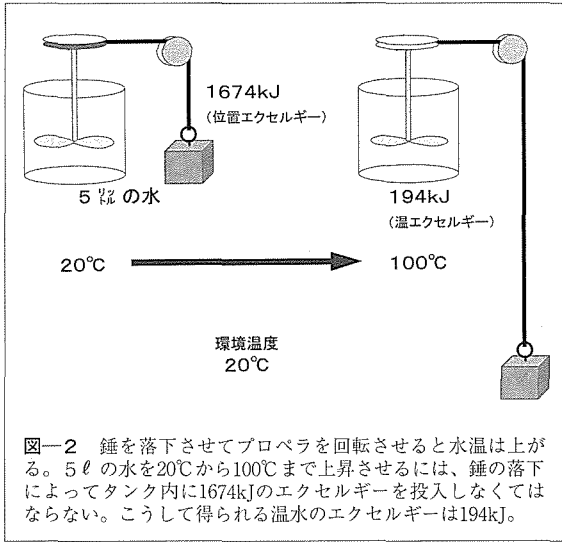


図-2 錘を落下させてプロペラを回転させると水温は上がる。5ℓの水を20℃から100℃まで上昇させるには、錘の落下によってタンク内に1674kJのエクセルギーを投入しなくてはならない。こうして得られる温水のエクセルギーは194kJ。

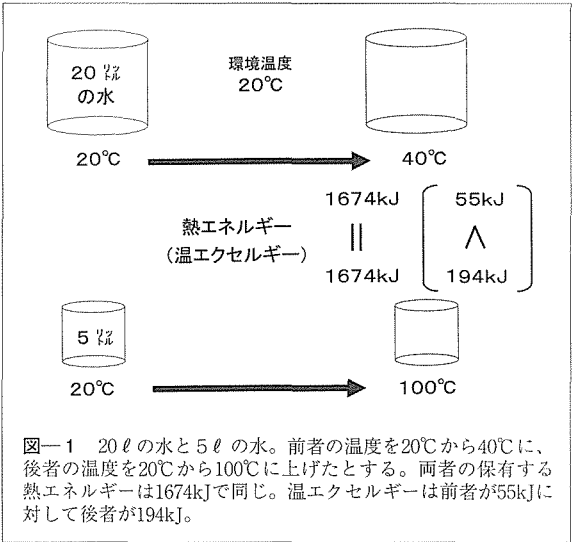


図-1 20ℓの水と5ℓの水。前者の温度を20℃から40℃に、後者の温度を20℃から100℃に上げたとする。両者の保有する熱エネルギーは1674kJで同じ。温エクセルギーは前者が55kJに対して後者が194kJ。

温エクセルギーを環境温度20℃として計算してみると、前者は五五kJ、後者は一九四kJとなつて、後者のほうが三・五倍大きいことがわかる。このように、エクセルギーの論理はエネルギーの論理よりも経験のイメージとよく対応する。

真夏のある日、外気温30℃のときに10℃というよく冷えた水10ℓがあるとする、その熱エネルギーは、外気温と同じ温度の水に比べて八三七kJ不足している。このエネルギー不足に、私たちは冷たさというありがたさを感じる。エネルギー不足がありがたいというのも何だかおかしな気がするが、この冷水について先の温水の場合と同様にエクセルギーの値を計算してみると、二九kJとなる。冷たさのもつ資源性(あるいは価値)

が正の値として表現できたわけである。温水は温エクセルギーを、冷水は冷エクセルギーを蓄える。

くだいようだが、いま一つ例を挙げよう。5ℓの水を入れたタンクの中に図-2に示すようなプロペラを浸す。その回転軸に縄の一端を巻きつけ、滑車を介してもう一方の端に錘を吊るす。この錘を落下させるとプロペラが回転して、プロペラ表面と水との間に摩擦が生じて水温は上がる。これは加熱と同じ結果を生む。図-1の場合と同様に水温を20℃から100℃まで上昇させたいとすれば、吊り下げた錘が(位置に応じて)保有しているエネルギーをその落下によって一六七四kJだけ失うようにすれば、錘の落下からプロペラの回転へと動力(仕事)が伝わってタンク内の水は温められ、結果として水は熱エネルギーを得る。その値は(エネルギーは保存されるのだから)一六七四kJとなる。

この現象をエクセルギーで表現すれば、次のようになる。100℃の水が保有する温エクセルギーは先にも述べたように一九四kJとなる。錘が最初の位置で持っていたエクセルギーはエネルギーの場合と同じく一六七四kJで、両者の差一四八〇kJ(=1674-194)は「消費」されたのである。水が得た温エクセルギー一九四kJは錘の落下という仕方では投入されたエクセルギーの一二%弱である。言い換えると、八八%が消費されたから温エクセルギー一九四kJが得られたのである。

錘の落下でタンク内の水に投入されるエクセルギー一六七四kJは、錘の代わりに体重七〇kgの人が一〇〇人乗った籠を縄に吊るして、六階建ての建物屋上から落下させるのと同じである。これは、プロペラの回転という動力がモノを動かすのにまずは使うべきであつて、モノを温めるのにいきなり使うべきでないことを示唆する。

タンク内の水を20℃から100℃へと温めたらプロペラが回転し錘が上昇した……そんなことが自然に起きることはあり得ない。そのことを頭わに(定量的に)示してくれるのがエクセルギーの概念だともいえる。

エクセルギーが面白そうな概念だと思えてきた読者には、それをどうやっ

が正の値として表現できたわけである。温水は温エクセルギーを、冷水は冷エクセルギーを蓄える。

くだいようだが、いま一つ例を挙げよう。5ℓの水を入れたタンクの中に図-2に示すようなプロペラを浸す。その回転軸に縄の一端を巻きつけ、滑車を介してもう一方の端に錘を吊るす。この錘を落下させるとプロペラが回転して、プロペラ表面と水との間に摩擦が生じて水温は上がる。これは加熱と同じ結果を生む。図-1の場合と同様に水温を20℃から100℃まで上昇させたいとすれば、吊り下げた錘が(位置に応じて)保有しているエネルギーをその落下によって一六七四kJだけ失うようにすれば、錘の落下からプロペラの回転へと動力(仕事)が伝わってタンク内の水は温められ、結果として水は熱エネルギーを得る。その値は(エネルギーは保存されるのだから)一六七四kJとなる。

この現象をエクセルギーで表現すれば、次のようになる。100℃の水が保有する温エクセルギーは先にも述べたように一九四kJとなる。錘が最初の位置で持っていたエクセルギーはエネルギーの場合と同じく一六七四kJで、両者の差一四八〇kJ(=1674-194)は「消費」されたのである。水が得た温エクセルギー一九四kJは錘の落下という仕方では投入されたエクセルギーの一二%弱である。言い換えると、八八%が消費されたから温エクセルギー一九四kJが得られたのである。

錘の落下でタンク内の水に投入されるエクセルギー一六七四kJは、錘の代わりに体重七〇kgの人が一〇〇人乗った籠を縄に吊るして、六階建ての建物屋上から落下させるのと同じである。これは、プロペラの回転という動力がモノを動かすのにまずは使うべきであつて、モノを温めるのにいきなり使うべきでないことを示唆する。

タンク内の水を20℃から100℃へと温めたらプロペラが回転し錘が上昇した……そんなことが自然に起きることはあり得ない。そのことを頭わに(定量的に)示してくれるのがエクセルギーの概念だともいえる。

エクセルギーが面白そうな概念だと思えてきた読者には、それをどうやっ

て計算するのだろうか……という疑問が現れ始めているかもしれない。その方々には参考文献1、2をご覧くださいただければ幸いです。

私たちの生活空間をぐるりと見回すと、パソコン・CDプレーヤー・テレビ・蛍光灯・エアコン・換気扇・冷蔵庫・電子レンジといった家電機器の多数（アクティブ型の技術）に囲まれていることに改めて気づく。照明や暖房・冷房・換気といった住まいの環境調整も、現代社会では家電機器によっていることが多い。これらはみな先述した「エクセルギー消費」を定理として成り立っている。

住まいの環境調整は本来、窓や壁・床・天井の材質や形の工夫（パッシブ型の技術）によってまずは行なうべきで、このような技術の見直しが重要であることを次第に多くの人たちが認めるようになってきているが、これらもまた「エクセルギー消費」の定理の上に成り立っていることに何ら変わりはない。そのことを丹念に調べ上げ理解を深めていく先に「住まいの環境」とは何かが読めてくる。筆者はそう考えている。

### 3 身近な環境空間——住まい

読者の方々には、今この拙文を読んでくださるまでの二四時間の間、建築環境の中で過ごしていた時間がどれくらいだったかをちよつと振り返っていただきたい。短く見積もっても八〇%を下らないのではないかと思う。残りの二〇%は屋外にいたとして話を先に進めよう。そこは足元を見ればアスファルト道路、右を見れば集合住宅、左を見れば街路樹、その向こうには事務所建築……といった具合で、屋外は自然かと思えば、実は建築環境と同じく人工物が多いことに気づく。樹木そのものは人工ではないが、街路樹として規則正しい間隔で植えたのは人間だから、人工の一部と考えよう。そうすると、まったくの天然物は空だけである。都市に生活する人たちにとっては特に、屋外もまた建築環境の一部と考えられる。これを都市環境という。

建築環境の外側に都市環境、都市環境の外側には地域環境、地域環境の外

側には……とズームアウトしていくと、やがて地球環境に到り、地球環境の外側には宇宙環境が広がる。これまでのエクセルギー研究を通じて、そのようなイメージを持つようになった。図化して表現すれば、図-3のとおりである。

建築環境は人にとって最も「身近」だが、それは、建築環境が人の身体の延長であることを意味する。都市環境は建築環境の延長だから、人の身体そのまた延長と考えることができる。身近ならぬ、身遠の地域環境・地球環境は人工でなく自然そのものだ。人の身体は自然の一部に他ならないから、建築環境・都市環境という人工は、人の身体という自然と地域環境・地球環境という自然の間に挟まって存在していることがわかる。

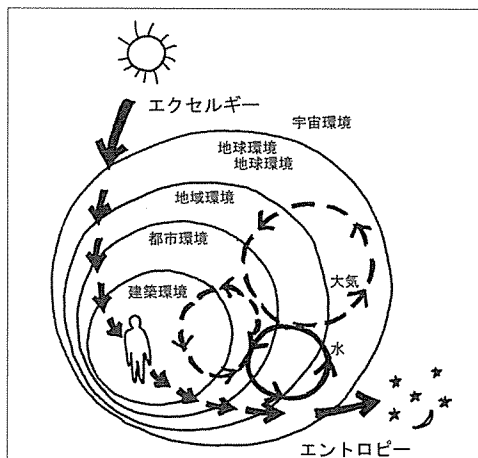


図-3 人と建築環境・都市環境・地域環境・地球環境は入れ子構造を成す。いずれの環境空間も、資源性のあるエネルギー・物質（エクセルギー）の取り込みから、廃熱・廃物（エントロピー）の外側環境空間への排出から成る一連の流れの中に成り立つ  
\*1.2。

### 4 何が読めてきたか

建築外皮の断熱改良は、燃料の節約、すなわち省エクセルギーになる。しかし、断熱性の向上は大切だが、仮に断熱性が悪くても優秀な暖房機器さえあれば、室内で得られる温かさは変わらないだろう。断熱性の向上よりも暖房機器の効率向上のほうが取り組みやすい技術開発だし、お金に換算したら、その方が安価に済んでよい。このような考え方で行なわれてきた技術開発は枚挙に暇がない。しかし、それでは問題はどうか解決しそえない。エク



セルギー研究を通じて筆者はそう考えるようになった。

図4を見てほしい。この図は、冬季(外気温 $0^{\circ}\text{C}$ 、外気相対湿度 $40\%$ )の条件で、人の身体が消費するエクセルギーの速さが部屋の温度に応じてどのように異なるかを描いた一例である。縦軸は、壁や窓・床・天井表面の平均温度(周壁の平均放射温度、その英語の頭文字を取ってMRTという)、横軸は身体の周囲空気温度である。人の感じる寒さや暑さに影響する環境要因には、これら二つの温度に加えて、気流速さと湿度がある。ここでは、気流は静穏で湿度もほどよく保たれていると仮定している。着ている服は冬ものズボンにセーター程度で、本を読んだりノートに字を書いたりする程度の活動を想定している。

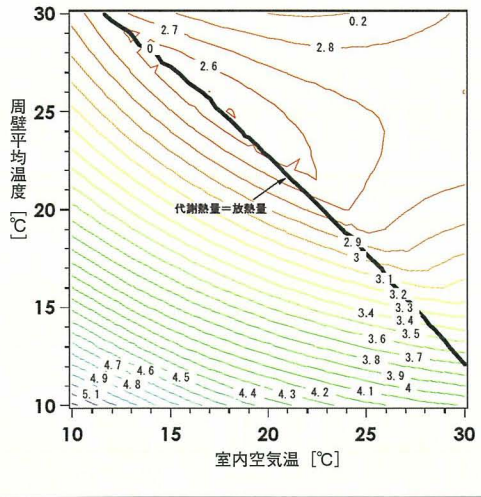


図4 室内空気温度・周壁平均温度(MRT)と人体エクセルギー消費速さ( $\text{W}/\text{m}^2$ )の関係(外気温 $0^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $40\%$ の冬の場合)。周壁平均温度が $24^{\circ}\text{C}$ 前後、室内空気温度が $19^{\circ}\text{C}$ 前後のところで、人体エクセルギー消費速さは最小になっている。

曲線がたくさん描かれているが、これらは地図の等高線と同じようにイメージしてもらえばよい。図中の数字は身体のエクセルギー消費速さを表わす。たとえば、MRTと空気温度がともに低い領域では、エクセルギー消費速さが大きくなる。MRTも空気温度も $20^{\circ}\text{C}$ ならば、エクセルギー消費速さは $2.9\text{W}/\text{m}^2$ (体表面の $1\text{m}^2$ あたり)、それが $15^{\circ}\text{C}$ ならば、 $3.9\text{W}/\text{m}^2$ という具合である。MRTと空気温度ともに高い領域では、温度の低い領域ほどではないが、やはりエクセル

ギー消費速さが大きくなる。エクセルギー消費速さが最も小さくなる場所を探すと、それはMRTが $24^{\circ}\text{C}$ 前後で、空気温度が $18^{\circ}\text{C}$ 前後の場合で、エクセルギー消費速さの値は $2.5\text{W}/\text{m}^2$ ほどになっている。

以上のような等高線群で表現されるエクセルギー消費速さに加えて、この図には、左上から右下に向かうための線が一本描かれている。これは、体内で熱エネルギーが発生する速さと身体から熱エネルギーが放出される速さとがちょうど釣り合う場合のMRTと空気温度の組み合わせを示したものである。例えば、MRTが $15^{\circ}\text{C}$ で、空気温度が $28^{\circ}\text{C}$ の建築環境は、MRTが $25^{\circ}\text{C}$ で空気温度が $18^{\circ}\text{C}$ の建築環境と、人の身体におけるエネルギーの釣り合いを見る限りでは同じである。

床暖房などに代表される放射式の暖房は、空気を暖める対流式の暖房よりも快適さに勝る。何も知らない人に双方の暖房を体験してもらうと、必ずといってよいほどに放射式の暖房に軍配が上がる。放射式の暖房と対流式の暖房の違いは、左上から右下に引かれたための線で表わされるエネルギー収支だけを見ても説明しきれないが、人体のエクセルギー消費速さで見れば、消費がより小さくなるからだと言明できそうだ。

