

# 第 2 章

## 究極の省エネと快適性を目指した 職住システムの展望

## 第2章 究極の省エネと快適性を目指した職住システムの展望 目次

横須賀研究所プラント熱工学部 上席研究員 岩坪哲四郎  
経済社会研究所 上席研究員 浅野 浩志  
情報研究所 上席研究員 鈴木 正  
狛江研究所需要家システム部 上席研究員 中野 幸夫

2 - 1 需要家のエネルギー消費構造の現状と展望 .....	13
2 - 2 家庭用分野の新しいアプローチ .....	15
2 - 3 業務用分野でのエネルギー消費構造と課題 .....	18



岩坪哲四郎（昭和57年入所）  
主に、高性能給湯ヒートポンプの開発、蒸気貯蔵・蓄熱システム、都市・家庭などのエネルギー需要分析に関する研究等に従事してきた。現在、ヒートポンプ、コージェネなどの各種エネルギー変換機器のシステム解析・評価に取り組んでいる。



浅野 浩志（昭和59年入所）  
電気料金理論、デマンドサイド・マネジメント(DSM)、統合資源計画(IRP)、分散型資源、送電料金設定理論など効率的な電力供給システムの構成と運用に関する研究の他、エネルギー環境システムの分析と評価に関する研究に従事している。



鈴木 正（昭和51年入所）  
コロナ放電などにより電気設備から発生する電波雑音に関わる研究に従事した後、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）に出向。昭和62年から需要家系情報通信システムと地域情報化に関する研究に従事。



中野 幸夫（昭和56年入所）  
UHV交流・直流送電線の電気環境問題に関する研究に従事した後、赤外線加熱ならびに放射冷暖房に関する研究に従事。  
平成4年以降、民生部門の省エネに関する研究にも取り組んでいる。

## 2 - 1 需要家のエネルギー消費構造の現状と展望

### 2-1-1 わが国全体のエネルギー消費構造と民生部門の重要性

わが国の最終エネルギー消費は、80年代半ば以降、原油価格の低位安定や豊かさを求めるライフスタイル等を背景に総量としては一貫して増加してきたが、1998年度には景気低迷の影響を受け産業部門が大きくマイナスになったことから、第2次石油危機以来16年ぶりに対前年比マイナス（-1.1%）に転じている。1999年度もこの傾向は続いているものと考えられるが、2000年に入り景気回復の動きを受け、猛暑の影響もあり8月25日に10社計最大電力を5年ぶりに更新するなど、エネルギー需要は比較的堅調に推移しており、長期的に見れば、今後も最終エネルギー需要の伸びを想定する必要がある。

エネルギー消費の動向を、産業、民生、運輸の3部門で見た場合、約5割を占める産業部門のエネルギー消費トレンドは、第一次（73年）・第二次（78年）石油危機以降ほぼ横ばいである。これに対して、残り5割を分け合う民生、運輸の2部門の最終エネルギー消費は着実に伸びており、最終エネルギー消費全体が対前年度比マイナスに転じた1998年度においても増加し

ている。現行の最終エネルギー消費・CO<sub>2</sub>排出量の現行見通し（図2-1-1）にそって、1997年12月京都会議での温暖化ガス排出数値目標「2010年に1990年比マイナス6%」の達成を部門別に考えてみると、産業部門は産業構造変化や技術進歩からエネルギー消費の大幅な伸びは予想できない。したがって、残りの民生・運輸、特に消費増大ポテンシャルの大きい民生部門の省エネルギーをいかに実現していくかが問題である。

また、最終エネルギー消費の動向を、電力需要で見ると、産業用電力需要（約40%）が概ね横ばいで推移しているのに対して、家庭（約30%）・業務用（約30%）電力需要は増加傾向にあり、最近特に業務用電力需要が高い伸びを示している。これに伴い電力化率も民生部門を中心に上昇している。前述のように、今夏の電力ピーク更新に見られるように、今年は景気回復と猛暑の影響により電力需要の大きな伸びが予測されているとともに、今後も、情報化の進展、快適志向の高まりなどにより、民生部門を中心に2000年から2025年にかけて年率1.4%と総エネルギー需要を大幅に上回って伸びるものと予測されている<sup>(1)</sup>。このように、省エネルギー推進、CO<sub>2</sub>排出抑制の観点からは、負荷平準化の観点も含めて、電力需要にどのように対応していくかが極めて重要な課題と言えよう。

