

■ 解 説 ■

# 省エネルギービル概観

## Overview of Energy Conservation Buildings

木 村 建 一\*  
Ken-ichi Kimura



### 1. はじめに

第1次オイルショックの1973年から早くも13年、第2次オイルショックの1979年から7年が経った。その間1バレル当り30ドルを超えた原油価格も10ドルを割るような低価格に戻り、今後当分は10~20ドルの間で続くものと予想されている。先進諸国での省エネルギー努力の成果に依る原油需要の減少が原油価格の低下を招き、それがまた円高を呼び起してきた。このところ世界経済は原油価格に全く振り廻されている。世は正に石油時代である。

日本は世界のエネルギー消費の約10分の1を消費しており、いくら省エネルギーだといっても人口比からすれば非常に申し訳ない状況にある<sup>1)</sup>。よく新聞などに最近ではエネルギー需要が低迷しているなどという表現を見掛けるが、低迷とは不穏当な用語だと思う

大雑把にいて、日本のエネルギー需要の内訳は、産業用55%、民生用25%、運輸用20%程度とみてよいであろう。原油低価格の原因ともなった省エネルギー努力は主に産業におけるもので、民生用の需要は過去10年間増え続けている。それも住宅用エネルギーの増加が大きく、非住宅用については新規着工の建物の総床面積が増えたため、省エネルギーによる減少分を上廻るエネルギー需要をもたらしているとみられる。

本稿の主題であるビルの省エネルギーは、したがって、日本の総エネルギーの約10%強に当る部分を対象としている。工場建屋もビルとすればもう少し多くなるし、またオフィスビルに限定すれば、5%以下になるであろう。ここではいわゆる省エネルギーといえ、省エネルギーオフィスビルを意味すると考えて、以下にその現状と今後について述べてみたい。また省エネルギー手法については他の多くの建築物にも当てはまると考えられる

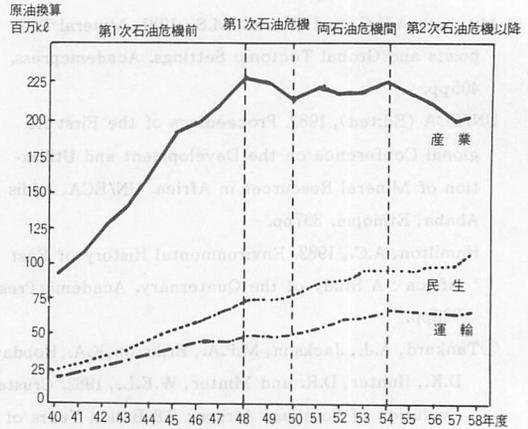


図-1 需要部門エネルギー需要の変化

(出典) エネルギー生産供給統計・電力需給の概要・ガス事業便覧・陸運統計 等

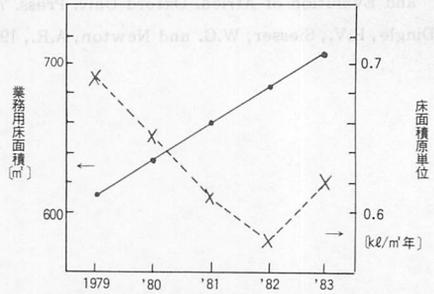


図-2 業務用床面積に対する原単位の変化

[電力有効活用講習会資料(1985) (東北七県電力活用推進委員会)]

### 2. 省エネルギービル以前のビル

省エネルギーという語は、オイルショックの後、1975年頃から流行し出した語で、何語だか判らない妙な日本語だと思う。これはそれ以前、同じ仕事するのに人力を少く済ませるとい意味の「省力化」の類語として造られたものと言われる。

つまりある目的を達成するのに、従来10のエネルギーを消費していたものが、8のエネルギー消費で済ますことになれば、それは20%の省エネルギーだという風

\* 早稲田大学理工学部建築学科教授

〒160 東京都新宿区大久保3-4-1

にこの語は使われる。したがってビルの暖房の場合では20℃の室温を維持するという快適性の条件は変えないで、どの位少ないエネルギー消費で済ませたかということの問題にする。そこには環境の質を落さないということが前提条件となっている。

その意味ではオイルショック以前にも省エネルギービルはあった。また省エネルギーの思想と技術は建築の本来の姿として存在していたとあってよいであろう。例えば窓には庇をつけて強烈な日射熱を遮蔽することは当然のことであった。それがいつの間にか庇のないツルリとしたビルの外壁面が多く現われ、その形態が近代的なイメージとマッチして人々もこれを受け入れてきた。その結果は冷房需要を増し、またそのために空調技術が発展したとあってよいのかも知れない。