建物のほどよい高断熱化は、冬季における壁や窓・床などの表面温度を全体的に高く保つ効果があるが、これは、図4の縦軸に示したMRTが高くなることを意味するので、人体のエクセルギー消費速さを小さくするために大切である。うまく設計された(パッシブ)ソーラーハウスには、高い断熱性とほどよい蓄熱性が必ず施されており、窓を透過してくる日射によって温められた床や壁が気持ちのよい空間をつくってくれる。この快適さは、人体のエクセルギー消費速さが小さくなることに整合する。

住まいの環境づくりは、小さなエクセルギー消費速さが実現できるように行なつたらよいらしい。これは、エクセルギー研究を愚直に行なつてきたおかげでわかってきた重要な事柄の一つである。

図4は冬の話であるが、夏はどうだろうか。冬に関してわかってきたことに比べて、夏については不明なことがまだ少なくない。いま研究が進みつ

つあるところだ。しかし、夏は窓ガラス外側での日射遮蔽が壁の断熱に加えて決定的に重要である。そのことを示唆する実験的な事実とそれを支持する理論的な説明が現われ始めている。一例として図-5を示しておこう<sup>\*3,4</sup>。図-5は、小さな木造実験棟で通風を行なっている昼間に被験者が気流を知覚できない状況について、周壁内表面から得られる「放射エクセルギー」が、被験者の人たちの申告とどのように関係づけられるかを示している。放射エクセルギーとは、物体表面からその環境空間に向けて放たれる波長の長い（温熱感に直接かわる）電磁波が運ぶエクセルギーのことで、外気温よりも周壁内表面の平均温度がわずかに低ければ「冷」放射エクセルギー、その逆にわずかに高ければ「温」放射エクセルギーが出る。二〇m<sup>2</sup>という値のところを見ると、被験者が快と思うかそれとも不快と思うかが、温放射か冷放射かでまったく正反対の結果になっていることがわかる。

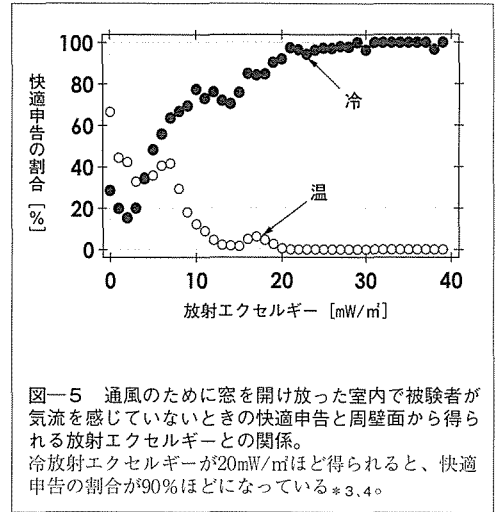


図-5 通風のために窓を開け放った室内で被験者が気流を感じていないときの快適申告と周壁面から得られる放射エクセルギーとの関係。冷放射エクセルギーが20mW/m<sup>2</sup>ほど得られると、快適申告の割合が90%ほどになっている<sup>\*3,4</sup>。

夏に日の当たる窓の室内側にある日除けは総じて四〇℃程度になっていることが多い。日除けが窓の外側にあると、窓ガラス面の温度は三四℃ぐらいには下げられる。上手くすると、三二〜三三℃に下げられる。窓面の温度は天井・床・壁の表面温度を左右する。窓ガラス外側での日射遮蔽がMRTを低めに保つことを可能とすれば、結果として空気の温度と湿度はあまり低くせずに済むに違いない。これは、通風のもたらす「涼しさ」を助長してくれるはずだ。これまでは、冷房といえど窓や扉を閉め切って低温低湿な空気を建築環境空間に満たすことばかりを意味したが、壁や天井の表面温度を「冷」

放射エクセルギーが出るようにわずかに下げることができれば、通風の特長を十分に活かせる冷房が実現可能になってくるのではないだろうか。

以上のように考えてみると、冷たさの源（冷源）として、天空の冷たさや地中にある冷たさ、夏の明け方に得られる外気の冷たさ、地域によっては夏まで蓄えておいた雪の冷たさ、雨水の冷たさなど、その気になって探せば私たちの身近には活かすべき冷源がいろいろあることにも気づくようになってくる。これらはいずれも昼夜や季節の変化に応じて現われては消える冷エクセルギーであり、化石燃料や原子核燃料がもたらす巨大なエクセルギーとは趣を異にする。

身近にある小さなエクセルギーを発見し、それを上手に消費して人の身体のエクセルギー消費速さを適正な範囲に収まるようにする。そのような住まいの環境技術は〈等身大〉の技術というに相応しいと思う。

宿谷昌則／しゅくや・まさのり

武蔵工業大学環境情報学部・大学院環境情報学研究科教授。

一九七六年、早稲田大学理工学部建築学科卒業。一九八二年、同大学院博士課程修了。日建設計勤務を経て、一九八五年、武蔵工業大学工学部建築学科専任講師となり、同学科助教授、教授を経て、二〇〇一年より現職。専門領域は建築環境学。照明や暖冷房・換気システムの研究を通してエネルギー問題、地球環境問題と深く関わる。

一九九一年、空気調和・衛生工学会論文賞、二〇〇一年、日本建築学会賞論文賞を受賞。

#### 〈参考文献〉

- 1 宿谷昌則編著「エクセルギーと環境の理論」北斗出版、二〇〇四年。
- 2 宿谷昌則「自然共生建築を求めて」鹿島出版会、一九九九年。
- 3 M. Shukuya, K. Tokunaga, M. Nishinuchi, T. Iwanatsu, and H. Yamada, "Thermal Radiant Exergy in Naturally-Ventilated Room Space and Its Role on Thermal Comfort", *Proceedings of Healthy Buildings 2006 (Lisboa, Portugal)*, 4-8 June 2006, pp.257-262.
- 4 岩松俊哉・星野佳子・片岡えり・宿谷昌則「開放空間における採冷手法の可能性に関する実験研究」日本建築学会環境系論文集第68号、二〇〇七年八月、45〜52頁。

# コプロダクション…物質とエネルギーの併産

発熱化学反応で出る熱エネルギーを捨てずに利用する技術

## 堤敦司

はじめに

「エネルギーは消費されない、エネルギーは使っても使っても減らない」といえば、驚かれるでしょう。私たちは、高校あるいは中学で、「閉じた系では、エネルギーの総量は常に一定であり、増えもしなければ、減ることもない」といういわゆるエネルギー保存則、別名で熱力学第一法則を習ったはずです。すなわち、「エネルギーを消費する」ことは物理の大法則に反するものであり、あり得ないことなのです。太陽からの太陽エネルギーが地球に到達しますが、全く同じ量のエネルギーを宇宙に放射しています。すなわち、地球に入ってくるエネルギー量と地球から出て行くエネルギー量は常にバランスしており、エネルギーが消費されたり生産されたりということはないのです。しかし、現実として、石油、天然ガスなどの化石資源を大量に「消費」しているからこそ、莫大なCO<sub>2</sub>が発生し、地球温暖化が大問題になっているのに、使っても減らない、エネルギーは消費されないとは、何か話がおかしい、間違っているのでは?と思ってしまう。この矛盾は一体何からくるのでしょうか? この疑問に答えるには、エネルギーの本質を理解する必要があります。

## エクセルギーとエネルギー

私たちはエネルギーを消費しているのではなく、実はエクセルギーと呼ばれるものを消費しています。エクセルギーとは、「エネルギーのうち仕事として有効に取り出すことができるもの」として定義されています。有効エネルギーともいい、単位はエネルギーと同じJ(ジュール)で表されます。逆に、エネルギーのうち仕事として取り出せないものを無効エネルギーといいます。エクセルギーの説明としてよく使われるのが、お湯と水を混ぜる話です。図1のように、80℃のお湯1kgと20℃の水1kgを混ぜます。すると温度が50℃のお湯2kgとなります。逆に、50℃のお湯2kgを80℃のお湯1kgと20℃の水1kgに分けることはできません。すなわち、可逆ではなく、元には戻せないのです。これを不可逆過程といいます。この場合、質量はもちろんエネルギー量も保

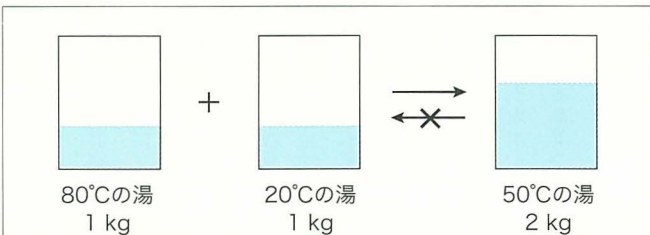


図1 不可逆過程におけるエクセルギー損失



存されていて一定です。そこで、不可逆過程では何かが失われたと考えます。

この何かがエクセルギーです。八〇℃のお湯1kgと二〇℃の水1kgを混ぜることによって「エクセルギーが損失」したといいます。ただし、元に戻すのは可能です。1kgずつ分けた後、一方から熱を汲み上げて、もう一方に熱を与えるヒートポンプと呼ばれる装置を使えばいいのです。このとき仕事が必要になります。このヒートポンプが理想的にロスなく働いたとすると、このときの仕事は、混ぜ合わせたときに失われたエクセルギーと等しいこととなります。すなわち、不可逆過程では、それを元に戻すためには仕事が必要で、その仕事と等しいエクセルギーの損失が不可逆過程で起こったと考えるのです。

図-2はエネルギー変換を示しています。私たちは、化学エネルギーである化石エネルギーを燃焼させることによって熱エネルギーに変換し、加熱などに直接利用します。さらにはエンジンやタービンといった熱機関で熱エネルギーを機械エネルギーに変換し、動力を取り出し車を走らせたり機械を動かしたりします。さらに、発電機を使って機械エネルギーを電気エネルギーに変換して電気として使います。このようにエネルギーには、力学的エネルギー

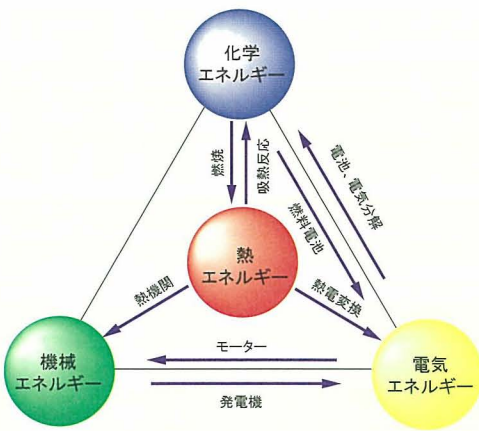


図-2 種々のエネルギー形態とエネルギー変換

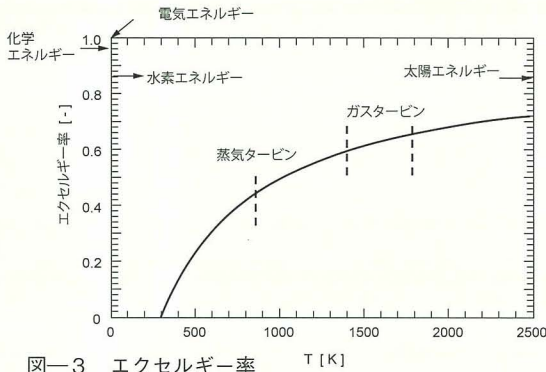


図-3 エクセルギー率 T [K]

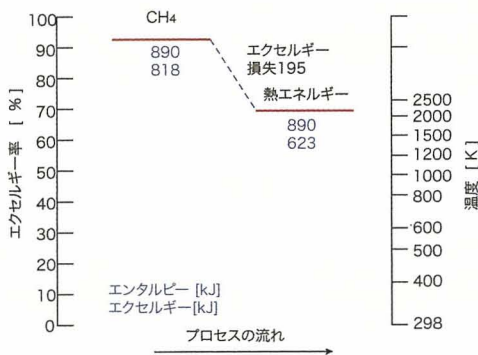
ギー、化学エネルギー、熱エネルギーなど、さまざまな形態があります。実はこれらの形態には質的な違いがあります。これをエネルギーのうち仕事として取り出せる割合、すなわちエネルギーに対するエクセルギーの割合で表します。これをエクセルギー率といいます。エネルギーは形態によってエクセルギー率が異なります。図-3にさまざまなエネルギーのエクセルギー率を示しました。電気エネルギーや機械エネルギーは、エクセルギー率は一〇で全て仕事に変換できます。化学エネルギーのエクセルギー率は燃料によって異なり、天然ガスで〇・九二、石油、石炭はそれぞれ〇・九四、〇・九五程度です。これに対して、熱エネルギーのエクセルギー率は小さく、温度が六〇〇℃で〇・四四、一五〇〇℃の高温でも〇・六五に過ぎないのです。この熱エネルギーのエクセルギー率が小さいということは、熱エネルギーへの変換において大きなエクセルギー損失が起こることを意味します。図-4に天然ガスを燃焼させて熱エネルギーに変換した場合のエネルギー変換ダイヤグラムと呼ばれるものを示します。上段の数値はエネルギー（エンタールピー）といいますが、下段の数値はエクセルギーを表しています。エネルギーは保存されていますから熱が外に逃げない限り同じ値です。しかし、エクセルギーは保存されていません。二二〇〇℃の熱エネルギーのエクセルギー率は〇・七〇ですから、エクセルギーは六二三となり、元の天然ガスのエクセルギーは八一八だったので一九五のエクセルギーが失われたことがわかります。エネルギーは保存されていますから、放散しない限りエネルギー変換において常に一定です。しかし、燃焼により熱エネルギーに変換すれば多くのエクセルギーが消費されてしまうのです。先に述べたように、私たちのエネルギーの利用の仕方は、すべての化石エネルギーはまず燃焼させて熱エネルギーに変換しますから、この燃焼で多くのエクセルギーが消費されてしまいます。私たちは化石エネルギーを燃焼させ熱エネルギーに変換し、多くのエクセルギーを消費し、残った少しのエクセルギーを機械エネルギーや電気エネルギーとして取り出して利用しているのです。これが、エネルギーを大量に消費しているというこの本当の意味です。ちなみに、太陽エネルギー

ーはエクセルギー率が〇・八二で、このエクセルギーを使って、大気や水の循環から光合成までが起こり、最後は環境温度の熱エネルギー、すなわちエクセルギー率ゼロの熱エネルギーとして地球に降り注いだ量と全く同じ量のエネルギーが宇宙に放射されます。すなわち、私たちはエネルギーのフローの中で、エクセルギーを消費することでさまざまな活動を行なっているのです。

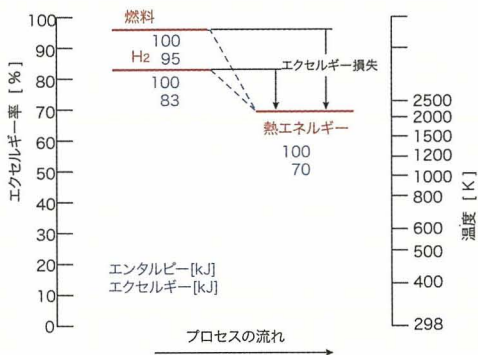
## エクセルギー損失低減法

日本のエネルギー有効利用率は平均すれば三四％程度といわれています。三分の二は無駄になっているということです。このエクセルギー消費の大部分は、熱エネルギーに変換する燃焼過程で起こっています。このエクセルギー損失を低減できれば、エネルギー消費を大幅に削減できることとなります。ここではエクセルギー損失を大きく減少させる方法はないのでしょうか？