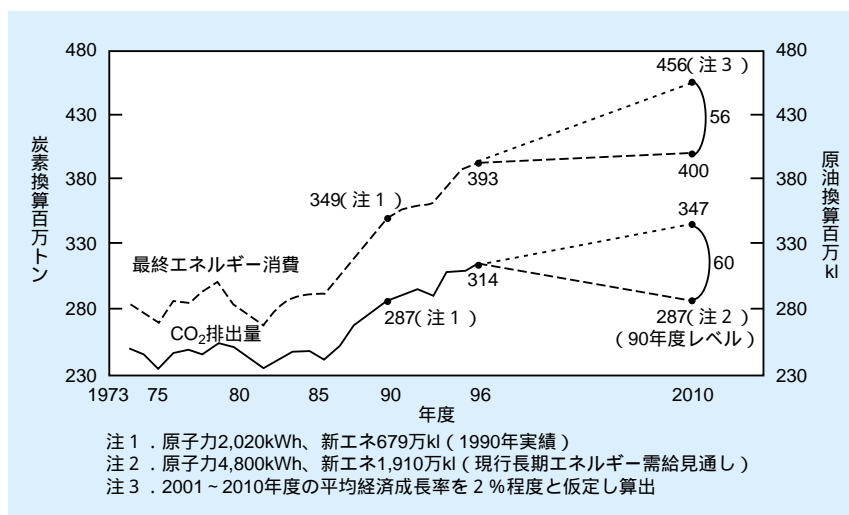


図2-1-1 最終エネルギー消費・CO<sub>2</sub>排出量の実績と現行見通し

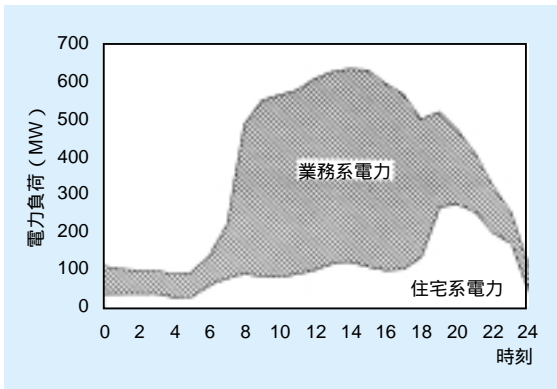


図2-1-2 仮想都市（民生用需要のみ）の夏季代表日負荷特性

## 2-1-2 都市、家庭レベルでエネルギー消費構造をとらえる

省エネルギー技術を考えるには、前述のわが国全体の議論だけではなく、それぞれの省エネルギー技術の適用対象に合わせて、よりミクロなエネルギー消費をとらえる必要があるが、その消費実態は良くわかっていないのが現状である。たとえば、地域熱供給、分散型電源などに対応するものとして、都市（60万人）の電力消費パターンを電中研で検討した結果を図2-1-2に示す<sup>(2)</sup>。このように業務分野と家庭分野では電力需要パターンが異なっており、これらの負荷が合成されて都市の電力需要となっている。