別の例として照明のエネルギーが挙げられる。1960年代の初め頃から蛍光灯の技術開発によって米国で高照度照明がもてはやされ、1,000ルクスなどという例も現われるに至った。これは電力消費を押し上げるばかりでなく、照明発熱による冷房負荷の増大を招いた。折しも日本では超高層建築の曙といわれた時代に当り、高照度照明の時代到来とも思わせることもあった<sup>2)</sup>。しかし、これは当時の経済状況からあまりにもかけ離れたものであったために日本ではそれほど高照度化は進まず、一般事務室では机上面500lx程度の標準で落ち着いた。それでもなお照明発熱負荷の増大を抑える方策として、米国で開発されたトロフファと呼ばれる照明発熱の除去方式が多く採用され、これがオイルショック以後まで持越されることとなった。

### 3. オイルショックと省エネルギービル

1973年にオイルショックが起ったことは、国の省エネルギーという立場から考えると非常に幸であったといわなければならない。つまりその頃は高度成長の波に乗って続々と新しいビルが建てられ、しかもそれらが近代化の家徴ともいえる漸新なデザインのビルで省エネルギーとは逆方向に進もうとしていたからであった。事実オイルショックは、建築設計の方法論をエネルギー・コンシャスな方向に転換せしめたといえてよい。

またもう一つ幸であったことは、その時日本人の生活水準が欧米の水準に比してまだ相当低かったという点であると思う。家を留守にする時、暖房や冷房をつけっ放しにする習慣は当時の米国にはあったが、日本では考えられないことであった。当時米国では、省エ

ネルギーに相当する語として Energy Conservation という語が頻繁に用いられ、政府でも現在の DOE の前身 ERDA が設立されて多くのエネルギー政策が打出された。

その中で記憶に鮮明なのは 7-11 (セブン・イレブン) と呼ばれる標語であって、これは暖房エネルギーを節減する 7 つの方法と冷房エネルギーを節減する 11 の方法を一般大衆に示したものであった。これは非常に効果があったといわれているが、元々が浪費していた状態をいましめる役を果したものであって、日本では当り前のこととして受け取られた。事実日本の家庭ではエネルギーを浪費するところまで使っていなかったといえる。

幸であったという理由は、日本でエネルギー浪費の傾向が始まる前にオイルショックに直面したという点にある。しかし一部高級事務所ビルについては、すでにかなりのエネルギーを消費する例も多く、年間延床面積当り一次エネルギー換算消費量は 500Mcal/m<sup>2</sup>年を超えるビルも出現した。特にオイルショック直前に設計されたビルの中にはそういうタイプのビルがあり、建設途中で設計変更された例も多いと聞く。

一方欧州では、その当時高級オフィスビル以外では冷房はなく、夏季は換気のみで十分という考えが一般的で省エネルギーはほとんど暖房エネルギーを対象とするものであった。ドイツでは国の全エネルギーの 1/4 が暖房用だという状況であったから、断熱の強化や隙間風を最小限にすることを徹底することがすなわち省エネルギーと同義とみなされていた。

スウェーデンでは大昔にすでに石炭の入手が非常に困難となったというエネルギー危機があって、断熱をはじめあらゆる分野で省エネルギーの思想は人々の心の中に泌みついていた。そのため以前から建築法規では断熱が義務づけられ、窓は 3 重ガラスが常識となっていた。もちろんオイルショックを契機としてさらに省エネルギー政策は強められることとなった。

### 4. 省エネルギービルのデモンストレーション

オイルショックは1973年10月の中東戦争に端を発した石油禁輸によるものであったが、省エネルギーの思想はそれ以前から潜在していた。1960年代華やかであった環境破壊に対する市民運動も、1972年のストックホルムでの国際環境会議で頂点に達し、化石燃料の燃焼による大気汚染が将来の人間の住む環境を破壊してしまうのではないかという危惧を生み出した。ローマ

クラブの警告やカーソンのSilent Spring など将来を憂慮する叫びは多くの人達の共感を呼び起した<sup>3)</sup>。

ビルの省エネルギーを訴えたのは、米国では当時商務省高官のV.ナウアー女史で、まず魁より始めよの精神に則って、連邦政府のビルについてエネルギー節約を呼びかけることから実行した。その結実がニューハンプシャー州マンチェスター市に建てられた連邦政府のノートンビルであった<sup>4)</sup>。このプロジェクトはマンチェスター計画と呼ばれて、その基本設計から竣工までには約5年を要した。多くの技術者、研究者がこれに取組み、斬新なアイデアを含んで多くの省エネルギー手法を盛込んだ。シミュレーションも行われ、事前に省エネルギー効果もチェックされ、各階毎に異った空調方式を採用するなど多くの研究材料も提供することとなった。コンピュータによる自動制御やデータ集録装置なども最新のものが装備され、文字通り省エネルギーのデモンストレーションビルとして華やかに登場した。

これに対応する日本の省エネルギービルとしては、東京電力大塚支社ビルが有名となった。ここで採用された方式は、建築計画的手法として、外壁の断熱、窓の2重ガラスと気密化、外付ブラインドなどがあり、空調設備計画的手法としては、ビル内の排熱を徹底的に回収する蓄熱式ヒートポンプと太陽熱利用がある。実測の結果、一般ビルに比べ約半分の241/Mcal/m<sup>2</sup>年のエネルギー消費であったと報告された<sup>5)</sup>。