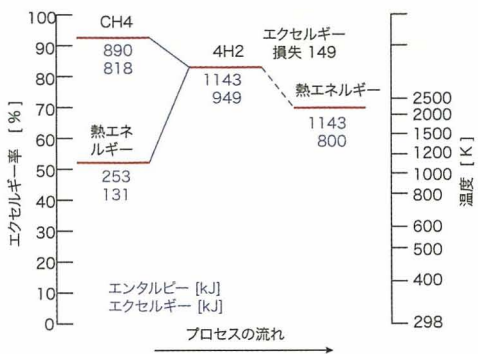
これには大きく分けると二つの方法があります。まず、燃焼そのものをやめることです。例えば燃料電池は、理想的には燃料のもつエクセルギーを全て電気エネルギーとして取り出すことができます。燃焼反応も燃料電池反応と同じ燃料と酸素の反応ですが、燃焼が典型的な不可逆反応であるのに対して、燃料電池はアノード反応とカソード反応の二つの電気化学反応に分けて反応を進めます。電気化学反応は可逆的に進めることができるため、燃料電池では不可逆過程によるエクセルギー損失がないというわけです。実際、水をいくら置いておいても水素と酸素に戻ることはありませんが、電気分解で水を水素と酸素に分解できることはよく知られています。その他に、燃焼以



図—4 メタンの直接燃焼のエネルギー変換ダイアグラム



図—5 一般の燃料と水素の燃焼におけるエクセルギー損失の違い



図—6 メタンの改質燃焼エネルギー変換ダイアグラム

外に熱エネルギーを供給する方法としてコプロダクション（物質とエネルギーの併産）があります。後で詳しく説明します。

燃焼させつつも燃焼におけるエクセルギー損失を低減できる方法があります。これがエクセルギー再生技術です。このエクセルギー再生の代表的なもの、化学再生あるいは熱化学再生と呼ばれるものです。水素は図—3でも示したように、エクセルギー率が〇・八三と燃料の中でも最も小さなエクセルギー率をもつ燃料です。これを燃焼させて熱エネルギーに変換すると、初めから水素はエクセルギー率が小さいわけですから、他の燃料に比べて燃焼によるエクセルギー損失は小さくなります。この様子を模式的に表したのが図—5です。したがって、燃料を直接燃焼させるのではなく、一旦水素に交換し、水素を燃焼させればエクセルギー損失は小さくなるというわけです。炭化水素を水素に変換するのは、水と反応させればよく、水蒸気改質反応といえます。図—6にメタンの改質燃焼のエネルギー変換ダイアグラムを示します。図—4の直接燃焼に比べて、エクセルギー損失が四六kJも小さくなるのがわかります。これは吸熱反応なので、熱が必要ですが、この熱を燃料



自身を燃焼させて供給するのではなく、水素にした後、燃焼させて利用した後のプロセス排熱を利用します。例として、石炭ガス化と燃料電池、ガスタービンおよび蒸気タービンを組み合わせた複合サイクル発電（トリプルサイクルともいう）に対して、エクセルギー再生を適用した次世代石炭ガス化燃料電池複合サイクル発電（A-IGFC）を説明します。石炭をガス化し水素に変換し、水素を燃料電池で電気に変換します。燃料電池の効率を四〇％とすると、残りは熱になります。この燃料電池の排熱を石炭のガス化に利用し、さらに残った排熱を回収し、未燃の水素を燃焼させてガスタービンで発電し、最後に排熱ボイラーでスチームで熱回収し蒸気タービンで発電します。図7(b)にA-IGFCのエネルギーフロー図を示しますが、従来型IGFC（図7(a)）と比較して燃料電池の排熱が、ぐるっと回って再びガス化炉に入り、ガス化炉から得られたガス化炉のエネルギーは投入した石炭のエ

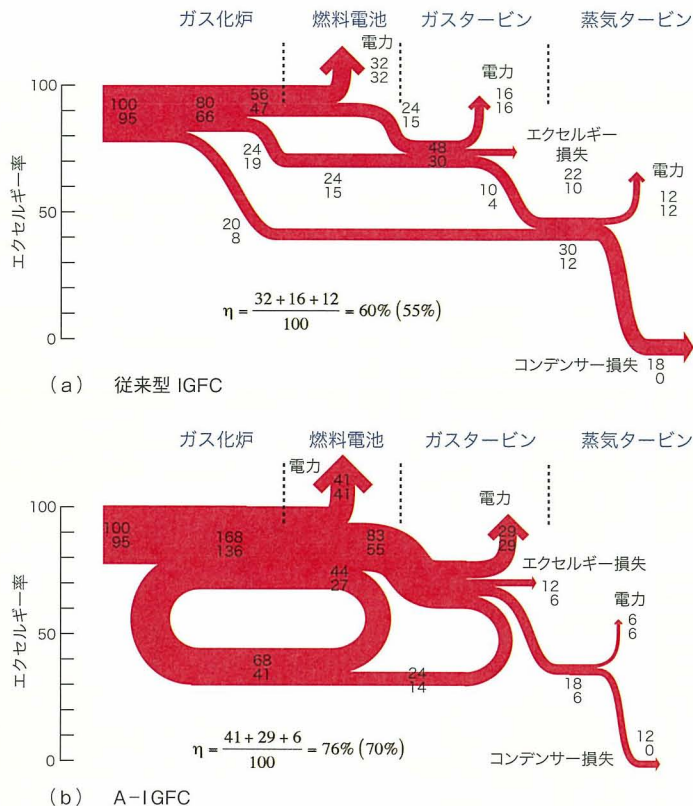


図7 石炭ガス化複合サイクル発電のエネルギーフロー図

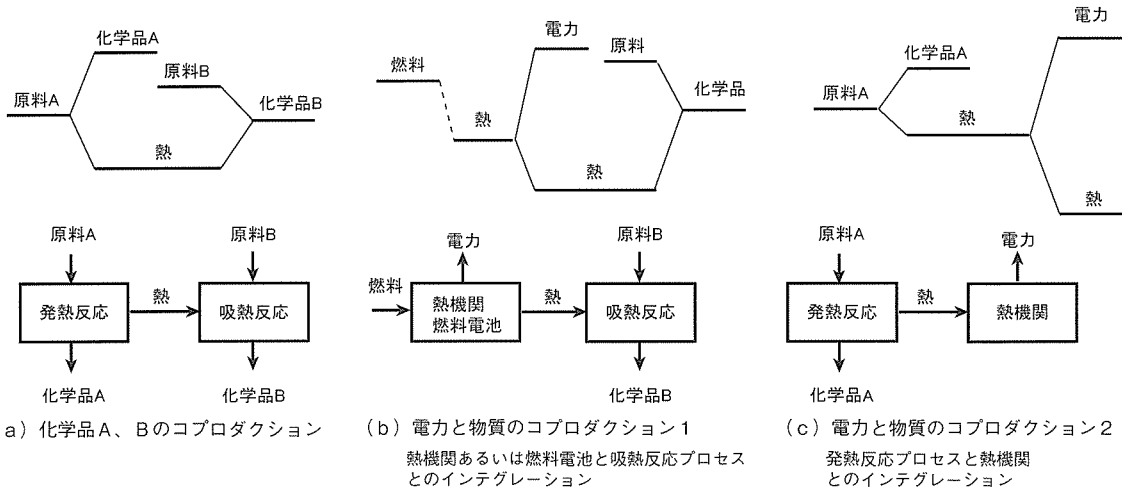
物質生産は吸熱反応か発熱反応かのいずれかの化学反応を伴います。一般に吸熱反応には燃料を燃焼させて熱を供給してやりますが、せいぜい数百℃の熱を与えるのに、数万℃の価値のある燃料を燃焼させるのですから大きなエクセルギー損失が発生します。一方、発熱反応は、できる限り低温で行ない反応熱を冷却水で除去します。本来、数百℃の熱エネルギーを物質の生産と共に得られるのに、すべて冷却水に捨てているのです。したがって、発熱反応では、エクセルギー損失とともにエネルギー放散も起こっていることとなります。そこで、発熱反応をできるだけ高温で行ない、得られた熱エネルギーを吸熱反応に利用したとします（図8）。そうすれば吸熱反応での燃料もいらなくなり、かつ発熱反応の熱エネルギーを有効利用したことになります。これがコプロダクションです。化学品Aと化学品Bを一緒に生産するか、コプロダクションというとも考えられますが、本質的には、発熱反応を利

### コプロダクション

エネルギーよりも大きく、また、エクセルギー損失も小さくなって発電効率が一五%向上しているのがわかります。九〇℃の排熱（エクセルギー率〇・五四）が、それより大きなエクセルギー率をもつ水素エネルギーに変換されるので、エクセルギー再生といえます。エクセルギー再生は、一度利用して質が低下したエネルギーを循環利用することによって、燃焼におけるエクセルギー損失を低減しています。

化学再生の他に、エクセルギー再生には自己熱再生という技術があります。これは、出口側のプロセス流体の熱を入り口側のプロセス流体と熱交換する技術です。通常は、熱交換には温度差が必要ですから、すべての熱エネルギーは自己熱交換できず、不足分を加熱炉で補ってやります。これを、ヒートポンプサイクルを用いることで僅かなエネルギーで全て自己熱を交換できるようにするのが自己熱再生です。住宅や建築分野では、究極の省エネ空調が自己熱再生技術の応用で可能となると考えられます。





図一8 エネルギーと物質の併産（コプロダクション）

用して物質と熱エネルギーを併産することに意味があります。熱エネルギーは吸熱反応に使うだけでなく、スチームを発生させて蒸気タービンを利用すれば電気エネルギーが得られます。あるいはコジェネと同じく熱機関あるいは燃料電池で発電し、その排熱を吸熱反応に利用する場合も化学品と電力のコプロダクションになります。このようにエネルギーと物質を併産（コプロダクション）することによって、吸熱反応の反応熱あるいは加熱用の燃料として消費していたエネルギーを大幅に削減することができます。また、発熱反応で得た熱エネルギーは、燃料の燃焼によって供給する場合と比較して、エクセルギー損失を大幅に低減することができます。

### おわりに

エネルギーの利用体系をエクセルギーの視点から見直すと、いろいろなことがわかってきます。エネルギーは保存されているので、放散が起こらないかぎり、一定で減ることはありません。私たちはエネルギーではなくエクセルギーを消費しているのです。そして、化学エネルギーから熱エネルギーへの変換、すなわち燃焼過程において、大部分のエクセルギーが消散されています。したがって、「燃焼におけるエクセルギー損失を如何に低減するか」が、エネルギー消費を少なくし、二酸化炭素の排出を低減させるためのキーとなります。これには、エクセルギー再生やコプロダクションといった技術があります。物質とエネルギーを併産（コプロダクション）するとともに、エネルギーを循環利用することで、大幅なエネルギー有効利用が図れます。これは、社会・産業構造の大きな変革を伴います。しかし、コプロダクション化を進めることで、CO<sub>2</sub>排出が少ない持続可能な社会の実現に大きく前進することができますのです。レガシー技術から革新的な技術体系に移行することによって、地球に優しいエネルギーと物質の併産システムを構築するとともに、わが国の産業技術の国際競争力を飛躍的に高めることができます。まだ多くの解決すべき課題が残されていますが、地球温暖化を防止し持続型社会を構築することは可能です。

梶敦司・つつみ・あつし

東京大学生産技術研究所教授。エネルギー工学連携研究センター長。

一九八六年、東京大学大学院工学系研究科化学エネルギー工学専攻博士課程修了。

専門分野はエネルギープロセス工学。エクセルギー損失とCO<sub>2</sub>排出量を最小化するエネルギー・物質併産（コプロダクション）システムの構築、エクセルギー再生型エネルギー変換技術、エネルギーパークリングを可能とする燃料電池の開発、超臨界流体技術を用いたナノ粒子プロセスなどを中心テーマに。

# 小温度差熱利用技術の可能性

鹿園 直毅

## 1 はじめに

第一次および第二次オイルショック以降、我が国でも新エネルギーや省エネルギーに関する技術開発が強力に進められてきた。高温ガスタービンや筆頭に既に目覚ましい成果を上げている例や、太陽電池や燃料電池のように今世紀になって芽を出しつつある技術も多い。その一方で、廃熱利用、太陽熱発電、スターリングエンジンなど、技術的成果は収めつつも費用対効果の面から限定的な普及にとどまっているものもある。特に、一九八〇年代を通じて石油価格が低位安定に推移したため、エクセルギー率の低い（仕事を取り出すとして、も原理的に取り出せないエネルギーとして価値の低い）低温の熱に関わる技術は、技術者の間でも

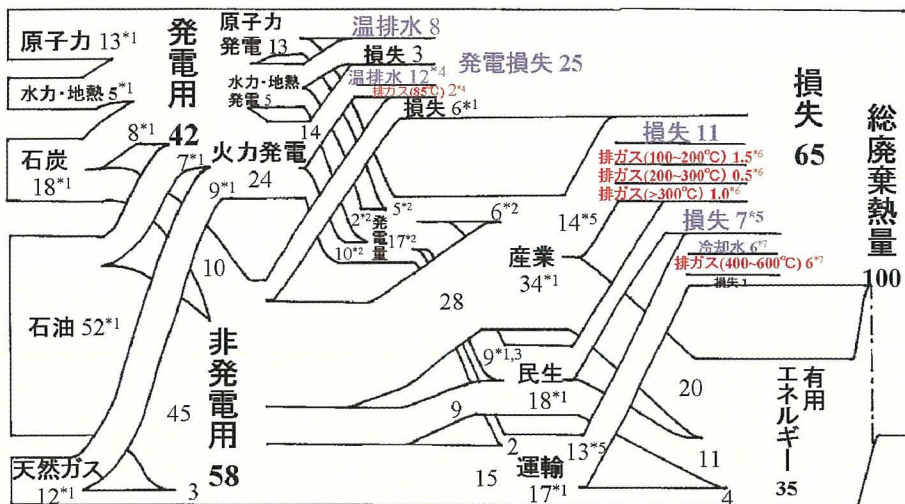
「価格面でペイしない過去の技術」と刷り込まれてしまった感がある。一方で、筆者が指摘するまでもないが、エネルギーや素材価格がこの数年間で二倍以上にも急騰し、企業も温暖化ガス排出コストを真剣に考えざるを得なくなってきたように、ここにかけて技術を取り巻く境界条件がドラスティックに変化している。環境が変化すればそこに適応する生物も淘汰されるように、石油が安く外部環境コストを考慮しなくてよくなった二〇世紀の技術から、高い石油と社会コストを前提とした二一世紀型技術に移行するのは自然な流れであろう。いかに優先順位をつけて、この技術転換を戦略的に実行するかがあらためて問われている。このような視点に立つと、これまで陽の目を見ることになかった技術、古くて新しいエネルギー技術が、

今後数年の間に世に出現してくる可能性は非常に高い。産業界の方々とお話していると、その気が随所で感じられる。さまざまな業種で、まさに長い冬を耐えてこれから芽を出そうとしている技術開発の話が最近とみに多い。本稿では、今後のエネルギー利用効率を向上させる上で不可欠な、小さい温度差での熱利用技術について、独断と偏見を交えて考えてみたい。

## 2 小温度差利用の本質

図1に、少しデータが古くて恐縮だが、我が国の一次エネルギーから最終消費までのエネルギーフローを示す<sup>1)</sup>。一次エネルギーの約四割が発電部門へ、残りの六割が石油会社やガス会社等の非発電部門に回り、それぞれ全体の二五%と六%が熱として損失となる。最終的に、産業、運輸、民生の各部門で投入量の約七割が消費されるが、そのうち動力や製品等の有用な形で使われるのは全体の約三分の一に過ぎない。残りはそれまでのプロセスで熱として失われる。失われたといっても、そこに温度差があれば、熱機関を回して仕事を取り出せるはずである。ところが、東京大学生産技術研究所の西尾教授の調査によれば、図1中に示されているように、排熱の温度は自動車の排気を除いて高温のものはほとんどない。一次エネルギーの八〇%以上を占める化石燃料のエクセルギー率は一〇〇%に近い（原理的には一〇〇%