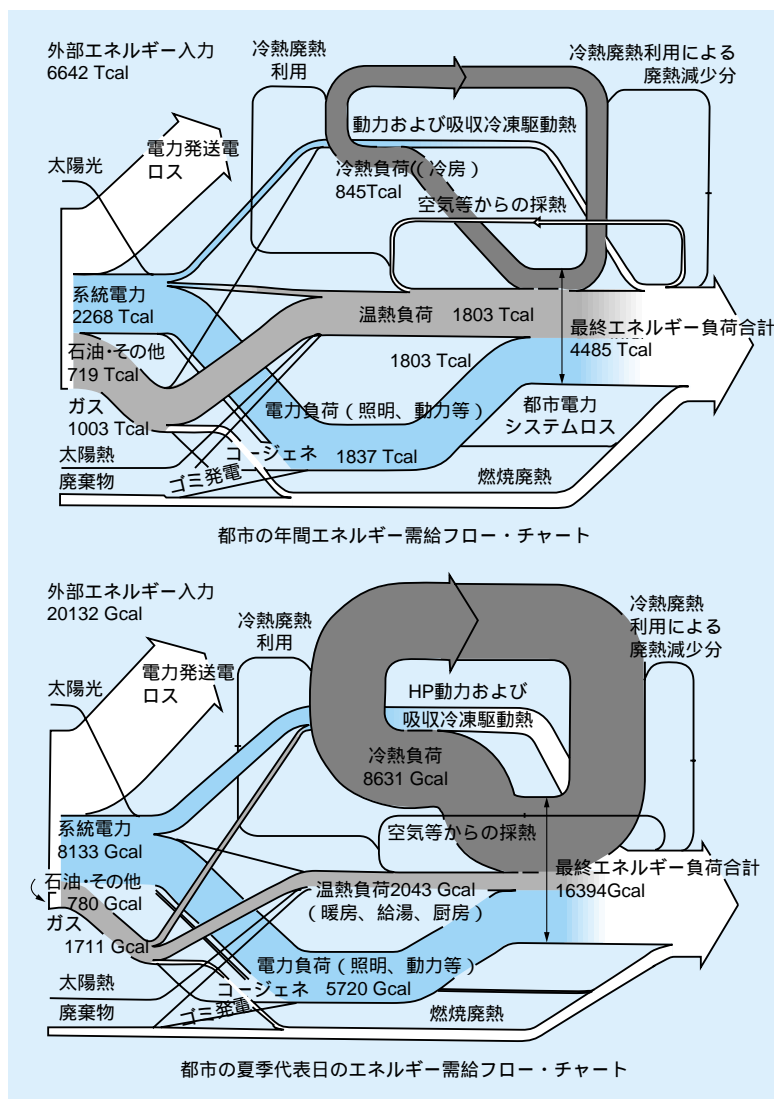


図2-1-3 仮想都市（民生用需要のみ）の年間および夏季代表日におけるエネルギー循環

さらに、電力だけでなく、ガスなど他のエネルギー需要も含めて都市レベルでのエネルギー需給を分析した結果を図2-1-3に示す。このエネルギー需給フローチャートでは、従来の分析では機器への投入エネルギーで評価されてきた最終エネルギー消費だけでなく、特に冷房（冷熱）でエネルギーユーザが利用するエネルギー負荷を分析しており、年間のエネルギー需要に対して、夏期代表日には冷熱負荷に占める割合が極めて大きいこと、温熱負荷に占めるヒートポンプ利用がまだまだ少ないことなどが分かる。

さらに、小さい家庭レベルでのエネルギー消費を考えてみると、1家庭の電力消費は機器のオン・オフに応じて極めてランダム、変動が激しいものであるのに対して、多数戸で見ると平均化されて、前述の都市レベルでの住宅電力負荷と同じような負荷となっている（図2-1-4）<sup>3)</sup>。一般に、家庭の電力負荷として考えられているのは平均化された負荷であるが、各家庭で省エネルギー技術を導入する場合は、ランダム・変動が激しく、かつ、各家庭ごとに特性が異なる負荷に

応する必要がある。

このように、民生部門でのエネルギー消費を考えるには、平均的な消費特性だけではなく、各エネルギーユーザ個々の特性をとらえることが必要であり、使用されている機器、エネルギーユーザの意識などに踏み込んで、エネルギー需要をとらえていくことが重要である。