またこの頃、環境計測に関する自動記録装置の開発も進められたこともあって、中央制御室のコンピュータによって詳細な日報が作成され、エネルギー消費量

表1 西ドイツ建築省エネルギー基準のF/V値による最大の平均熱貫流率 Kmmax

F/V*	Km max *	
[m <sup>-1</sup> ]	[W/(m <sup>2</sup> ・K)]	[kcal/(m <sup>2</sup> ・hK)]
≤ 0.24	1.40	1.21
0.30	1.24	1.07
0.40	1.09	0.94
0.50	0.99	0.85
0.60	0.93	0.80
0.70	0.88	0.76
0.80	0.85	0.73
0.90	0.82	0.71
1.00	0.80	0.69
1.10	0.78	0.67
≥ 1.20	0.77	0.66

注\* 中間値は次式によって算定される。  
 $km\ max = 0.61 + 0.19 \times 1 / (F/V) [W/m^2 \cdot K]$   
 建物総外表面積Fと、その周壁により囲まれている建物容積Vとの比によってF/V値が求められる。

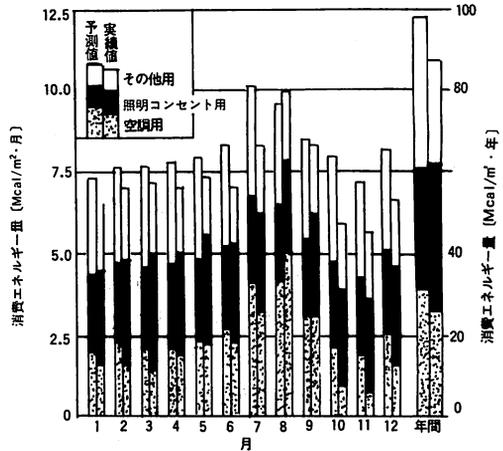


図-3 大林技研ビルの年間エネルギー消費実績

(酒井, 清水, 空調調和衛生学会学術論文集, p. 498 (1983.10.札幌))

も的確に把握できるようになった。室内の温湿度を中央で監視することにより、調整の不備によるエネルギーの浪費も少なくなったようである。また室内温度設定を1℃変えると空調のエネルギー消費量は約1割削減できることなども実測から判明し、これと併せて計算手法も開発されて事前評価も正確に行うことができるようになった。

省エネルギービルのきわめつけは大林組技術研究所本館ビルであった<sup>6)</sup>。これは、98種類の省エネルギー手法を採用して一次エネルギー換算エネルギー総消費量を98Mcal/m<sup>2</sup>年とするという予告の下に計画を発表して話題を呼んだ。初年度計測の結果はこれ以下となり、実績で省エネルギーを証明した。このビルはその後に日本の空調調和衛生学会賞のみならず米国の暖房冷凍空調学会からもエネルギー賞を受けた。

### 5. ビルの省エネルギー手法の種類<sup>7), 8)</sup>

省エネルギービルとなるための省エネルギー手法には大きく分けてつぎの3種となる。

- (1) 新設ビル設計における省エネルギー計画
- (2) 既設ビルの省エネルギー改修計画
- (3) ビルの保守・管理における省エネルギー計画

これらのいずれに対してもつぎの3種の方法で省エネルギー計画が行われる。

- (1) 建築計画的手法
- (2) 環境計画的手法
- (3) 設備計画的手法

建築計画的手法とは、外壁や屋根の断熱、窓の気密

化、日除けによる日射熱遮蔽、通風計画、建築物の外形など、建築計画の段階で、エネルギー需要が少なくなるような建築物を設計する際の手法をいう。これは省エネルギー時代のビルとしては当然のことであるが、良心的でない建築家はしばしばこれと矛盾した設計を行うことがある。

設備計画的手法とは、与えられた建築物に対して省エネルギーを実現するためのシステム計画を行う際にとるべき手法で、全熱交換器、VAV、排熱回収、外気取入れ制御など具体的な設備機器とシステムに関係する各種の手法をいう。多くの場合、建築設計の最終段階になる前に決めなくてはならないので、矛盾を生じることがある。

環境計画的手法とはこの両者の中間に位置するもので実は、省エネルギービルの計画では最も重要な鍵を握るものと思われるが、実務で行われている例は少ないとみられる。例えば、窓の設計において日射をコントロールしながら空気の流れを調整するシステムを工夫することなどの場合、窓は建築の部材でありながら設備機器であるかのような熱的な働きを示す。これを単に窓には採光と眺望だけの機能を持たせ、温風や冷風はファンコイルユニットに頼ることだけとすれば、単純明快ではあるが、省エネルギーの工夫がない。アトリウムや温室を作る場合なども同様で、その空間は人々の憩いの場であると同時にダクトスペースでもあり集熱器でもあり熱回収装置になったりもする。建築と設備技術士との間に環境計画を担当する職種があると省エネルギー計画は成功すると思われる。建築士が決めた図面の範囲内で設備設計を行うと省エネルギーもその限界内でしか可能にならない。