図一 1 日本のエネルギー利用効率<sup>資料1</sup>



- \* 1 通産省/EDMC「総合エネルギー統計」1997年度。
- \* 2 日本電気協会「電気事業便覧」1997年度。
- \* 3 EDMC「民生のエネルギー消費実態調査」1995、1996年度。
- \* 4 川崎火力発電所平成16年度以降建設予定のコンバインドサイクル発電方式。
- \* 5 平田賢「省エネルギー論」1992年度
- \* 6 省エネルギーセンター「工場群のエネルギーシステムに関する調査研究 平成9年度成果報告書」。
- \* 7 宗清ら「自動車用排熱発電装置」日本機械学会熱工学講演会講演論文集1998年度。

に近い割合で仕事に変換可能)にもかかわらず、国全体では三分の一程度しかエネルギーを有効利用できておらず、しかも出てくる排熱はもはや仕事をとり出すことのできないほど低温になってしまっているというのは、一体どういうことであろうか? どこかに本質的な無駄が潜んでいるはずである。日本は最も省エネが進んだ国といわれるが、全体で見るとまだまだ改善の余地があり、あまり自惚れないほうがよさそうである。無駄の主たる原因は、不可逆プロセス(燃焼)が多い上に、熱を高温から使っておらず、しかもプロセス間の温度差が大きいことにある。もつと世俗的に言う、高温に耐える装置が高価なことと、温度差を小さくしようとする伝熱面積(すなわち熱交換器のコスト)が増えるためである。要するにカネがかかるということである。一例として、一般的な家庭用の給湯器を取り上げてみる。24号のガス給湯器のカタログ<sup>資料2</sup>によれば、最大ガス消費量六一kW(追い焚き同時使用時)、エネルギー効率八二%とある。したがって、最大給湯能力は約 $Q = 50$  kWである。火炎と水との温度差を概算として $\Delta T = 150$  Kとすると、熱交換器のコストの目安となるKA値( $K \cdot \Delta T$ )は $3300$  W/Kである(なお、温度差が大きいといっても機器側は水で冷やされているので高温ではない。火炎だけが高温である)。一方、最近話題のCO<sub>2</sub>ヒートポンプ式給湯器(以後、通称のエコキュートと記載させていただく)は、給湯能力四・五kWで、水と冷媒の温

度差は約 $\Delta T = 10$  Kのオーダーなので、KA値( $K \cdot \Delta T$ )は $450$  W/Kである。同程度の技術レベルであれば、KA値の差はほぼ伝熱面積の差と言い換えることができるので、KA値が一桁も違うということは、それだけコストに差があるということである。ちなみに重量は、ガス給湯器が約三〇kgなのに対し、エコキュートは貯湯槽を除いても約六〇kgとかなり重い。コストアップが避けられない温度差の小さな機器の導入の困難さが、なんとなくご理解頂けるかと思う。

社会全体のエネルギー利用効率を高めるためには、基本(熱力学)に忠実に、不可逆プロセスをなくすこと、温度差があれば熱機関を回すこと、そして伝熱の温度差を小さくすることが必要である。こんな当たり前のことがこれまで十分にできていないのだから、相当に根は深いはずであるが、とにかくその原因を取り除かなければ未来はない。そのためには、何をすべきであろうか。以下、エコキュートを例に、新しいエネルギー機器を導入するためのポイントについて考えてみる。また、熱エネルギー機器のコストに直結する熱交換器の材料転換について、筆者の取り組みを紹介したい。

### 3 エコキュートの教訓

筆者は、二〇〇二年までメーカーにて冷凍空調機器の設計開発に携わっていた。今となると自身の先見の明の無さを恥じるばかりであるが、当時



エコキュートの開発の話がもち上がった際、正直なところモノになるとは思えなかった。先述したコストアップに加え、CO<sub>2</sub>冷媒を用いることでCO<sub>2</sub>気圧以上の超高压システムになること（家電品なのに……）と、製品原価の半分近くを占めるといわれる貯湯槽が別途必要になるなど、価格面でもとも燃焼式の給湯器と競合できないと思ったからである。その後の顛末はというと、読者各位が御存知のように、エコキュートは驚くほど普及が進んでいる。なぜ、こうもうまくいったのであるのか？ エコキュートの成功は、新しいエネルギー機器の導入を考える際に非常に示唆に富んでいると思われる。超臨界サイクルとすることで熱力学的に熱源との温度差を小さくできるというCO<sub>2</sub>特有の利点に加えて、筆者はエネルギー機器を導入する際に共通する要因として、以下の三つが重要ではないかと考えている。

先に紹介した24号ガス給湯器の定価は約三六万円であるが、インターネットによれば実売価格は一三万円程度である。一方、エコキュートの定価は七〇〜八〇万円であるが、実売価格はその約半額といわれており、さらに補助金が四万五千円つく（二〇〇八年一月現在。なるほどエコキュートは高いな、と単に思われるかもしれないが、エコキュートのこの価格は実は驚異的な低価格である。その鍵はエアコンの量産技術の転用にある。最近のルームエアコンはCOP（冷暖房能力/電気入力）が5や6はあるので、標準的な冷房能力二八〇〇

Wのルームエアコンの場合、電気入力は五〇〇W程度である。エアコンの基本サイクルである冷凍サイクルと蒸気発電のランキンサイクルとは、原理はほとんど同じなので、エアコンのサイクルを逆に回す設計をすれば、実は発電することもできる。つまり、わずかに数十℃の温度差で発電する五〇〇Wの超小型発電機が、なんとエアコンと同じ価格で買えることになる。これは発電容量あたりの製造原価でいえば一〇万〜一五万円/kWhほどに過ぎず、スケールメリットが働く上に温度差が一〇〇℃のオーダーの大型の発電所と比較しても、それほど見劣りする数字ではない。太陽電池や燃料電池の価格を想像していただければ、いかに安いかがおわかりいただけるかと思う。このように、エコキュートの成功の第一の要因として、低コスト量産技術の恩恵を十分に活かしている点が挙げられる。そう考えていくと、CO<sub>2</sub>ではなくエアコンで現在用いられているR410aという冷媒をそのまま用いた方がもっと安くできて、結果として低所得層も含めて普及も進むのではないだろうかと思われるかもしれない。実はそのとおりで、理論効率は若干劣るものの、低圧でしかもエアコン部品がほぼそのまま使えるため、CO<sub>2</sub>を用いたエコキュートよりもかなり安く作ることができる。では、なぜそのようなならなかったのであろうか？

良く知られているように、R410aは京都議定書の対象ガスであるHFCであり、温暖化係数がCO<sub>2</sub>の一九八〇倍もある。オール電化を進めつつ地

球温暖化防止に貢献するというイメージを定着させたい電力会社と、京都議定書に向けて成果が欲しい省庁とが強力なタッグを組み、格安な深夜電力料金と補助金をバックに、多少高くても良いものを買う富裕消費者層を掘り起こした、というのが第二の要因である。これほど至れり尽くせりの家電品はこれまでなかった。エアコンの場合は安全性と性能面でHFCに代わる良い代替冷媒がまだ見つかっておらず、きちんと回収することを前提にHFCを使い続けざるを得ない。また、低所得層や発展途上国等への普及を考えると、安いものを広く導入した方が全体としては効果的ではないかとの考え方もある。そのような状況の中で、日本でいち早くこのような高価な商品が受け入れられたことは驚くべきことである。

第三の要因は上述の理由と関連するが、その前に図1-2をご覧いただきたい。図1-2はエコキュートと固体高分子燃料電池（PEFC）システムの比較である。いずれも同じ家庭用給湯市場をターゲットとする競合技術である。標準的なエコキュートの熱出力は四・五kWで、貯湯槽は三〇〇〜四六〇ℓとなっている。それに対し、PEFCの熱出力は一・三五kW、貯湯槽は二〇〇ℓである。容量が小さいので、お湯切れに備えてバックアップ用のガスボイラーがついている。これは、PEFCの場合は燃料電池の投資費用を回収するために、なるべく容量の小さな燃料電池を、お湯を余らせないようにできるだけ長く運転するという設

図一2 エコキュートと燃料電池(PEFC)システムの比較



給湯能力 4.5 kW  
貯湯槽 300~400リットル

電気出力 1 kW、熱出力 1.35 kW  
貯湯槽 200リットル

(a)エコキュート 資料3

(b)PEFCシステム 資料4

計になっているためである。お湯切れしたら安いボイラーで追い焚きすると割り切っている。「発電もする給湯器」といわれる所以である。一方、エコキュートも本体は決して安いとはいえないので、消費者の財布を考えたらPEFCと同様の設計をしても良さそうなのであるが、熱出力も貯湯槽もかなりオーバースペックである（売価を上げただけで賄うという思想であり、基本的に湯切れしないようにお湯を必要な最大量貯められるように設計されている。つまり、これはヒートポンプの蓄エネルギー機能を優先した結果であり、深夜電力需要の掘り起こしを狙ったものと理解できる。

「給湯もする蓄エネルギー装置」である。冷凍サイクルや熱機関は、熱源にバッファがあれば蓄エネルギー機能と需給変動調整機能があり、これが電力会社のニーズにフィットしたことがエコキュート成功の第三の要因と考えている。エコキュートは二〇〇七年九月に累積出荷台数が一〇〇万台を超えたので、電気入力を一約一キロワットとして、大型の揚水発電所一基程度、小型であれば数基程度分の負荷平準化効果を既に担っていることになる（しかも電力会社の負担ではなく、消費者の財布で……）。エネルギーを貯めるといって単一機能しかない揚水ダムやバッテリーを高いお金をかけてまで設置することからもわかるように、蓄エネルギーの価値は非常に高いのである。それに加えてお湯を沸かしたり発電もできるとなると、使わない手はない。

このように、エコキュートの成功は、単に空気でお湯を沸かすから地球に優しいというような図式では説明が難しい。各ステークホルダーの思惑、量産効果、蓄エネルギー機能といった、これまで小型のエネルギー機械ではあまり考慮されてこなかったような要因を総合的に捉えることで、第二のエコキュートが出現する可能性は高い。エコキュートから、学ぶべき点は多い。

#### 4 熱交換器の材料転換

またまたエアコンの例で恐縮だが、我が国のエ

エアコンの省エネは世界的に見ても圧倒的に進んでいる。これは本当に胸を張ってよい。エアコンでやったことを他の製品でも実行すれば、社会全体の省エネも大きく進むはずである。では、エアコンの省エネ技術とは、具体的には何であろうか。もちろん、圧縮機やモーター等の効率向上の貢献もあるが、総合資源エネルギー調査会の報告書<sup>資料5</sup>にもあるように、実は「熱交換器の大型化による省エネルギー改善が大きな要素」となっている。大型化が最も安く確実な省エネ技術だったのである。図一3に、素材価格の推移を示す<sup>資料6</sup>。各社が競ってエアコンの省エネ競争を繰り広げた一九九〇年半ばから二〇〇〇年頃は、素材価格も非常に安い時期だったことがわかる。熱伝導率が高く加工性も良い銅は、現在では当時の四倍近くまで高騰している。つまり、かつてのエア

図一3 素材価格の推移 資料6

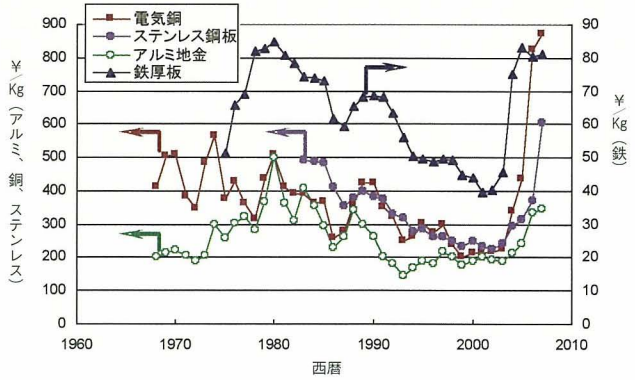
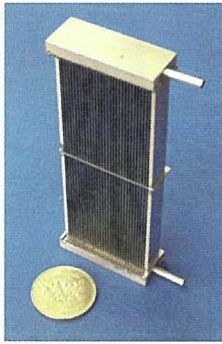


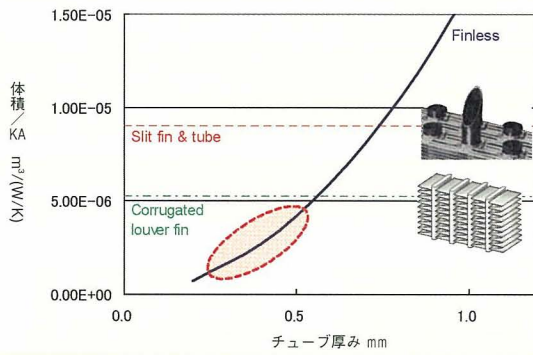


図-5 ステンレス製  
フィンレス熱交換器



熱を伝える  
には、伝熱  
面積を増や  
して熱伝達  
率の低下を

図-4 フィンレス熱交換器と従来熱交換器の比較



コンと同じようなアプローチを使ってこれからの省エネを進めることはかなり難しいと言える。先に述べたように、エネルギー効率向上のためには温度差の低減が必要だが、そのためには性能の高い熱交換器が不可欠である。しかも安くなければ意味がない。地味だが大変重要なテーマである。このような観点から、銅やアルミといった熱伝導率も高いが価格も高い素材から、他の素材への代替可能性について検討した例を以下に紹介する。

熱伝導率  
の高い素材  
を使う主な  
理由は、フ  
ィン（拡大  
伝熱面）が  
あるためで  
ある。なぜ  
フィンを用  
いるかとい  
うと、熱伝  
導率の小さ  
い空気のよ  
うな流体に

カパーする必要があるためである。ただし、これはチューブ径が太い場合の話で、よくよく考えてみると、極めて細いチューブを多数並べれば、それだけでチューブ表面積も増えることになるので、最終的にはフィン無しでも伝熱面積が確保できるようになるはずである。しかも、チューブ自体が細いのでコンパクトにもなる。図-4に、扁平管を用いたフィンレス熱交換器と、従来型の熱交換器の同一性能（KA値）あたりの体積を比較した例を示す。扁平管の厚みを○・5mm以下にすれば、従来熱交換器よりもコンパクト化が可能との結果が得られた。フィンがないので熱伝導率によらず任意の素材を用いることもできる。薄肉化できれば、軽く安くもなる。このような考えで、図-5に示すようなステンレス製のフィンレス熱交換器の試作品を作ってみた。ステンレスの熱伝導率は銅の約二五分の一であるが、それでも高性能でコンパクトになる。いくつかの用途で実際にサンプル評価中であるが、熱機関や燃料電池の排熱や機器冷却などで、可能性があるのではないかとの感触を持っている。

## 5 おわりに

我が国の省エネは、もはや乾いた雑巾を絞るようだとよく言われる。確かに個々のプロセスではそうなのかもしれないが、社会全体で見ると決して優秀な成績とはいえない。エネルギー利用効率

はさらに向上させる必要があるし、その余地もかなりある。従来適用されてこなかった分野に、新しい小温度差の技術を今後大きく普及させるためには、従来の枠組みを超えた戦略的な視点と、小温度差を安価に実現する地道な技術開発が必要である。プロ野球の野村監督ではないが、この分野では「ヒマワリ」だけでなく「月見草」のような技術が特に重要なのである。