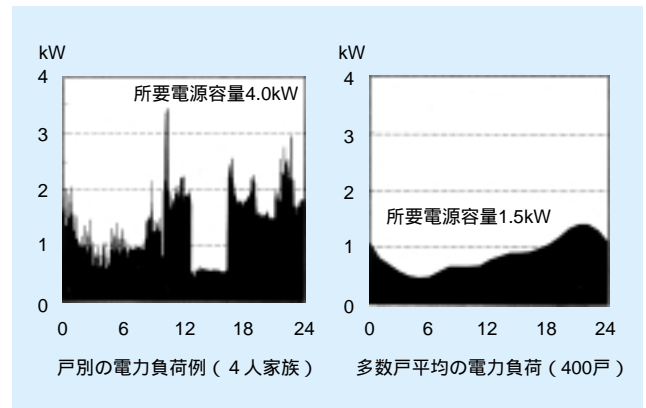


図2-1-4 戸別および平均の住宅電力負荷

## 2 - 2 家庭用分野の新しいアプローチ

### 2-2-1 今後も伸び続ける家庭用エネルギー消費

家庭部門のエネルギー消費は、1970年度から25年間で丁度2倍に増え、1997年度のが国最終エネルギー消費の14.0%を占める。これまで世帯数の増加(年間1.4%程度)や電化製品の普及・大型化・多機能化を背景に1995年度まで増加傾向で推移してきた<sup>4)</sup>。しかし、1996～98年度は主に気象要因により暖房、給湯需要が減少し、合計でやや減少している。

図2-2-1に世帯当たり用途別エネルギー消費を示す。用途別では、動力その他36%が最も多く、これは多様な家電機器の登場あるいは大型化の傾向を反映している。次いで、給湯29%、暖房26%、厨房7%と続き、稼働期間の短い冷房は年間エネルギーでは2%に過ぎない。

当然のことながら、エネルギー消費構造の地域差は大きく、暖房用消費が欧米並みの北海道では世帯当たりエネルギー消費量は、関東の1.7倍に達する<sup>5)</sup>。

家庭用エネルギー消費のエネルギー源別の内訳では電力が43%と最も多く、次いで灯油の25%、都市ガスの18%、LPGの12%となっている。世帯当たりエネルギー消費は、1990年～1998年で年率0.5%と低い伸びにとどまるが、同期間の電力消費の伸びは2.1%と大きい。図2-2-2に示すように電力の68%が冷房機器、冷蔵庫、照明器具、テレビの4つの機器で消費されている。

以上はあくまで実際には存在しない日本平均のエネルギー消費の形であり、各家庭でのエネルギーの使われ方は世帯属性や生活様式によりさまざまであり、詳しくは3-2節を参照されたい。

家庭用需要の特徴は、所得の上昇によりエアコンが各部屋に設置されるように所得効果が大きく、エネル

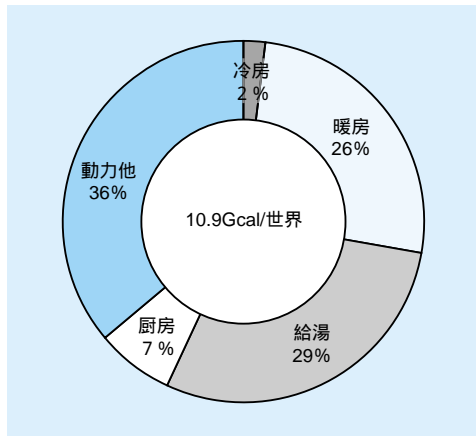


図2-2-1 家庭における用途別エネルギー数<sup>(6)</sup>

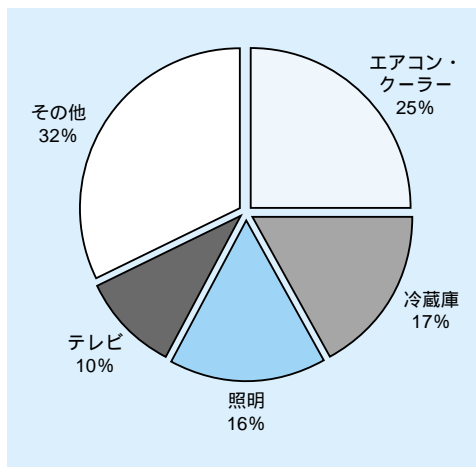


図2-2-2 家庭における機器別電力消費<sup>(7)</sup>

ギー価格にかかわらず一貫して伸びてきた。今後10年間は世帯数が伸びることもあり、年率1.1%で最終エネルギー消費が増加することが予測されている<sup>(1)</sup>。特に利便性が高く、自由化により電力価格の実質的な低下が期待されるため、電力需要の伸びは1.7%と大きい。総電力需要に占める家庭部門のシェアは2010年度には、1997年度より2%ポイント大きくなり、28.7%と予想されている。高齢化、快適志向、外食の増加等ライフスタイル(生活行動の特徴)の変化がエネルギー消費に影響を与えている。