大林組技術研究所本館ビルの場合には、このような環境計画的手法による省エネルギー計画が十分に行われたために非常に優れた結果が生み出されたものと思われる。大正海上火災ビルの外壁窓面の工夫も面白く、環境計画の成功例であろう。

## 6. 省エネルギー要素の分類

建物の省エネルギーを図るには、通常のビルで消費されているエネルギーの種類を的確に把握しておかなければならない。大別するとこれは空調、給排水給湯、照明および電気器具、輸送機械の4種に分けられる。さらに空調はボイラや冷凍機などの熱源機器とポンプやファンなどのエネルギー搬送機器とに分けられる。

個々のビルの使用目的・規模などによって、全体に

占めるこれら要素の内訳比率はかなり異なる。給排水設備用のエネルギーは他に比して少ないので、エレベータなどの輸送用エネルギーと一括することもある。また給湯エネルギーは暖房と不可分の場合もある。

米国の場合は照明エネルギーの占める割合が最も大きく、40%近くとなる例もあり、最近ではOA機器の電力消費が増えている。日本でも高度情報ネットワークを張りめぐらしたオフィスビルでは照明を上廻る電力消費となる場合も今後あり得ると思われる。

ビルの省エネルギーを図るには、個々の場合についてその特長を把握し、エネルギー消費の内訳を的確に予測することがまず重要になる<sup>9)</sup>。

## 7. 省エネルギー基準・省エネルギー法制

米国ではオイルショック後いち早くビル省エネルギーの基準作りが始められた。特にビル内で消費されるエネルギーの大部を占める冷暖房については、米国暖房冷凍空調学会(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE)が中心となり、これに次ぎに大きな部分を占める照明を扱う照明工学会(Illuminating Engineering Society; IES)が協力する形で、まず新築ビルの省エネルギー基準を作成するための委員会が作られた。そこでは極めて意欲的に作業が進められ、日本にもその素案の段階から意見が求められたりした。十分な検討が重ねられた結果1975年にASHRAE Standard 90-75として公表された。米国では州政府が法律を制定する制度になっているため、この基準を州政府が法律として採用することと決めれば、それが法的規制力を持つことになる。各州ではその後この基準にそれぞれの州の事情を勘案して一部修正したりした。こうして各州のビルの省エネルギー法が制定された。

ASHRAE Standard 90-75の90はASHRAEの多くの基準の中で90番目として公表されたものの意で、これが新築ビルの省エネルギーを意味する。75は1975年に認定されたという意味で、後に改定が行われればその年号が附せられる。その基準の内容は、新築ビルの建築設計に当っての基準、すなわち断熱や窓の気密化、日除けなどについて具体的な環境計画的手法が述べられ、空調システムについては、熱源機器、熱搬送機器、空調システム、熱回収方式などの詳細な記述がある。照明についても基準照度の設定や照明方式、各種ランプの照明効率、照明発熱除去方式などが記述され、建物の維持管理、システムの運転制御などによる省

エネルギー計画にも触れている。

ついで既設建物の省エネルギーについては、ASHRAE Standard 100 シリーズとして、100.1 が住宅、100.2 が集合住宅、100.3 が商業建築、100.4 が工場、100.5 が研究教育施設、100.6 が公共建築というふうに建物種別ごとに詳細に省エネルギー手法が標準化された。

これに対し日本では、1979年に至ってようやく「エネルギーの使用の合理化に関する法律」が制定された。これはいわゆる「省エネルギー法」として一般に知られることとなった。これは建築物ばかりでなく工場や自動車などの機械類も幅広く対象とし、電気や熱のエネルギーの消費基準を定めた。ビルについては、特に空調に対してPALとCECという二つの指標がエネルギー原単位の数値によって与えられた。

PALとは、Perimeter Annual Loadの略で、建築物の外周部の構成を熱的に規制するもので、外壁から5m以内の室内空間の床面積1m<sup>2</sup>当り、年間熱負荷の合計が80Mcal以下と定められた。年間熱負荷とは外壁などの貫流熱+日射熱取得+内部発熱による暖冷房負荷の年間合計をいう<sup>10)</sup>。

CECとは、Coefficient of Energy Consumptionの略で、空調システムのエネルギー消費係数によってシステム効率を規制するもので、建築物全体として1年間の仮想空調負荷に対して空調システムが1年間に消費するエネルギーを一次エネルギーに換算したものの比が1.6以下と定められた。分母の仮想空調負荷とは、室内基準温湿度が保たれると仮想したときの熱負荷、すなわち、外壁などの貫流熱+日射熱取得+内部発熱+外気取入に伴う熱+その他の熱の合計であり、分子の空調システムの消費エネルギーはこれらの負荷を処理するのに必要なエネルギーをいう。これを一次エネルギー換算、すなわちエネルギー原単位で示した点は、特に石油を前面に意図的に押し出した形として当時注目を集めた。以後エネルギー消費がいろいろな場面で一次エネルギー換算で評価されるようになった。