鹿園直毅 / しかぞの・なおき  
東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻准教授。

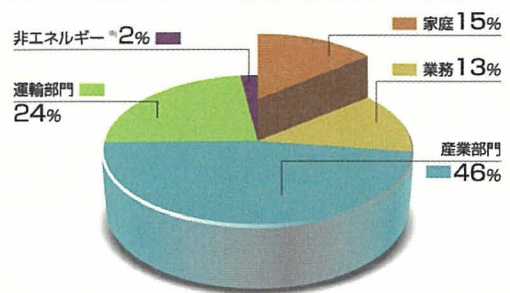
一九八九年、東京大学工学部卒業。一九九〇年、同大学院工学系研究科博士課程修了。(株)日立製作所機械研究所、研究開発本部を経て、二〇〇二年より現職。専門領域は次世代エネルギーシステムで固体酸化燃料電池や、次世代熱機関・ヒートポンプの研究開発に取り組んでいる。  
日本伝熱学会奨励賞（一九九五年）、日本伝熱学会技術賞（二〇〇〇年）を受賞。

### 〈参考資料〉

- 1 東京大学生産技術研究所西尾茂文教授、私信、二〇〇五年。
- 2 リンナイ株式会社 デジタルカタログ。  
[http://rinnai.jp/catalog\\_download/](http://rinnai.jp/catalog_download/)
- 3 株式会社コロナカタログ。  
[http://www.corona.co.jp/question/index\\_catalog\\_dl.html](http://www.corona.co.jp/question/index_catalog_dl.html)
- 4 東京ガス株式会社 ホームページ。  
<http://www.tokyo-gas.co.jp/pefc/index.html>
- 5 総合資源エネルギー調査会、省エネルギー基準部会 エアコンデিশヨナー判断基準小委員会 最終取りまとめ、二〇〇六年。
- 6 日刊鉄鋼新聞、<http://www.japanmetdaily.com/>より作製。

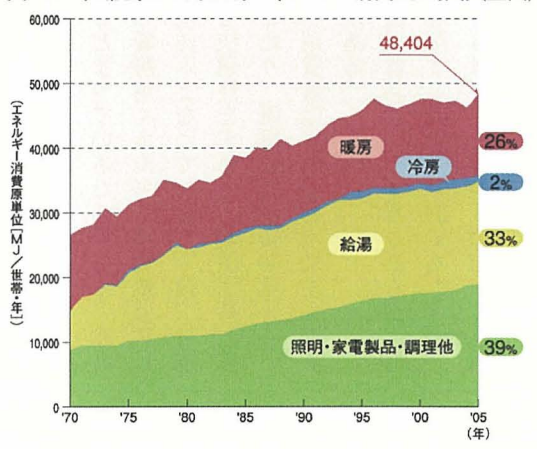


図一 最終エネルギー消費の構成比(2005年度)



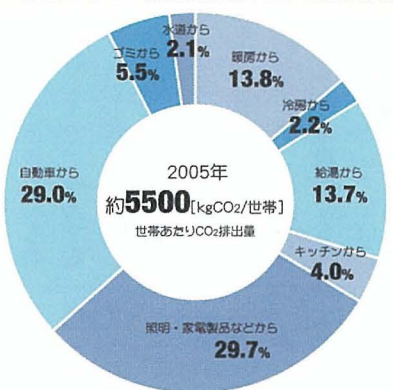
出所：『総合エネルギー統計』経済産業省/EDMC、EDMC推計  
※非エネルギー：石油化学用ナフサ、建築用アスファルトなど、エネルギーとして利用しない石油等のことを指す。

図二 世帯当たり用途別エネルギー消費量の推移(全国)



出所：『家庭用エネルギー統計年報(2005年版)』  
株式会社環境計画研究所

図三 家庭からの二酸化炭素排出量 用途別内訳



出所：『日本の1990～2005年度の温室効果ガス排出量データ』  
温室効果ガスインベントリオフィス(2007年5月29日発表)

割つづを占め、給湯、暖房が一四%づつを占めている。自動車は単独で三割であるから、自動車を手放すのが一番でつとり早いエコといえる。ここでは、住宅の中で使われるエネルギーのうち、暖房、給湯、家電製品のエネルギー消費動向を見てみる。

●家庭の中のエネルギー消費の現状  
暖をとる、涼をとる、明かりを灯す、食べる、衛生を保つ、楽しむ、移動する。何をしても私たちがエネルギーを必要とする。家庭で使われる電力、ガス、灯油などの家庭用エネルギー消費量は、世帯数の増加や暮らしの利便性・快適性向上

に伴い年々増加しており、二〇〇五年度においては日本全体の約一五%を占めている(図一)。用途別にみると、二〇〇五年では、照明・家電製品・調理他の比率が三九%、給湯が三三%、暖房が二六%を占め、冷房はわずか二%である。給湯や暖房用のエネルギー消費量はここ数年ほ

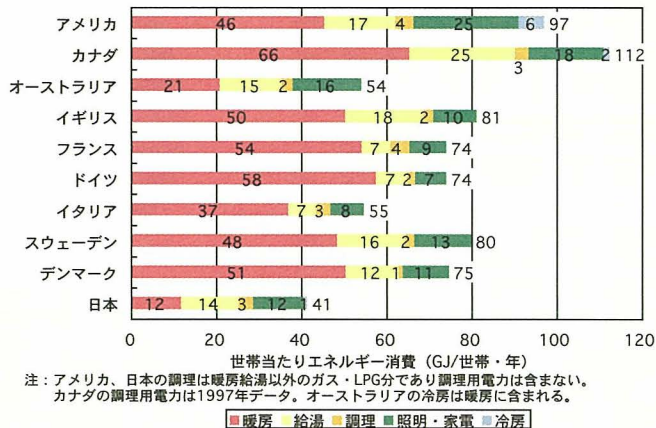
ぼ横ばいであるが、照明・家電製品・調理他の消費量は増加傾向にあり、今後も増加するものと予想されている(図二)。これらのエネルギー消費のほか、自動車用、ごみ処理用、水道などに要するエネルギーからのCO<sub>2</sub>排出量を合計すると、世帯当たりのCO<sub>2</sub>排出量は五五〇〇kg/年

となる(図三)。これは一日一人当たり六kg排出している計算となり、安倍元首相の提案からスタートした「二人、一日、一kgCO<sub>2</sub>削減」運動というのは、現状から一七%減といえる。排出の内訳をみると、自動車と照明・家電製品からそれぞれ三

●暖房

日本の暖房用エネルギー消費量は、住宅の断熱性・気密性の向上により、ここ数年横ばいとなっているが、その消費水準は欧米に比べて非常に小さい(図4)。東京の冬季平均気温(八・八℃)はロンドン(四・七℃)とローマ(八・九℃)の間に位置し、住宅の延床面積はいずれも九〇〜一〇〇㎡程度と大きな差はないが、東京の暖房用エネルギー消費量はイタリアの三割程度に過ぎない(図5)。

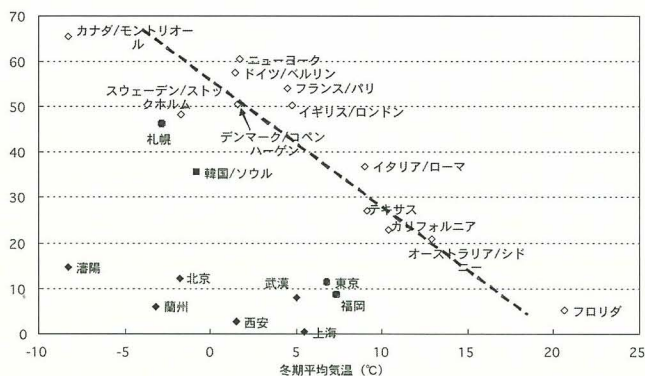
図4 用途別世帯当たりエネルギー消費量  
(2000年、オーストラリアのみ1999年)



注：アメリカ、日本の調理は暖房給湯以外のガス・LPG分であり調理用電力は含まない。カナダの調理用電力は1997年データ。オーストラリアの冷房は暖房に含まれる。

出所：(株)住環境計画研究所

図5 暖房用エネルギーと冬季平均気温の相関



注：中国の暖房需要は都市部世帯のもの。

出所：中国以外は(株)住環境計画研究所推計。中国は「中国の家庭部門エネルギー・環境問題に関する現況分析及対策効果の予測」2006年3月、寧亜東博士論文。

る定格効率であるため、実際のCOPはもつと低く、実測事例<sup>※2</sup>によると、特に冷房時より暖房時のほうが定格効率からの乖離が大きいという。部屋の広さと容量のバランスが悪かったり、外気温が低いような条件では、さらにエアコンのCOPは低くなる。しかし仮にCOP3としても、

これは全館連続暖房が一般的な欧米に対し、日本の暖房が個別間欠暖房にとどまっているためである。北海道の暖房用エネルギー消費量はEU諸国並みとなっている。今後、日本でも快適性を求めて、暖房面積が拡大したり、暖房時間が長期化すると、その消費量はまだまだ増加する可能性がある。

暖房器具はいろいろとあるが、何で暖房するのが効率的であろうか。図6はガス・灯油・電気による暖

房設備において、同じ熱量を得るために必要なエネルギー消費量、二酸化炭素排出量、費用を比較したものである。これはあくまで、投入するエネルギーと発生する熱量を比較しただけのものであり、部屋内の温度分布や、湿度・風量の状態などによって人の体感温度は異なることに注意されたい。高効率エアコン(成績係数(COP<sub>HP</sub>)6)が環境面でも経済面でも最もよい。しかし、COP6はあくまで条件下で測定される

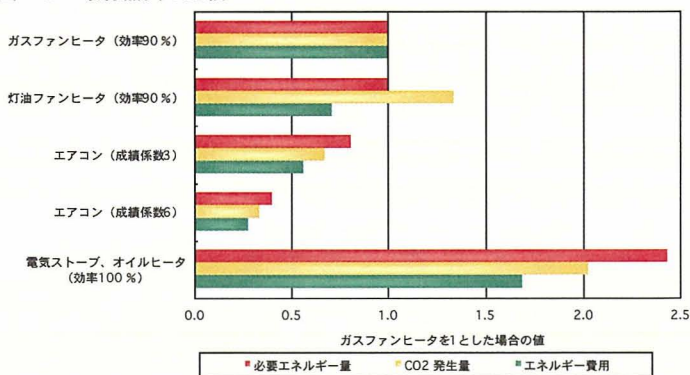
●給湯  
日本は、浴槽入浴が主流であることから、シャワーだけで済みますヨーロッパ諸国に比べ給湯需要が多い。しかし、給湯需要はほぼ飽和したよう

うで、近年では給湯用エネルギー消費量が減少している。ガスや灯油ファンヒーターよりも環境面、経済面で優位となっている。灯油八五円/ℓと近年の比較的高い価格で算定していることもあり、灯油ファンヒーターの経済的優位性が崩れてきているのである。しかし、注意しなければならないのは、エアコンだから灯油ファンヒーターより安いのであって、そのほかの電気を直接熱に変える電気ストーブ、オイルヒーター、ハロゲンヒーターなどはいずれも、環境面でも経済面でも×である。近年の灯油価格の高騰をうけてエアコンではない電気暖房器具が売れているというニュースには、おもわず頭を抱えてしまったものである。

住宅の高断熱化、高气密化に伴い、これからは、部屋の中の空気を汚さない床暖房やFF式暖房、エアコンなどの暖房設備が主流になってくるものと考えられる。

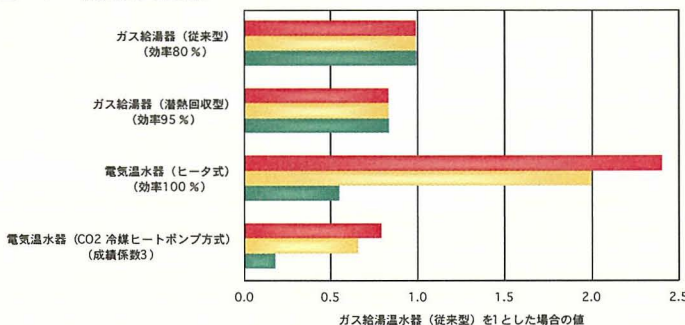


図一六 暖房器具の比較



算定条件：ファンヒータは換気ロスを見込み効果90%と算定。  
 単価想定：電気22円/kWh、ガス150円/m<sup>3</sup>、灯油85円/ℓ  
 CO<sub>2</sub>排出原単位：電気0.410kg/kWh、ガス2.328kg/m<sup>3</sup>、灯油2.488kg/ℓ  
 (単価およびCO<sub>2</sub>排出原単位の想定は、(財)省エネルギーセンター『家庭の省エネ大辞典』2008.3版を参照)  
 電力1次エネルギー換算9.76MJ/kWh

図一七 給湯器の比較



算定条件：電気温水器に関しては貯湯によるロス10%を計上。  
 単価想定：夜間電力7.35円/kWh、ガス150円/m<sup>3</sup>  
 (夜間電力以外の単価およびCO<sub>2</sub>排出原単位の想定は、(財)省エネルギーセンター『家庭の省エネ大辞典』2008.3版を参照、夜間電力単価は東京電力の「おトクなナイト8」プランのもの)  
 電力1次エネルギー換算9.76MJ/kWh

暖房器具と同様に給湯器の比較をしたものが図一七である。ここで注意されたいのは、電気温水器に関して、エネルギー費用は夜間電力単価を使用しているが、CO<sub>2</sub>排出量は全日平均の電力CO<sub>2</sub>排出原単位を使用しているという点である。これは夜間電力のCO<sub>2</sub>排出原単位が近年公表されていないためであり、化石燃料比率の少ない夜間電

力を使用する電気温水器のCO<sub>2</sub>排出量は、このグラフよりさらに二割ほど小さくなると考えられる。最近普及が拡大しているCO<sub>2</sub>冷媒ヒートポンプ給湯器(エコキュート)のCOPはもう少しいいものもあるだろうが、COP3という今回の想定で、一次エネルギー比較では、高効率の潜熱回収型ガス給湯器(エコジョーズ)とほぼ同じくらいと考えられる。CO<sub>2</sub>排出量はCO<sub>2</sub>冷媒式

CO<sub>2</sub>排出量ともガスを大きく上回っている。電気温水器の出荷台数や普及率に関して公開されている網羅的なデータはないが、文献<sup>\*)</sup>におけるアンケート調査(N=791)によると、二〇〇五年の注文住宅のうちオール電化住宅の普及度が五一・八%、エコキュートの普及度が三七%であるという。ということは、驚くべきことに新築の電化住宅の三割は、この環境に悪い電気温水器を導入してい

ヒートポンプ給湯器のほうが高効率ガス給湯器に比べて二割ほど少ないが、これは前述の通り、実際はさらに小さいものと考えられる。安価に設定されている夜間電力を原資とするため、エネルギー費用はかなり小さい。ヒータ式の電気温水器は、エネルギー費用は小さいのだが、エネルギー消費量、C

るといふことなのである。イニシャルコストの問題もあるが、これは早急に対策をとる必要があるのではなかろうか。

このほかに給湯の省エネを考えるならば、太陽熱温水器、ソージェネレーションの利用が考えられる。太陽熱温水器は、近年は太陽光発電の陰に隠れた感もあるが、エネルギー利用の観点からは発電よりもずっと効率がよく、もつと普及してもらいたい設備である。一般家庭の給湯量の半分をまかなうことができるという試算もある<sup>\*)</sup>。一方、ソージェネレーションは熱と電力で効率八〇%という謳い文句ではあるが、熱と電力ではエネルギーの質が異なるため、単純に合計できるものではない。例えば、熱の供給はヒートポンプを使えば電力でも可能であり、電力だけのシステムでもこの効率は実現できる。仮に、高効率火力発電効率五〇%とし、このうち三五%を電力として使用し、一五%をCOP3のヒートポンプ給湯器で給湯利用する場合、 $電力35\% + 熱15\% \times 3.0 = 80\%$ が、投入されたエネルギーに対する利用効率になる。また、ソージェネ