COP3合意を踏まえた温暖化ガス排出抑制(2010年度に1990年度比マイナス6%を目標とする)への取組み上、エネルギー消費が伸び続ける家庭部門での省エネルギー対策が強化されようとしている。家庭部門のエ

ネルギー消費は、個人の生活様式に大きく影響され、必ずしも経済合理性のみで決まるわけではないため、市場そのものをエネルギー効率化するMarket Transformation(市場の改変)の考え方が有効である。具体的には、DSMプログラムのようにある特定の事業者がある特定の期間に実施する省エネ施策ではなく、需要家、省エネ機器製造者、販売業者、建築業者など省エネ市場に参加するあらゆる主体が省エネ投資の市場障壁を低くする方策を総称する。

わが国では、1999年改正省エネ法で施行された家電機器等の省エネルギー基準がその代表例である。例えば、特定機器に指定されたヒートポンプ型のエアコンの場合、目標年度におけるエネルギー効率を現在よりも出荷平均で63%改善することとされており、消費者自身が意識しなくてもある程度の省エネが自動的に実現される。とはいえ、これは省エネのボトムラインであり、消費者自身が省エネ型機器を積極的に購入できるような情報が提供され、意識が高まることが望ましい。しかし、意識に訴えるだけでは省エネ行動は持続しないため、きめ細かい料金情報など制度などを活用して省マナーに結び付くモニタリングシステム、エネルギー管理システムの開発・普及が急務である。

## 2-2-2 ITの進展と環境意識の高まり

2000年3月末時点でインターネットの普及率は23.7%に達しており、今後もパソコンや通信コストの低下により増加傾向が続くと見られる(日経BP社「インターネット普及率調査2000年春」)。家庭のIT化はどのように進み、エネルギーの使い方にもどのような影響を及ぼすか。エネルギーの分野ではシステム化による省エネルギーが目的として明確であるため、その導入効果に対してコストがそれほど大きくなければ、各世帯で判断できよう。宅内に光ファイバーや同軸ケーブルなど通信専用線を張り巡らせるホームバスは工事が大変であり普及しなかった。そこで必ず配線されている電力線や配線不要の無線、赤外線を用いてホームネットワークを組む方式が有望視されている。主要な家電機器ごとの電力消費を表示して省電力に役立てたり、火災報知機等と連動させて非常時に機器の電源を切ったり、外出先から自宅の機器の監視制御を可能とする。

将来は実時間料金的なものも家庭に適用され、快適性を保ちながらコスト最小化できるような運転モードが自動的に選択されるようになる。

上記の新技术が浸透する一方、次のような消費者の意識の変化も今後の家庭用エネルギーの選択に大きな影響を与えよう。健康志向の高まりとともに、50歳以上では3～4割の主婦が、価格が高くとも有機栽培野菜を買おうと答え（農水省調査）、食品添加物をできる限り使わない商品を買って求める人が増えている。これと同じ動きがエネルギーの分野でも見られ、電気料金の節約ではコストの回収が難しい太陽光発電システムを設置したり、風力等環境負荷の小さい再生可能エネルギー建設に寄附するグリーンファンド設立の動きが見られる。このような環境意識の高い消費者のニーズに応えるためにも、家庭においてもIT技術を活用した、エネルギー有効利用のための技術的・制度面のバックアップが必要である。

## 2-2-3 電気事業の経営環境変化と新しい需要家サービス

世界的な規制緩和の流れを受け、我が国でも平成12年3月に特別高圧需要家（受電電圧20kV、使用電力2MW以上）に対する電力の小売りが自由化され、また、3年後をめどに自由化の範囲拡大が検討されることになっている。このような背景を受け、今後、家庭用需要家部門でも競争力強化を目指した、きめ細かな料金制度の設定や関連情報の提供などが実施されると考えられる。