## 8. 省エネルギーの評価手法

ビルの省エネルギーを図るには、まずそのビルがどのぐらいのエネルギーを必要とするかを設計段階で評価する方法がなければならない。これについてはオイルショック以前から米国で関心が持たれ、ASHRAEでも年間空調負荷を推算する方法に関する研究委員会が1967年に設立された。当時たまたまコンピュータが

表2 東京電力大塚支社ビルにおけるエネルギー使用量の実測・解析による実証  
(文献5 p.157)

年間エネルギー量	(10 <sup>3</sup> kcal/m <sup>2</sup> )	合計熱源	搬送	電灯	その他
一般ビル	450	135	113	103	99
計画値	217	48	53	73	43
実測値	241	54	44	96	47

PAL= 52.8 CEC= 0.87

一般に利用され始めた時期でもあったため、毎日毎日の気象データを用いて年間の空調による消費エネルギーを詳細に求める方法の研究が興味を持って進められた<sup>11)</sup>。それ以前は最も暑い日や最も寒い日にどのくらいのエネルギーが必要になるかという値を手計算によって求め、これによって各機器の容量を決定していた。これはすなわち最大負荷の決定のための計算であって、一年の間には暑くも寒くもない日もあるため、年間空調負荷の推定には最大負荷に換算して年間何時間に相当するかで評価する方法が経験的に用いられてきた。全負荷相当運転時間と呼ばれ、実際にビルの空調を年間運転した後で、結果としては値が求められるが、設計用には他の似たビルの値を参考として使う程度に過ぎないものであった。

これに対してASHRAEの方法カナダ国立研究所のスティブソン；ミタラス両氏によって開発された応答係数法が骨子となっていた。これは以前日本で前田敏男教授らが提案された重み関数の理論を数値計算に適用した形に変換されたものであったため、むしろ日本の建築環境工学の研究者によって早く受け入れられた感がある。

日本ではいち早くこれを受けて、空気調和衛生工学会では空調設備基準委員会の中の負荷計算法分科会において、日本の状況に適した年間空調負荷計算法の基準作成に着手された。2年間の度重なる討議の結果は、実際に使えるコンピュータプログラムの形で提案がなされ、HASP/ACLD/7101の呼称で一般に公開された<sup>12)</sup>。これは日本建築設備士協会でも有償頒布され、その後の新築ビル特に大型ビルの設計には大いに役立っている。

このプログラムによって年間空調負荷が求められることにより、建築物の省エネルギー計画は格段に進んだと見られる。すなわち、与えられた建築設計図に基づいて熱負荷計算を行ってみると、その内訳からエネル

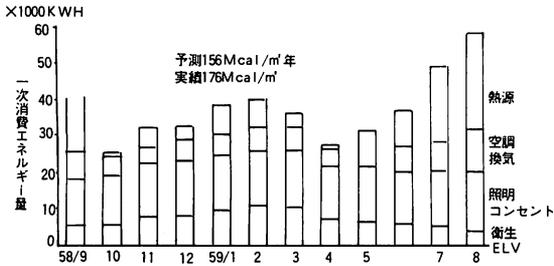


図-4 東北電力山形ビルの月別消費エネルギー量  
(長谷部昭義他, 空気調和・衛生工学会学術論文集  
p. 621 (1985. 9))

ギー消費の多い項目や少ない項目が定量的に求められるため、その結果を設計にフィードバックさせて省エネルギーとなるように設計変更を行うことができる。実際には必ずしもそう簡単にはこのようなプロセスが実務に反映されることは難しかったと思われるが、少なくともそのようなことが可能になったというだけで、建築設計における省エネルギー志向が根を下してきたことは確かなようである。

空調システム計画についても同様なことがいえる。米国ではDOEが資金を出して空調システムを含めた全体のビルの年間エネルギー消費量の計算プログラムの開発が手掛けられた。これはDOE-2と呼ばれるプログラムとして一般に公開され、かなり各方面で実際に

使用されていると聞く。これには各種空調システムのシミュレーションが含まれている。

日本では、前述のように室の熱負荷までのプログラムは米国より早く公開されたが、空調システムの特徴までを含めた年間エネルギーシュミレーションプログラムの開発は遅れていた。建築設備士協会にてこのための委員会が設けられ、松尾陽東京大学教授を委員長として専門家の間で各社の実用方式の比較検討、標準化に関する基礎的問題の検討、プログラム作成作業が行われた。その結果は空気調和・衛生工学会にて報告され、実際のプログラムは建築設備士協会にて有料頒布されている<sup>13)</sup>。