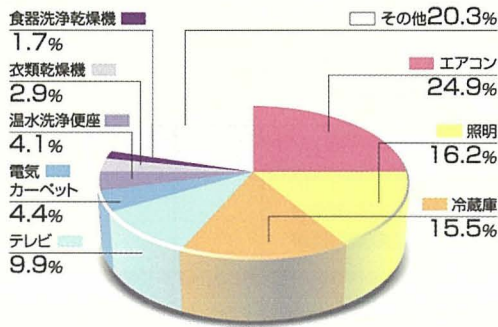
レーションは電力と熱と同時に発生するため、需要のバランスが悪いと熱が余って捨てざるを得ず、省エネにならない場合もある。寒冷地、業務用施設との複合施設など、熱需要の多い箇所ではその特性を生かして省エネが実現できるものと考えられる。

### ●家電製品

家庭における消費電力量の内訳を図-8に示す。実測データと比較するとエアコンの消費量がちよつと大きすぎる感じがするが、この公表データで全体の三分の二を占めるエアコン、冷蔵庫、照明、テレビの四つが主要な電力消費元であることには間違いない。これらの家電製品の使い方を工夫し、購入時に省エネ型の製品を選ぶことは非常に重要である。温水洗浄便座、電気カーペット、衣類乾燥機、食器洗浄乾燥機、さらにここには載っていない電気ポットなどは、世帯保有率が低いために小さい比率となっているが、ほとんどの製品がヒータ内蔵機器であるため、機器単体の消費電力量は非常に大きく、使い方によっては簡単に冷蔵庫

並みの電力を消費してしまう。その分、機器の省エネ余地も大きく、非使用時の省エネを図るべくメーカーによる効率化が進められている。これらの機器を購入する際には省エネという観点から十分検討されたい。また省エネルギーセンターの調査によると、待機電力は家庭内の消費電力量の七%程度を占めている<sup>5)</sup>。メーカーの努力やユーザーの意識改革により、年々減少してきているが、最近では機器のデジタル化が待機電力の増加要因として懸念されている。通信時以外の待機時の省エネを図るべくメーカー側でもさらなる努力が

図-8 家庭における消費電力量の内訳



出所：「電力需給の概要（2005年度想定）」

続けられている。DVD・HDDレコーダ、テレビなどの分厚い取扱説明書は、なかなか詳細に目を通す気が持てないものであるが、電源オフ時に時間表示を消すなどの省エネモードの選択方法がどこかに記載されていたりする。こういった表示をわかりやすくしたり、出荷時には省エネモードにしておくなどのソフト的な工夫にも、メーカーにはぜひ取り組んでもらいたい。

### ●最後に

冒頭で述べたように、家庭用エネルギー消費の占める割合は全体の七分の一。意外に少ないな、産業部門や運輸部門でなんとかしてもらえばよいのでは、などと思う人も多いかもしれない。しかしどのように分類されようが、直接的に間接的に結局すべてのエネルギーは人間の活動を維持するために消費されているのである。けてして人任せにはできず、一人一人が考えていかなければならない問題なのである。まずは、各自がどのくらいのエネルギーを消費しているかを知り、無駄がないかチェックし、適切な情報を得て、できる範

囲で行動に移し、それを継続することが重要である。実は「適切な情報を得て」と「継続する」というところがとても難しいことなのではあるけれど。

岩船由美子／いわふね・ゆみこ

東京大学生産技術研究所エネルギー工学連携研究センター講師。

二〇〇一年、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。

専門分野は持続型エネルギーシステム。住環境計画研究所主任研究員を経て、二〇〇八年より現職。

### 〈註〉

1 成績係数(COP)とは、エアコンが作り出す温熱・冷熱量の、消費する電力量に対する割合を示す。COP=3のエアコンとは、消費する電力量の三倍の熱・冷熱量を作り出すものを意味する。したがって、COPの値が高いほど省エネのエアコンということである。

2 赤林「家庭用エアコンのCOP実測結果」。

<http://tkkanryo.eng.niigata-u.ac.jp/HP/HP/sympo3/akabayashi.pdf>

3 「月刊HOUSING」(発刊=株式会社ルート)、「二〇〇五年注文住宅と住宅設備に関する動向調査」。

4 濱恵介「実践、エコな暮らし・エコな住まい」日経BP・ECO JAPAN。  
<http://www.nikkeibp.co.jp/style/eeco/column/hama/>

5 (財)省エネルギーセンター、平成一七年待機時消費電力調査報告書。

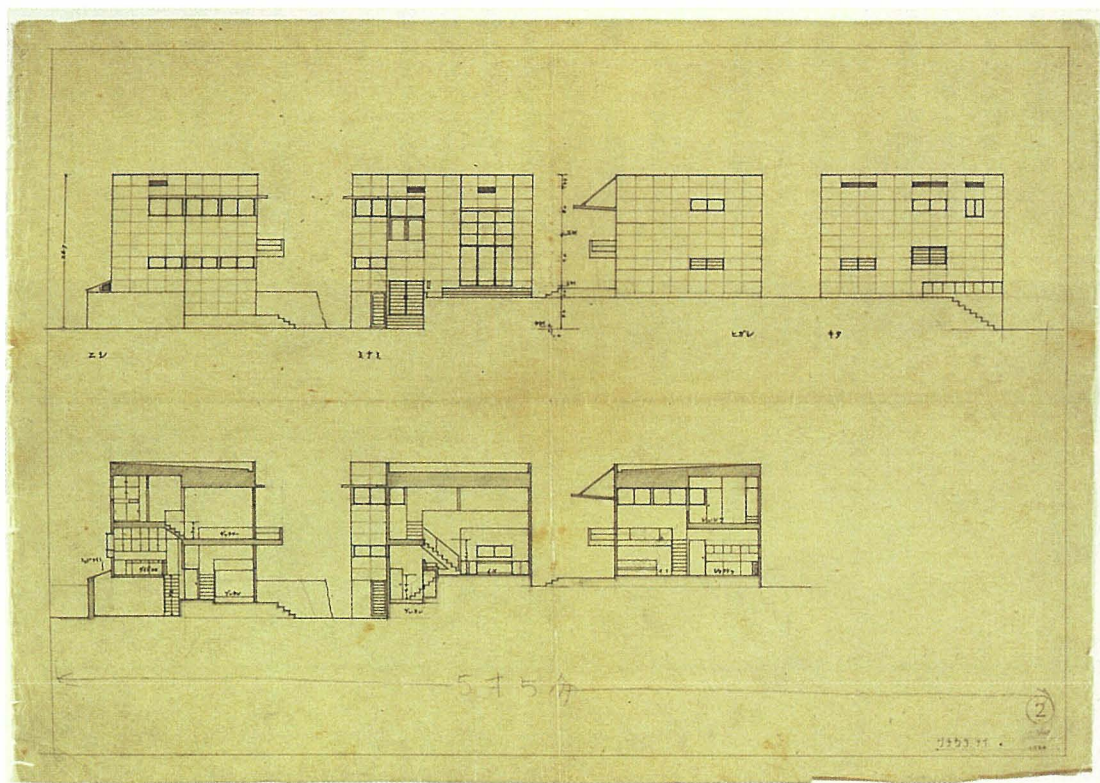


## 18

江戸東京博物館

## 土浦亀城旧蔵：建築図面・建築写真資料

早川 典子



土浦亀城自邸立面図・断面図 1935年（昭和10）、東京都品川区。

「江戸東京博物館」は、この春、開館満一五周年を迎えました。一九八二年（昭和五七）に、博物館設立準備室での資料収集業務を開始してからは二六年となります。それでも、各都道府県にある歴史系博物館としてはかなり後発の施設です。江戸から東京に至る都市における庶民生活史を展示することを目的としています。我学芸員は、自嘲的に「きれいなものから、きかないものまで」と言っておりますが、現在は、五〇万点以上の多岐にわたるさまざまな資料を収蔵しています。

博物館のコレクションとしては、浮世絵等の絵画、古文書、生活民俗資料等が多数を占め、建築関係の資料については、全体から見ればわずかしかなかった。しかし、本稿で紹介する「土浦亀城旧蔵資料」は、江戸東京博物館において、初めての建築関係コレクションとなりました。

まず、江戸東京博物館と、建築家・土浦亀城氏の関係について説明します。

もともとは、都内に残る歴史的価値のある建造物を移築、保存する目的で設立された、「江戸東京たてももの園」（江戸東京博物館の分館にあたる東京都小金井市にある野外博物館）において、品川区内に現在まで残る一九三五年（昭和一〇）竣工の土浦亀城自邸を移築できないか、

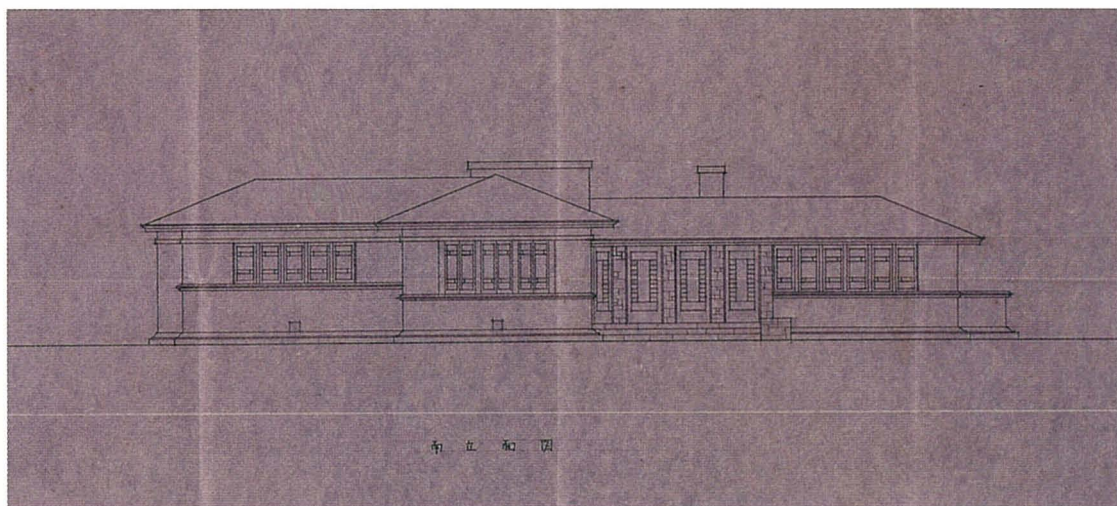


という検討が始まったことから、土浦氏とのご縁が始まりました。お元氣だった頃、土浦氏が江戸東京たてもの園にお越しになり、「ぼくの家は坂に建っているから、平らなところではどう見せるのかな」とお話しになっています。その後、東京都の財政状況悪化のために、移築・復元事業そのものが凍結となってしまい、現在のところ移築は実現していません。

また、一九九三年（平成五）に江戸東京博物館が製作した、映像作品「初期モダニズムの住宅」では、土浦亀城自邸内において、土浦亀城・信ご夫妻がタリアセン時代のフランク・ロイド・ライトのことや、土浦亀城自邸竣工当時のことを詳細に語っており、今となってはとても貴重な映像資料となっています。この映像は、江戸東京博物館地下一階の映像ライブラリーでご覧いただけます。

それでは「土浦亀城旧蔵・建築図面、建築写真コレクション」についてご紹介いたします。

土浦亀城氏は一八九七年（明治三〇）茨城県水戸市の生まれ。一九一九年（大正九）東京帝国大学建築学科に入学。大学時代に帝国ホテルの建設現場でフランク・ロイド・ライトと知り合います。大学を卒業後、アメリカに渡りフランク・ロイド・ライトの事務所で約三年間修業を重ねました。妻・信夫人は、大正デモクラシーで有名な憲法学者・吉野作造の長女。東京帝



山縣邸立面図 1926年（大正15）、東京都目黒区駒場。

国大学で教鞭を執っていた父上の縁で土浦亀城氏と知り合い結婚。夫婦で渡米した際には、信氏もライトの下で建築の勉強を積みました。帰国後も、亀城氏と共同で住宅の設計にあたった時期もありました。

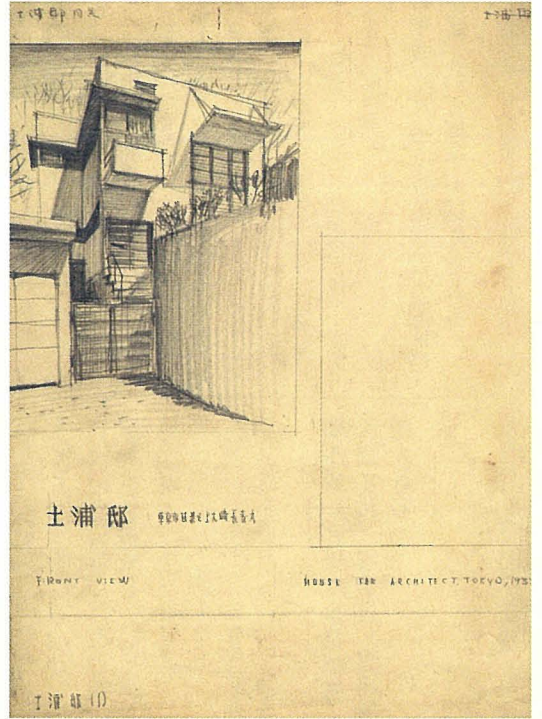
その後、土浦亀城建築事務所を設立し、昭和六〇年代に事務所を閉鎖するまでの約四〇年間にわたって設計活動を行いました。土浦亀城氏は、一九九七年（平成九）一月に九九歳で亡くなりました。

江戸東京博物館では、土浦亀城氏が自邸で大切に保存してきた建築図面類二五〇〇点以上を、平成一四年度、平成一五年度の二年にわたって、ご寄贈いただきました。これらの図面は、美濃紙に鉛筆で書かれた原図や、トレーシングペーパーに墨入れをしたもの、青焼き図面、各種仕様書類や、当時の事務所内での連絡調整の経過を知ることができるメモなどさまざまな資料が含まれています。

一番古い図面は、アメリカから帰国した一九二六年（大正一五）七月に設計された住宅、山縣邸のもので、アメリカ帰国直後のこの作品は、ライトのプリーリーハウスのようなイメージの切妻屋根を持った住宅です。

また、江戸東京博物館と土浦亀城氏のご縁の始まりとなった、土浦亀城自邸の図面類も大変貴重な資料です。





上／土浦亀城が当時の雑誌への発表用に作ったと思われるレイアウト図。

左／土浦自邸居間の写真。

二〇〇六年には、これらの図面を紹介した展覧会「昭和モダニズムとパウハウス―建築家土浦亀城を中心に」という展覧会を開催し、多くのみなさまにご覧いただくことができました。しかし、江戸東京博物館の常設展示室では、恒常的にご覧いただける機会を設けることはなかなか難しいため、研究者の方々の利便性を考え、第二原図を整備しています。

江戸東京博物館では、「特別利用申請」という制度があり、第二原図は、「特別利用申請書」を提出していただければ、ご覧いただくことができます。ぜひ多くの方に知っていただき

たく、ご紹介させていただきます。

これらの図面資料を整理していた時間は、わたくしにとっても大変楽しく、非常に勉強になりました。そしてそこに含まれている情報の多さに圧倒され、一人でも多くの研究者の方に知っていただくことが、博物館としての大きな役割だと考えています。

これからも、建築関係の資料収集には力を入れていきたいと考えています。多くのみなさまからご協力をいただきたく、この場をお借りしてお願ひ申し上げます。

早川典子／はやかわ・のりこ  
 東京都江戸東京博物館学芸員。  
 日本大学大学院理工学研究科建築学専攻博士課程前期修了。江戸東京たてもの園で開催の「あしがれのモダン住宅展」(一九九六年)、「江戸東京博物館で開催の「東京建築展 住まいの軌跡・都市の奇跡」(二〇〇一年)、「江戸東京ものがたり」(二〇〇二年)、「昭和モダニズムとパウハウス―建築家土浦亀城を中心に」(二〇〇六年)などの展覧会を担当。