一方、電力小売り自由化の規制緩和により電気事業に課せられていた兼業規制が緩和され、電気事業の企業特性を活かした各種新規事業が展開されつつある。

先に述べた、

- ・今後も伸び続ける家庭用エネルギー消費
- ・ITの進展（インターネットの普及）と環境意識の高まり

と電気事業の経営環境変化から、今後の家庭用需要家に対して、以下の新たなサービスや機能が必要となる。

### a) 電気事業の競争力強化

新サービスの提供

- ・きめ細かな料金制度の設定  
（例えば、供給コストを反映した実時間料金）
- ・電気使用データの提供  
（大型機器や屋内回路別の時間別使用実績データをホームパソコンへ出力）
- ・最適な料金制度の提案  
（使用実績データをもとに最適な料金制度を選定）
- ・各種省エネ情報の提供や省エネのアドバイス  
（例えば、使用実績データを使用した機器運転モード変更による省エネ・省マネーシミュレーション）  
など
- ・需要家対応業務の効率化
- ・自動検針、ロードサーベイ
- ・転入居、契約変更処理  
など

### b) 新規事業展開

電気事業が有する資源（人材、土地、建物、設備）やブランド力（需要家の信頼感）を活用し、グループ企業や一般企業と必要に応じて共同で、事業を展開する。事業内容については、今後の検討が必要と思われる。

この分野で先進的な活動を行っている四国電力<sup>(株)</sup>のOpenPLANET IPAプロジェクト<sup>(8)</sup>では、新サービスとして、

- ・省エネルギー  
電気エネルギーの無駄な使用の排除、節約、夏季ピーク低減などをねらいに、住宅内のセンサーを利用して不要な照明や保温の停止、住人の意図を反映した省エネ制御、電力会社からのDSM指令にもとづくエアコン温度の設定変更などを行う。

のほか、新規事業に対応するものとして、

- ・防犯・防災  
非常災害や不法侵入などから住人の安全や財産を守ることをねらいに、住宅内のセンサーや放送電波などから情報を収集し、住宅内の家電機器を適切に制御する。
- ・高齢者の生活支援  
高齢者世帯、独居老人や障害者の生活支援をねらいに、健康管理のための基礎データや生活パターンなどを収集、チェックするとともに、留守でも

ないのに水道が全く使用されていない場合などの異常状態を検知した場合は、家族や関連機関などに通報する。

の実証実験が行われた。

高度情報化社会の到来で、家庭生活はこれまでと異なる利便性、効率性、快適性を手にいれるようになる。エネルギーサービスの面でも新しいアプローチが試みられようとしている。

## 2 - 3 業務用分野でのエネルギー消費構造と課題

### 2-3-1 業務用エネルギー需要の特徴

1998年度の業務部門の最終エネルギー消費は、1891PJ（4883万石油換算kℓ）で、最終エネルギー消費の13%を占める。業務部門のエネルギー消費は経済活動と相関が大きく、1965年度には7%程度であったシェアが経済成長とともに1998年度には13%まで増加している。エネルギー源としては電力が選好されおり、1998年度で電力構成比は45.9%に達する。表2-3-1に示す用途別エネルギー消費量をみると、電力固有の動力・照明用が1990年度の33.0%から1998年度の39.7%とシェアを伸ばしている<sup>(4)</sup>。この背景には事務所ビルの床面積の増大と全業種にわたる情報化の進展があげられる。他の用途で大きいのは、暖房の25%前後、給湯用途の22%であるが、これらの需要は飽和傾向にあり、床面積当たりの消費原単位は減少傾向にある。冷房用途は家庭用に比べて大きいものの、1990年代に入り、機器普及が一巡し、気象変動の範囲内でシェアは7～8%で安定している。

業務用電力需要は2267億kWh（1998年度）で、業務

部門はエネルギーに占める電力の割合が大きいため、最終エネルギー消費におけるシェアの約2倍の24.8%を占める。2000～2010年度の電気事業用電力需要の伸びは1.8%と予測され、とりわけ業務用の伸びは顕著で3.1%とGDPの約1.8倍のペースである<sup>(6)</sup>。これは経済のサービス化、OA化の進展や競争導入による電気料金値下げの影響が大きいと見られる。