またこれらに先立ち、全国各地の気象データもコンピュータシミュレーションに便利なように毎時の値が逐次整理され、現在では25の主要都市の気象データが同協会でも有料頒布されている。これには、気温、湿度、法線面直達日射量、水平面天空日射量、雲量、風速、風向の7データが収められているので、建築用ばかりでなく他の用途にも広く活用されている。

### 9. 最近の省エネルギービル

何が省エネルギービルであるかについては、大体技術者の間では相場のようなものができつつあるように見受けられる。その評価指標は床面積 1m<sup>2</sup>当り年間一

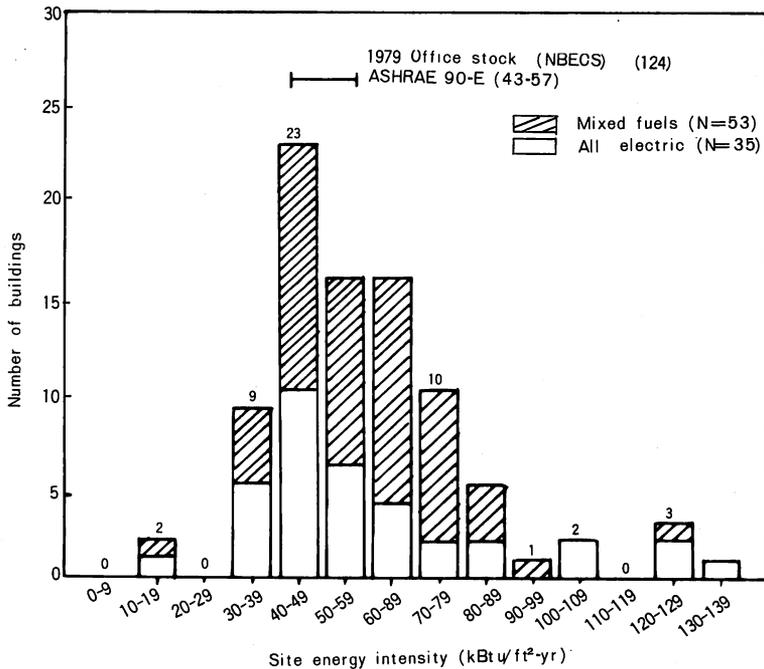


図-5 LBLによる米国の省エネルギービルの実績調査結果  
(Piette, M. A., Wall, L. W. & Gardiner, B. L., ASHRAE J., 28(1), 72-78 (Jan 1986))

表3 Pacific Bell ビルのエネルギー消費量予測値とカリフォルニア州エネルギー基準値との比較 (Jordan, C.H. & Goto. M., ASHRAE J.27(12)20-28(Dec.1985))

	For Compliance with California, s Energy Standards <sup>2)</sup> Callifornia's CTZ-03 for the San Francisco Bay Area	Estimated Building Energy Consumption <sup>3)</sup> Sacramento, CA modified for San Ramon, CA
Weather Tape		
Inside Winter Design Temperature	70F	65F
Occupancy Density	100 s.q ft/person	200 sq. ft./person
Lighting	3.5 walts/sq. ft.	1.2 walts/sq.ft
Appliances <sup>1)</sup>	0.5 walts/sq. ft.	0.5 walts/sq.ft.
Maximum Allowable California Budget <sup>5, 6)</sup>	51,896 Btu/sq. ft.-yr.	—
Estimated Energy Consumption for Building <sup>6)</sup>	51,070 Btu/sq. ft.-yr.	31,254 Btu/sq. ft.-yr

(1) DOE 2.1

(2) Run as required by California energy standards

(3) Run to estimate building energy. See text.

(4) Computer terminals, word processors, etc.

(5) With electrical energy cakulated at 3,413 Btu/kWH.

(6) For "conditioned floor area" of 1,680,000 sq. ft.

表4 実験計画法によって求められた省エネルギービルの年積算冷暖房負荷 Mcal/a・m<sup>2</sup> (文献5 p.128)

ベリメーターゾーン	138.7±18.9	基準値±信頼限界				
窓面積比 **%	-23.0 -0.3	23.3	0	30	60	
屋根・床の有無**	-12.9 7.6	5.3	基準階	床有	屋根有	
階高**m	-12.2 3.1	9.1	3.4	4.0	4.6	
断熱厚**mm	-8.9 -3.4	12.2	50	25	0	
隙間風**	-9.6 -0.5	10.2	小	中	大	
奥行**m	-7.2 -3.1	10.3	7	6	5	
方位**	10.7 15.4	-0.2	N	NE	E	
	-6.3 -16.8	-3.3	SE	S	SW	
	6.8 10.7		W	NW		
照明** W/m <sup>2</sup>	-2.9 -3.8	6.6	15	25	35	
湿度**	-5.7 1.1	4.7	夏 60	冬 40	夏 55	冬 45
窓面積比×断熱厚**	-7.1 0.6	6.5	0×厚	30×厚	60×厚	
	-2.1 -0.4	2.5	0×中	30×中	60×中	
	9.1 -0.2	-9.0	0×薄	30×薄	60×薄	
室温*	-2.6 -2.8	5.4	夏 27	冬 21	夏 26.5	冬 21.5
			夏 26.5	冬 21.5	夏 26.5	冬 21.5
インテリアゾーン	93.5±6.8	基準値±信頼限界				
屋根・床の有無**	-12.5 9.6	2.8	基準値	床有	屋根有	
照明△ W/m <sup>2</sup>	-4.6 -2.4	7.0	15	25	35	