著書に、「前川國男邸復元工事報告書」「小出邸移築工事報告書」(共に、江戸東京たてもの園刊、一九九九年)。

### 東京都江戸東京博物館

所在地：〒130-0015 東京都墨田区横網1-4-1  
 最寄駅：JR総武線・都営地下鉄大江戸線「両国駅」  
 電話：03-36626-9974  
 URL：http://www.edo-tokyo-museum.or.jp  
 開館時間：9時30分～17時30分(土曜日のみ19時30分まで)  
 休館日：毎週月曜日・年末年始(十二月二十八日～一月一日)

## 最近の動き

●平成二〇年度事業計画・予算が  
決議され、評議員が選任される

三月二五日開催の定例理事会において、平成二〇年度の事業計画と予算が決議された。また、近年増加している出版助成に対応するため、特定積立金「出版助成基金」の設立が決議された。

続いて、改選期にあたる評議員は、辞任の申し出があった太田利彦、小西正文の両評議員に代わって、稲田英昭（清水基金常務理事）、峰政克義（住総研専務理事、五月末退任）の両氏が、重任の一〇名の評議員とともに選任された。任期は平成二二年五月末までとなる。

●平成一九年度事業報告・決算が  
承認され、理事が選任される

五月一九日開催の定例評議員会において、

## 2008年

- 4/ 4 第74回すまいろんミニシンポジウム「21世紀えねるぎ事情を考える『暮らし—すまい』から」
- 4/ 5 第9回「住まい・まち学習」実践報告・論文発表会
- 4/ 8 第94回すまいろん編集委員会
- 4/12 第122回研究運営委員会
- 4/13 第7回住宅研究史委員会
- 4/18 「住総研 清水康雄賞」選考委員会
- 4/22 第15回コレクティブハウジング研究会
- 4/24 第8回住宅史料委員会
- 5/14 第35回江戸東京フォーラム委員会  
第82回図書情報委員会
- 5/19 定例評議員会
- 5/21 第68回住教育委員会
- 5/24 第19回世界のすまい方フォーラム「なぜ日本は水虫大国となったのか」  
第26回世界のすまい方フォーラム委員会
- 5/27 定例理事会
- 6/ 4 第16回コレクティブハウジング研究会
- 6/13 キックオフミーティング
- 6/14 第8回住宅研究史委員会
- 7/ 4 第75回すまいろんミニシンポジウム「家族のあり方とnLDK」
- 7/11 第123回研究運営委員会  
第9回住宅史料委員会
- 7/12 第28回住総研シンポジウム「住宅研究はどこから来てどこへ向かうのか」
- 7/16 第69回住教育委員会
- 7/22 第95回すまいろん編集委員会
- 9/ 4 第27回世界のすまい方フォーラム委員会
- 10/ 6 「住総研 清水康雄賞」贈呈式、記念講演会
- 10/14 第83回図書情報委員会

平成一九年度の事業報告と決算が承認された。因みに、一九年度の事業と決算は概ね計画どおりに達成されている。また、平成二〇年度事業計画と予算、特定積立金「出版助成基金」の設立も承認された。

次に、議決事項として、改選期にあたる理事は、辞任の申し出があった中野豊士、峰政克義の両理事に代わって、内海映郎（三菱UFJ信託銀行最高顧問）、岡本宏（清水建設常任顧問）の両氏が、重任の一〇名の理事とともに選任された。任期は平成二二年五月末までとなる。

続いて、平成二〇年度の研究助成と創立六〇年記念事業についての報告があった。

●平成一九年度事業報告・決算が  
決議され、理事長・専務理事が互  
選される

五月二七日開催の定例理事会において、最初に、評議員会で決議された理事の選任

が報告された。その後、議決事項に移り、理事長と専務理事の互選が諮られ、理事長に野村哲也理事が、専務理事に岡本宏理事が選任された。

次に、先の評議員会で承認された平成一九年度の事業報告と決算が決議され、併せて、平成二〇年度の研究助成が決定した。最後に、創立六〇年記念事業では、「住総研 清水康雄賞」の受賞者が、小林秀樹（千葉大学教授、小谷部育子（日本女子大学教授）の両氏に決定した。贈呈式は、一〇月六日、建業会館ホールで開催される。

「住総研 清水康雄賞」創設  
記者発表

六月一日行なわれた記者発表の要旨は以下のとおりである。

創立六〇年を迎えるにあたり、住関連研究者を顕彰する同賞を創設し、第一回受賞者を理事会で決定した。

同賞は、住に関して優れた研究成果を上げ、実践につなげた研究者を表彰するとともに、研究者のさらなる意欲の向上を図り、住研究の発展に資することを目的とする。当財団の創設者である清水康雄（当時清水建設社長）が、戦後の住宅不足を憂慮し、昭和二三年に私財を提供し財団を設立した思いを名称に現している。

贈呈式・記念講演会で、小林秀樹、小谷部育子両氏に、賞状・正賞・副賞（三〇〇万円）が贈呈される。

「すまいに関して優れた研究成果を上げるとともに、時代を切り開く新しい研究に挑戦している研究者、または社会的・実践的活動につなげて研究活動を行なっている研究者で、受賞によってこれからの研究あるいは実践の活動に弾みがつくと考えられる人」を対象に選考された。

今後、継続して複数名の研究者を顕彰することにより、住研究の発展に貢献してゆきたい。



## 2008年度 研究助成一覧(34件)

研究No.	主査名	所属	主題
0801	中山 徹	奈良女子大学准教授	中国内モンゴル自治区東ウジュムチンにおけるゲルの悉皆調査
0802	木方 十根	鹿児島大学准教授	九州の離島におけるキリスト教集落の伝統的維持管理手法の研究
0803	田上 健一	九州大学大学院准教授	デラコスタプロジェクトにおけるコミュニティ・エンパワーメント
0804	浜本 篤史	名古屋市立大学大学院専任講師	五輪開催期の時代性と大都市の構造形成
0805	江口 久美	東京大学大学院生	古きバリ委員会による歴史的住環境保全手法に関する研究
0806	阿部 大輔	政策研究大学院大学研究助手	バルセロナの計画住宅市街地における維持更新の手法と実態
0807	大坪 明	武庫川女子大学教授	資源循環に配慮した既存共同住宅団地の持続的再生システム
0808	仲谷 剛史	東京大学大学院生	コミュニケーションの観点からみた住宅間取り表記に関する研究
0809	及川 清昭	立命館大学教授	ラオスにおける民族固有の居住文化に関する比較形態学的研究
0810	徳尾野 徹	大阪市立大学大学院講師	「原状回復義務なし」賃貸共同住宅に関する研究
0811	竹内 孝治	愛知産業大学専任講師	建築家・内田祥文の「國民住宅」構想に関する研究
0812	菊地 成朋	九州大学大学院教授	51Cの地方都市における展開
0813	横山 勝樹	女子美術大学教授	安全安心をめざした郊外住宅地の空間構成に関する研究
0814	藤原 美樹	福山大学助教	中国古典様式家具と書院造の室内布置との関連性に関する研究
0815	竹田 喜美子	昭和女子大学教授	シニアタウンにおける高齢者の居住環境の再編に関する研究
0816	宮田 裕章	東京大学大学院助教	精神障害者の退院後の住居確保に関する研究
0817	栗原 知子	福井大学大学院生	きょうだい保育を導入した保育園の子どもの発達に関する調査研究
0818	阪田 弘一	京都工芸繊維大学大学院准教授	重度ALS患者の在宅独居空間の整備手法に関する研究
0819	大原 一興	横浜国立大学大学院教授	福祉施設における「ふつうの暮らし」の環境的条件に関する研究
0820	道上 真有	同志社大学非常勤講師 ほか	ロシア住宅市場の発展過程と住宅政策の効果の研究
0821	関川 華	京都大学大学院生	フランス首都圏における民間共同住宅の管理体制に関する研究
0822	伊藤 一秀	九州大学大学院准教授	ロジスティック真菌増殖モデルによる室内微生物汚染の数値予測
0823	姜 燕	北九州市立大学大学院生	高齢者福祉施設の温熱環境が利用者に与える影響に関する研究
0824	平手 小太郎	東京大学大学院教授	LED照明環境における光色のあり方に関する基礎的研究
0825	松原 斎樹	京都府立大学教授	既存住宅における温暖化対策としての昔ながらの暮らし方の見直し
0826	真田 靖士	豊橋技術科学大学准教授	途上国建築に普及した非構造レンガ壁の耐震性能の実験的評価
0827	中村 政人	東京藝術大学准教授	ユニット化住宅の再活用可能性についてのスタディ
0828	藤田 香織	東京大学大学院准教授	耐震補強を目的とした既存木造住宅の類型化と戸数調査
0829	徳田 光弘	鹿児島大学助教	豪雨災害における浸水被害家屋の実態と生活再建の課題
0830	田中 正人	㈱都市調査計画事務所	被災市街地における住宅セイフティネットの構築に関する研究
0831	新谷 昭夫	大阪市立住まいのミュージアム副館長	歴史系博物館の実物教材を活用した住まい学習の実践的研究
0832	深田 智恵子	大阪市立大学都市研究プラザ研究員	近代大阪の借家に関する住居史的・都市社会史的研究
0833	早川 典子	江戸東京博物館学芸員	歴史系博物館と建築資料に関する研究
0834	妹尾 理子	香川大学准教授	住環境教育のカリキュラム開発に関する実証的研究

### 二〇〇八年度研究助成決定する —三四件が採択された

第一二二回研究運営委員会を四月一二日に開催した。

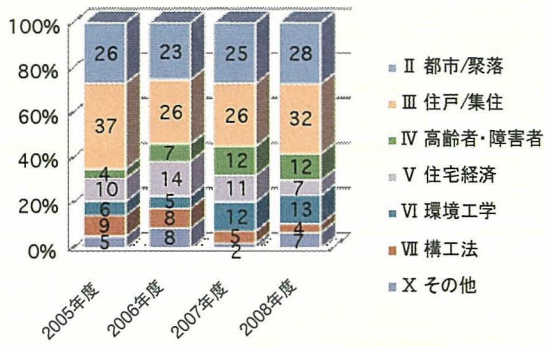
当財団の研究助成が大学など関係研究機関から高く評価される中で、研究助成への応募件数は毎年増加し、二〇〇八年度は一〇三件であった。応募された申請書は、研究運営委員による一か月に及ぶ査読と九一日かけた委員会での審査を経て、三四件が採択され、五月定例理事会で承認された。申請内容の傾向は、例年と大きく異なることはないが、高齢者・障害者分野と環境工学系の申請が近年多くなっている(次頁のグラフ参照)。

昨年度より実施している、調査研究で三件、実践活動研究で二件が採択されている。また、「若手研究」と位置づけて、将来期待できそうな若手研究者の申請も四件採択された。

採択された助成研究の中で、室内カビ、ダニなどの微生物による空気汚染の問題を扱った「室内での真菌汚染の研究」や今後のストック活用と脆弱性の克服などに貢献する「耐震補強を目的とした既存木造住宅の類型化と戸数調査」、途上国における自助型ハウジングがどのようなコミュニティ形成に寄与するか、そのプロセスに焦点を当てた「デラコスタプロジェクトにおけるコミュニティ・エンパワーメント」などが高い評価を得て成果が期待される。

その他、防犯に関する環境デザインの研究、51C住宅の地方都市における展開を

客観的に論じた研究、震災とは異なる被害をもたらす豪雨災害をとりあげた研究、住環境教育のカリキュラム開発の研究や、五輪都市として東京と北京の比較研究などが意欲的研究として評価を受けている。



助成申請の研究テーマ分別推移

高田光雄研究運営委員長は選考経過について次のように述べている（全文は住総研ホームページに掲載）。

・選考で重視するのは、研究の目的が明快で魅力的かどうか、申請者の研究にかける情熱が伝わってくるか否かという点である。

・研究運営委員会としては、学際的な研究など、研究の枠が広がることを期待している。

## イベントだより

### 住教育フォーラム

#### 持続可能な住まい・まちづくりとは

第九回「住まい・まち学習」実践報告・論文発表会を四月五日に開催した。公募で寄せられた三〇編の多様な論文の中から一〇編に発表依頼をし、当日は九編の発表が行われた。

共通したテーマとして見えるものは、持続可能な住まいづくり、地域・まちづくりをどうしていくかという視点であった。授業やワークショップ等を通じた幼児や学生や一般市民を対象とした住まい・まち学習における協働や連携のプロセス、合意形成の手法などが、さまざまな立場から報告された。最後に延藤安弘委員長から、それぞれの発表論文の中から想像的・創造的な住まい・まち学習の方法論がまとめられ、その中から、「瞬発力と持続力」、さらにその要因として「世界は変わる」という二つの言葉がキーワードとして挙げられた。

なお、寄せられた三〇編の「住まい・まち学習」実践報告・論文と、各論文に対する住教育委員会からのコメント、発表会当日の討議内容を、「住まい・まち学習」実践報告「論文集九」として八月に発刊する予定である。



全体討論の様子。

## 世界のすまいフォーラム

### 日本人の清潔志向が逆に蔓延させた水虫

第一九回フォーラムが五月二四日、講師に眞嶋亜有氏（ICUアジア文化研究所、司会は瀬山真樹夫委員（濱菊一級建築士事務所）を迎え、「なぜ日本は水虫大国となったのか」というテーマで開催された。

水虫が日本の国民病になったのは戦後になってからである。江戸時代の文献にも登場したが、現在言うところの白癬菌が足に感染してできる「水虫」とは異なり、体部に感染するものを指した。大正時代までは主に水仕事をする人が罹る職業病とされた。一九三〇年代、靴履きの軍人の足に白癬菌が感染しやすくなり流行するが、日本中に蔓延するようになったのはナイロン靴下が広まった戦後になってからである。

それに対して、海外では、水虫は治療が容易な病であるという認識がされている。一九二〇年代アメリカでスポーツを楽しむ上流階級の人びとの間で流行したため水虫が「athletes' foot」と呼ばれるようになったことに象徴されるように、水虫はスポーツ選手等に特有の病であり、一般人には無縁の病という認識がある。

日本で水虫が蔓延している理由は、靴を脱ぐ文化と深い関係がある。明治以降西洋化が進んでも「土足」を受け入れず、靴を脱ぎ、絨毯や畳を敷いた家で素足の生活を営む日本人特有の清潔志向が逆に水虫を蔓延させた述べ、生活文化的観点から国民病である水虫を分析した。

## 「Tomorrow」の購読について

● 発刊は、冬号は一月、春号は四月、夏号は七月、秋号は一〇月です。

● 定期購読料は、次の通りです（税・送料含）。

- 一年間（四冊） 二〇〇〇円
- 三年間（一二冊） 五〇〇〇円

● 購読料は郵便局の振込用紙でお振込下さい。

口座番号 001101316639

加入者名 財団法人 住宅総合研究財団

通信欄に、購読期間（一年あるいは三年）をご記入下さい。

（当財団から、領収書は発行しません）

● お届け先は、振込用紙の「払込人の住所・氏名」になります。

● 購読開始は、購読料受領後の最新号からです。なお、購読料入金の確認に約一週間かかります。

● 購読満了時にはお知らせをします。引き続き、ご購読をお願いします。

● 購読中止によります購読料の返金はいたしません。

● バックナンバーをご希望の方は、在庫の有無と送料を左記財団にご確認下さい。

● 次の店頭で販売しています。

（定期購読は扱っていません）

南洋堂書店 千代田区神田神保町1-21

TEL 03-32291133

### 財団法人 住宅総合研究財団

〒156-0055 東京都世田谷区船橋四丁目29-18

TEL 03-34484153

FAX 03-34484157

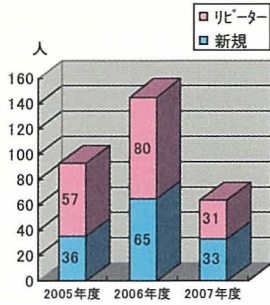


## 図書室だより

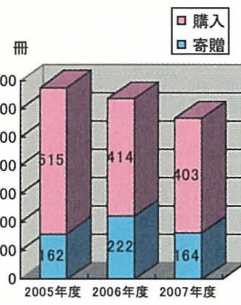
### 二〇〇七年度図書室報告

二〇〇七年度の受入資料は、五六七冊で、購入は四〇三冊、寄贈が一六四冊となり、いずれも二〇〇六年度よりも少なかった。

来室者については、二〇〇六年度と比べて八一人減の六四人が来室した。利用者数が最近五年で最も多かった二〇〇六年度を大幅に下回った。特に、例年利用が多い九月から一月の利用者数が大きく落ち込んだことが影響した。当図書室は、住宅に興味を持つ一八歳以上の方であればどなたでも利用できる。もちろん紹介状等も不要である。さらに静かで落ち着く環境にある図書室のため、調べ物をするには良好の環境