業務部門には、産業部門の管理部門(事務所ビル)および電気・ガス・運輸業を除く第三次産業が含まれ、非常に多種多様な業種を含む。図2-3-1に9業種別のエネルギー消費の推移を示す。シェアを伸ばし、かつ大きいのは、卸・小売業と事務所ビルで、それぞれ1998年度で業務部門エネルギーの21%、18%を占める。続いて、ホテル、病院、学校の順となり、多くの需要家サービスに関する分析でもこれらの業種に焦点を当てることが多い。業務部門のエネルギー消費は、業務活動指数として床面積と相関が高い。

### 2-3-2 事務所ビルのエネルギー消費特性

業務用需要の契約電力の業種別の内訳は、事務所・

表2-3-1 用途別エネルギー消費原単位<sup>(6)</sup>

(1998年度)		(10 <sup>3</sup> kcal/m <sup>2</sup> , %)					
	暖房用	冷房用	給湯用	厨房用	動力用	合計	構成比
電力	4.3	13.2	0.0	0.0	112.6	130.1	45.9
ガス	5.3	4.8	18.4	18.9	0.0	47.4	16.7
石油	56.2	3.3	36.4	0	0.0	95.9	33.8
石炭	1	0.0	4	1.5	0.0	6.5	2.3
太陽熱	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	3.8	1.3
合計	66.8	21.3	62.6	20.4	112.6	283.7	100.0
構成比	23.5	7.5	22.1	7.2	39.7	100.0	

注：太陽熱には、地熱、熱を含む。



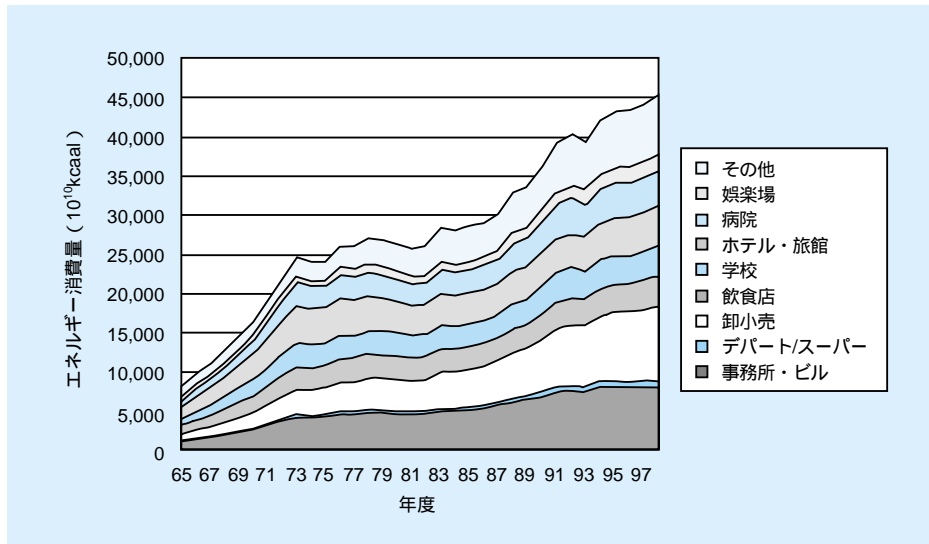


図2-3-1 業種別エネルギー消費量の推移<sup>(6)</sup>

官公署が27.9%（1998年度、通産省調べ）と最も多く、ついで百貨店・商店の22.2%となっている。事務所ビルでは冷暖房用および空調動力用のエネルギー消費が、全エネルギー消費の半分近くを占める<sup>(10)</sup>。

図2-3-2に床面積3000m<sup>2</sup>程度の小規模事務所ビルの電力・熱負荷パターンを示す<sup>(11)</sup>。これは通常事務所ビルの場合で、インテリジェントビルの場合、LAN等のベースロードが大きい。事務所ビルにおけるインテリジェント化は、OA機器・照明等の内部負荷を増やし、さらに空調による電力需要の増大が夏季ピーク電力を押し上げる原因になる。事務所ビルにおけるOA機器類の電力消費は、エネルギー消費の16%に達する<sup>(12)</sup>。4章で詳しく分析するように、業務部門では事務所ビルの空調負荷に焦点を当てた研究が中心である。