\*\* 1%で有意 \* 5%で有意 △ 10%で有意

判断もある。LCCすなわちLife Cycle Costingの考え方によると設備費と寿命に至るまでの経常費の合計を最小にすることが評価尺度になるが、これは単純な経済性を表面に出したものであって、この評価尺度は省エネルギーを意味するところと当然異なる。それでも大林組技術研究所本館のように100Mcal/m<sup>2</sup>年を切るとなるとそのための初期投資額は過剰と考えられ、とてもそれだけの工夫を盛込むのは一般の場合無理のように見受けられる。しかし、同ビルの場合の省エネルギー手法の多くは試行的なものも多く、標準化されれば格安になるものも少なくない。一方、中には設備費をかけた割にはエネルギー節約になっていないものもある。したがって省エネルギー重視か経済性重視かによってどの程度まで省エネルギー計画を採用するかを判断するか、それは設計者と施主との協議によって決定される。現段階での省エネルギービルとしてのエネルギー原単位指標は150~200Mcal/m<sup>2</sup>年程度ではないかと考えられる。

省エネルギーの費用対効果の点で有利な手法としては、およそつぎのようなものが一般的と考えられている(14), (15)。

- 1) 外壁・窓の断熱
- 2) 窓の気密化
- 3) 窓の日除け
- 4) 照明の窓際消灯

次エネルギー消費量で表わすといういわゆる消費エネルギー原単位であるが、そのほかに省エネルギーのための初期投資額をどの程度にするのが適当であるかの

- 5) 全熱交換器の使用
- 6) 中間季の外気冷房
- 7) 夏季の夜間換気
- 8) 照明排熱回収
- 9) 空調の室内温湿度条件の適切な設定
- 10) 外気取入空気のコ<sub>2</sub>制御
- 11) 空調ダクト系の変風量制御
- 12) コンピュータによる設備制御
- 13) 太陽熱給湯

## 10. 省エネルギーと太陽熱利用

前項では13)に太陽熱給湯を掲げ、太陽熱冷暖房を含めていない。ホテルや病院を除き、一般のビルで給湯負荷が小さい場合には太陽熱給湯もそれほどの貢献をしないかも知れないが設けただけの意義はあると考えられる。

太陽熱冷暖房は省エネルギーと区別して考える必要がある。それは断熱や日除けなど省エネルギーの工夫をしないでおいて太陽熱利用をしても意味がないと考えられるからである。各種の省エネルギーの工夫を行ってもなお既存エネルギーは必要となる。その必要となる分のうちのまたいくらかでも太陽熱でまかなうというのが本来の太陽熱利用の思想であって、ザルに水を注ぐような形の熱負荷の多い建物にいくら太陽熱で暖房しようとしても意味がない。化石燃料の枯渇と化石燃料燃焼による環境破壊を防止するという倫理性を経済性より上位に位置づけるというのが太陽熱利用の観点でもある<sup>16)</sup>。

## 11. 情報革命と省エネルギービル

最近インテリジェントビルが話題となっている。ビルの省エネルギーのためのコンピュータコントロールもこのインテリジェンシーの一部となっているが、ビル管理にコンピュータが導入され始めたのは1970年代の初めであって、空調、電気、防災、防犯の4項目がその当時テーマとしてその対象となっていた。現在その点ではすでに成熟期に入っているが、1970年代の終りにかけてしだいに大形コンピュータによる集中化から小形分散化への傾向が見られるようになった。そして中央では各箇所の状況を異常がないかどうか監視したり、日報作成などの記録が行われる。最近のインテリジェントビルのコンピュータはビルの本来業務の情報伝達に主として利用されるが、これも端末機器の機能はそれ自身十分発揮できるようにしながら中央の親

機が各箇所を結ぶ役割を持つようになっている。この方は始めから分散形と集中形の併用がそれぞれの目的に適合した形式で用いられる<sup>17)</sup>。

また本来業務用のコンピュータと省エネルギーを含むビル管理用のコンピュータとを別にするか兼用にするかについても議論の分れるところであろう。これより先のことについては本稿の主題を逸脱するのでこれ以上は触れないこととする。