図書室利用者数



図書室受入冊数

である。

来室困難な方には、レファレンスサービスを電話・FAX・e-mail (kazama@jusooken.or.jp) で行なっているのので、こちらも是非ご利用いただきたい。

### 中国の住宅・都市に関する資料

フリードマン・ジョン「中国 都市への変貌」鹿島出版会、ゲリー・ナップ・ロナルド「中国の住まい」学芸出版社や、当財団印刷成の出版物では、中国建築都市研究会編「中国北京における都市空間の構成原理と近代の変容過程に関する研究」、鈴木充主査「中国・蘇州市の住宅地形成の研究」等がある。雑誌では、『建築雑誌』二〇〇六年一月号、「a+u」二〇〇三年一月月号等で特集が組まれている。また、少数(約八〇冊)だが中国語の資料も所蔵している。

### 図書室案内

開室時間：九：三〇～一六：〇〇

(二二：〇〇～二二：三〇)はレファレンスサービスおよび新規登録受付等係員対応業務は休み

休室：土曜日 日曜日 祝祭日 当財団の休日(夏季・冬季の休暇期間、創立記念日(一月六日)、シンポジウム開催日)

利用資格：一八歳以上の方

利用形態：完全開架式(資料貸出はしてありません)

詳細お問い合わせは：  
<http://www.jusooken.or.jp/tosyofront.htm>

## 新刊だより

### 出版助成による書籍

『中国都市の生活空間』

編者：荒井良雄ほか

ナカニシヤ出版

A5版

一九二ページ

定価三八八五円

(本体三七〇〇円)



『提言！仮設市街地』

編者：仮設市街地研究会  
学芸出版社

A5版

一五八ページ

定価二二〇〇円

(本体二〇〇〇円)



『日本の民家 屋根の記憶』

著者：大橋富夫(写真)・安藤邦廣(論文)

彰国社

二七センチ×二七センチ

二七六ページ

定価二二〇〇円

(本体二〇〇〇円)

『地震 住まい 生活』

著者：岸本幸臣ほか

彰国社

B5版

二七七ページ

定価二五二〇円

(本体二四〇〇円)



## 次号予告

### 2008年秋号

### 特集：nLDKもわるくない

一〇月発行

〈焦点〉  
「脱nLDK」の多角的検証

小林秀樹(千葉大学)

〈ニシンポジウム〉

家族のあり方とnLDK

北浦かほる(帝塚山大学)

祐成保志(信州大学)

司会：小林秀樹(千葉大学)

〈記事〉

nLDK批判とは何であったのか

江上徹(九州産業大学)

nLDKはなぜ支持されたのか

山本理(長谷工)

nLDKは批判ではなく利用するもの

橋本直明(team2DK)

nLDKの深層心理―家族のなわばり学

小林秀樹(千葉大学)

〈すまいのテクノロジー〉

定型のもつ意味―ハウスメーカーからみた

nLDKと脱nLDK

小間幸一(東新住建)

〈私のすまいるん〉

ODKもわるくない―団地族の視点

脇田健一(龍谷大学)

〈ひろば〉

団地空間は柔軟に住みこなせる

大川幸恵(建築家・団地居住者)

〈すまい再発見〉

今井兼次の家 今井兼介(建築家)

〈図書室だより〉

関野貞のみたアジア 角田真弓(東京大学)

〈任総研ニューズレター〉

タイトルは仮題、執筆者は変わることがあります。

別冊・第二八回任総研シンポジウム記録「住宅研究は21世紀から来よう」と向かうのか」がつけます。

## 住まいのトータルエナジー

川合健二のエネルギー思想とコルゲート住宅に魅せられて

### 真木 兼男

真木さんご夫妻は、セルフビルドで造り上げたコルゲート鉄板の家に住んでおられる。子ども時代から機械いじりが好きだった真木さんは、中学生の時に父親に連れられて完成間もない川合邸を訪れ、以来入りびたるようになり、川合健二自身からエネルギーや機械や建築の話を開かされて成長した。海外勤務から戻った一九九五年に、とうとう自身も三〇年来の夢だったコルゲートの家を着工し、延べ床面積二五三㎡、二・七mm厚の鉄板の家を令子夫人と二人で造り上げたのであった。この家は、川合健二が直接指導したコルゲートハウスの最後となった。

私は、一三歳の時初めて川合邸（コルゲートハウス）を見て強い衝撃を受け、私自身もコルゲートパイプを使って家を作ってしまいました。川合健二の対談記録などを集め思考や業績を集大成した『川合健二マニュアル』（アセテート刊二〇〇七年）の中でも紹介されていますが、私も大きな影響を受けた川合健二のエネルギーに対する考え方を伝えたくて、ここに筆を取らせていただきました。

彼の考えは「エネルギー保存の法則に逆らわずに熱をいかに有効に使いこなすか」。そのコンセプトが原点にあると思います。近代の住まいには、電気、ガス等のエネルギーがうまく有効利用されず、大変もったいない使い方とされています。例えば、煮炊きするガスコンロやガス炊き風呂釜に使われる燃焼エネルギーの四〇%以上は大気に熱として放失されています。この放出燃焼ガスやヒートロスを取り込む器具を開発し、暖房、冷房等に再利用できれば大きな省エネとなります。屋内で放出された熱を外に逃がさない断熱対策を今以上に行なえば、家庭で使うエネルギーコ

ストはかなり減少します。地中や水源が持つ熱エネルギーを集めることができる成績係数の高いヒートポンプを設置すれば、これも大きな省エネになります。それと重要なのは蓄熱です。各家庭や事業所が持つ熱エネルギーを蓄え、それを必要な時に放熱（吸収式冷凍機を使えば冷房も可能）すれば、CO<sub>2</sub>の減少にも繋がります。

#### トータルエナジーとは

川合のエネルギーに対する考え方は大変多岐にわたっていますが、その原点の一つが自家発電にみることが出来ます。その投入した動力を発電と熱のエネルギーとしていかに有効に使い切るか、その装置をいかにコンパクトに設計するかを追及しています。例えば、ディーゼルエンジンを使ったトータルエナジーの基本は、まずエンジンの選定で、今後の燃料市況を睨んで、安定供給可能な安いC重油を使うのか、バンカーオイルを昇温フィルター設備を付けて使えるように設計するのか、デュアルフェューエル燃料を使用できるのか、または、天然ガスかメタンガスを使用できるデュアルフェューエル式にするかを考えるわけです。川合は、燃料消費効率が一番良いエンジンを世界中から探し、そのメーカーにトータルエナジー（発電機と関連機器を組み合わせた装置）を説明していきます。四〇年前の川合のドイツ訪問を機に、欧州を中心に世界中でトータルエナジーの考え方が広まり始めました。エンジンの動力とインバーター式の発電機を最適な（燃料効率の良い）回転数に合わせた同軸設計として、エンジンの水冷式

冷却装置からの温水に少し圧力をかけて一〇〇℃まで上げて温水タービンを回し、更に二次的に発電をし、そして、その排出温水を吸収式冷凍機に入れて冷房用の冷水を作ります。電気を蓄える

従来の経済原理においては、大量消費重視の観点（売り上げ重視）から、電気、ガス会社は家庭でのエネルギー効率について無関心を装ってきました。化石燃料、バイオ燃料用穀物の高騰で、エネルギー費の家計に占める割合が、大きくなってきています。それにも増して、買いたくても買えない時代がやってこようとしています。そこで、太陽光発電、風力発電等の余剰電力を、市町村が管理する電力公社（仮称）に販売するようにするか、または各家庭の地下に五〇年以上はもつボルト式鉛蓄電池を設置してその電気を蓄える。これは、自家発電設備の無い住宅にも必要です。発電所は、効率を最適に維持するために常にボイラーを稼働させておく必要があるのか、送電した電力のうち、使用されなかった余剰電力は、最終送電地の地下へ消えてしまっています。現在の発電所は、夏場（高校野球がある時期）のピーク時に供給できるだけの設備を維持していますから、その余剰電力を安い夜間料金（二五〜五〇%前後）でバッテリーに蓄電すれば、日中放電して使用することができます。電力需要のバランスも取れ、CO<sub>2</sub>の排出量も減らすことができます。それ故、各家庭や事業所に蓄電池の設置を義務づけるべきではないでしょうか。この設備があれば、地震により送電線が切れた場合でもラ





上写真 / 真木兼男



厚さ2.7mmのコルゲート鉄板でできた真木邸の外観と内部。竣工は1996年。左は真木ご夫妻。

写真3点 / 中谷礼仁



イフラインを維持する電力として使用することができません。

**危険の分散ということ**

日本では、原子力発電が五〇%ほどを占めています。安全性、安全保障、ウランの獲得等に問題があり、自然エネルギー、化石燃料、バイオ燃料、原子力等に分散しておくべきです。その一つの選択肢として、天然ガスを使ったディーゼルターナルエナジー発電があります。この設備を有効に生かせるのは共同住宅用で、更に大きなコミュニティ（五千〜一万人）には、ターナルエナジーを利用したディーゼル発電設備を、さらに一〇万人前後のオフィス、商業ビル、住宅が集中した地域は、一〇万キロワット（一五万馬力）のターナルエナジー発電所を三か所、公園の地下とか公共施設の地下一〇m以上に設置します。この場合、排出ガス対策をしっかりやって公園で遊ぶ子どもにも全く影響のない設備とすることは、現在の技術があればそれほど難しくはありません。ディーゼルの排出ガスを全く無害にする技術は、既に実用化されています。排出したCO<sub>2</sub>は潜水艦技術にも利用されているアミンを使って取り除くことも可能です。ターナルエナジー設備は、環境問題であるCO<sub>2</sub>の排出量も、化石燃料を使用した従来の大規模発電所に比べてかなりの減少となります。それに、地震、水害等の自然災害が起きた時の大型発電所からの送電切れを防ぐためにも、小さなコミュニティで、多種燃料が使用できるのは大事なことです。ターナルエナジー発電所を一〇万人規模の集めた都

市に設けることにより、地域冷暖房が可能になるし、重電機器企業の発展にも繋がります。

同時に環境対策を考えたターナルエナジー式IGCC（インテグレートッド・ガスフィケーション・コンバインド・サイクル）導入も考えるべきだと思います。この発電設備は、石炭を微粒化して高温で水と混ぜて燃焼させ、水素ガスとメタンガスを発生させてガスタービンで発電する設備です。空気から窒素を取り除いた酸素のみを使って燃焼させることにより窒素酸化物の排出を無くします。発電所から排出された熱エネルギーをエヴァアダム法の吸熱（化学）反応を利用して蓄熱することができます。また、送電線のエネルギー損失と環境問題を考えると市町村、大規模事業所ごとのコージェネレーションが得策ではないでしょうか。

環境問題を解決するには、水しか排出しない燃料電池が近未来の究極な発電方法であるのは間違いありません。しかし実用化するには、電極の低コスト化と高効率の触媒（体温で反応）が開発される必要があります。また、水素を安全に作るには、メタノールか天然ガスが有用です。水素の搬送は危険なため、改質反応機を使って、各家庭で水素を必要量だけ発生する方式が危険が少ないのではないのでしょうか。燃料電池の研究は多くの企業でなされています。材料コストと水素の安全供給方法が確立されれば、将来の最も有用な発電設備になります。危険分散という意味も含めて、今できることを提案すべきではないでしょうか。

真木兼男 / まき・かねお



## 編集後記

本号の特集の企画をはじめた頃は静かであったのだが、脱稿する今日この頃は洞爺湖サミットの直前ということもあってか、世の中全体が、エネルギーや環境に関する話題でかまびすしくなっている。この世の関心の盛り上がりが一過性のものでなく、今後も継続することを期待したい。

特集の企画でこころがけたのは、建築分野の専門家だけでなく、さまざまな分野の専門家や識者の方々に、幅広い視野から多様な論点をご提供いただくということであった。すまいをつくり、使う行為においてエネルギーを使用するプロセスは、社会全体での物質・エネルギーの変換プロセスのサブシステムにしか過ぎない。また、エネルギーを使用して調整される、すまいの室内環境も、周辺環境との相互関係の中で成立している。いま私たちに求められているのは、俯瞰的な視点から、すまいとエネルギーに関する課題を認識していくことである。ミニシ

ンポジウムのパネラーの方々、論稿を寄せて下さった方々は、この特集企画者の意図に見事に応えて下さった。厚く御礼を申し上げます。

もう一つ、この特集でねらったことは、未来のあるべき姿から、現在を考えると、いう視点の提示である。現代生活の情性的な軌道の上での改善を図ったとしても訪れつつある問題に対して有効な対策になり得るかどうかは不確かで、次の世代の未来は必ずしも保証はされない。むしろ、私たちは、あり得べき未来を構想したうえで、それを実現するために軌道をひき直すことも辞さず、すみやかに布石を打ち行動していく、という能動的な姿勢を持たねばならない。このような思考方法は、最近ではバックキャストとも呼ばれている。本特集は、バックキャストの芽を吹かせることはできたが、その具体的なシナリオを提示するまでには至らなかったように思う。これはひとえに企画担当の責任である。この点については捲土重来を期したい。

(本号責任編集 野城智也)

住宅総合研究財団(略称「住総研」)は昭和二三年、当時の清水建設社長・清水康雄により、戦後の窮迫した住宅問題を、住宅の総合的研究、および成果の公開、実践、普及によって解決することを目的として設立された財団法人であります。

現在は住宅に関する研究助成事業を中心とし、「住宅総合研究財団研究論文集」等を発刊、また住に関する専門図書室、セミナー室等を整備、公開、社会のお役に立つよう、公益事業につとめております。この「すまいるん」は、活動の一環として、成果の一端を、市民、実務者、研究者の皆様に、より広く、より手軽にご理解いただくとともに、その意見交流の場になることを願って刊行(季刊)されているものです。ご利用のほど、よろしくお願い申し上げます。

季刊 **すまいるん** 2008年夏号

二〇〇八年七月一日発行

頒価 500円

発行 財団法人 住宅総合研究財団  
発行人 岡本 宏

〒156-0055 東京都世田谷区船橋四丁目29-8  
TEL (03) 3484-5381  
FAX (03) 3484-5794  
E-mail: jusoken@mx.mesh.ne.jp  
URL: <http://www.jusoken.or.jp/>

編集委員 〓 \*—委員長

片山和俊(東京芸術大学建築科教授)

小林秀樹(千葉大学工学部教授)\*

中谷礼仁(早稲田大学理工学術院准教授)

服部岑生(千葉大学大学院名誉教授)

野城智也(東京大学生産技術研究所教授)

制作 建築思潮研究所

印刷・製本 慶昌堂印刷株式会社