さて、省エネルギーの観点からインテリジェントビルを見る時、重要な点は電力消費の増大という点であろう。パソコン1台はそれほど大きな電力を消費せずに莫大な量の情報処理を行うことができるが、数十台、数百台となるとその電力消費は莫大となる。つまり室内発熱量の増大を招く。これによりその発熱を除去する冷房用エネルギーも増加する。事実大林組技術研究所本館の省エネビルでも最近1年間のエネルギー消費量はパソコン台数の増加により前年に比べ10%以上増加したと聞く。今後この傾向がこのまま続くとなると再び新しい形の電力と熱との両方について省エネルギーを図らねばならない問題に直面することになるであろう。

本来業務では不要なデータまで処理しているのではないか、使用していないパソコンをつけっ放しにしてはいないか、またさらに本質的には電力消費の少ないパソコンを開発すべきではないか、パソコン発熱の除去を照明のトロロッファのような形で行う方法を考える必要はないか、またパソコン自体もその発熱除去システムに適した形に設計すべきではないか、など今後検討に値すると考えられる。

## 12. 今後の省エネルギービル——おわりに

最近の高級ビルでは例外なくインテリジェント化が進み、電力需給の緩和もあってとかく省エネルギーに逆行しつつあるかのように見える。しかし、その本質は従来の省エネルギー手法をやめるのではなく、省エネルギーを前提としてインテリジェント化が行われていると見るべきであろう。インテリジェンスのための省エネルギーが前項のように今後の課題として残っている。ビル機能の多様化と高密度化に伴ってエネルギー消費とくに電力消費の増大は避けられないと頭から諦めるのは早計であり、大局的見地から省エネルギーの努力はあらゆる面で手を抜かないように進めなければならぬと思う。

## 文 献

- 1) 木村建一; 省エネルギーと日本・日本人, 建築雑誌 93 (1132)(1978.2)
- 2) 井上宇市編; 高層建築の設備計画, 彰国社 (1964)
- 3) 木村建一; 高層建築の設備計画と環境問題, 建築雑誌 89 (1076)(1974.2)
- 4)  $e=mc^2$ , General Services Administration, U.S. Government, Department of Commerce (1974)
- 5) 日本建築学会編, 建築の省エネルギー計画, 彰国社 (1981)
- 6) 大林組技術研究所パンフレット
- 7) 空調設備基準委員会中間報告, 空調設備省エネルギー技術指針案, 空気調和・衛生工学 51(5)(1977. 5)
- 8) 国際シンポジウム建築と省エネルギー'79 資料, 建築における省エネルギー, 日本建築学会; 建築設備における省エネルギー, 空気調和・衛生学会 (1979)
- 9) 空調設備準備委員会, 事務所建築におけるエネルギー消費の実態, 空気調和・衛生工学 (1979.6)
- 10) 牧英二, 猪岡達夫; PAL・デザイナーのための熱負荷計算チャート——省エネルギー法にもとづく建築計画, 彰国社 (1981)
- 11) ASHRAE, Task Group of Energy Requirements, Proposed Procedure of Determining Energy Requirements for Heating and Cooling Buildings, ASHRAE (1968)
- 12) 空調設備基準委員会第2小委員会負荷計算分科会, 電算機による動的負荷計算法, 空気調和・衛生工学 46(3)(1972. 3)
- 13) 松尾 陽, 横山浩一, 猪岡 達夫; 空調システムのエネルギーシミュレーションプログラム, 昭和60年度学術講演会講演論文集, 空気調和・衛生学会 (1985. 9)
- 14) 井上宇市; 空気調和ハンドブック改訂3版. 丸善(1982)
- 15) 中原信生, ビル・建築設備の省エネルギー, (財)省エネルギーセンター (1983)
- 16) 木村建一; 最近のエネルギー情勢と自然エネルギー利用動向, 建築雑誌 99 [1227](1984. 11)
- 17) 鹿島出版会編; インテリジェントビルの計画. 鹿島出版会 (1986)

## 話 の 泉

## 新しい水蒸気発電の誕生

新しいカリナ・サイクル (Kalina cycle) (図参照) を応用した, 6.5メガワットの実験用火力発電所が, 1,000万ドル (約15億円) をかけて, カリフォルニアに建設されることになった。

このカリナ・サイクルは, 発明者の Alexander I. Kalina 博士に因んで命名されたシステムである。従来のランキン・サイクル (Rankine cycle) が全面的に水を利用しているのに反し, この新しいカリナ・サイクルでは, アンモニア70% / 水30%の混合液を利用し, タービンを駆動させるエネルギーを30%余計に発生させることができる。

カリナ博士との共同研究者であるライボウィツ (Leibowitz) 氏は, この新しい発電方式は今後, 化学・石油・食品・製紙・パルプなどの各種産業の自家発電として広く利用され, 全米で年間200億ドル (約3兆円) の燃費が節減できると期待している。詳細は下記へご照会下さい。

Ms. Anita Hunter  
Anita Hunter Associates, Inc.  
280 Madison Avenue  
New York, N. Y. 10016  
U. S. A.