一方、1998年時点で事務所ビルの95%（床面積比）がネットワーク化されているように、夜間も稼働する機器数が増え、ビルの電力負荷は平準化している傾向も見られる。負荷平準化と同時に待機時電力削減などエネルギーマネジメントの導入も急がれる。

### 2-3-3 業務施設別エネルギー消費特性

わが国では分散型エネルギーシステムのコーディネーション利用がエネルギー効率および環境保全の観点から望ましく、5章で取り上げる需要家設置型の分散型エネルギーシステムの導入ポテンシャルは、需要

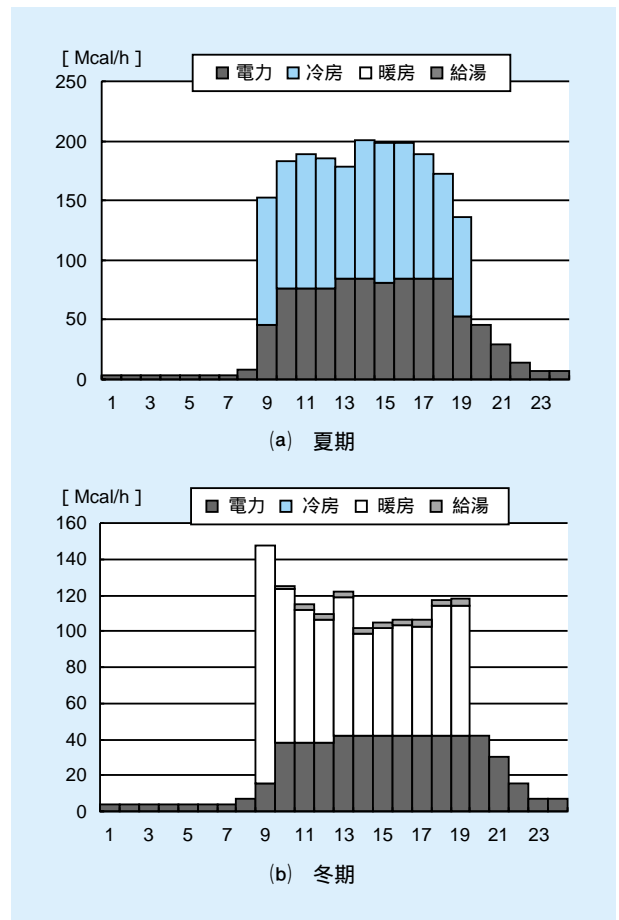


図2-3-2 事務所ビル（床面積3000m<sup>2</sup>程度）の電力・熱負荷パターン<sup>(11)</sup>

家の熱・電力需要の時間特性に大きく依存する。

空気調和・衛生工学会の資料から1987年～1998年に新規竣工した建物の規模別分布を調査した。床面積3000m<sup>2</sup>程度の小規模建物と7000m<sup>2</sup>程度の中規模建物毎のエネルギー消費原単位を表2-3-2に示す。同じ建物用途でも業務様態が異なるため(ホテルの中規模では宴会設備などが増えるため、給湯需要比率が大きくなる)原単位は規模に関して比例的に変化するとは限らない。

業務用の代表的な需要家種別に季節別の電力日負荷率と熱電力需要比率を比較する(表2-3-2)。

- 1) 事務所：昼間のみ電力負荷があり、日負荷が低い。中間期の熱需要は小さい。
  - 2) ホテル：日負荷率の季節間格差が大きい。
  - 3) 店舗：日負荷率が低い。夏期の冷房需要を除けば、季節間格差は小さい。
  - 4) 病院：日負荷率が高い。給湯需要が大きく、熱需要比率が大きい。
- 5章ではこのような需要特性の異なる施設別にオンサイトエネルギーシステムの経済性を評価している。

表2-3-2 需要家種別日負荷率と熱電力需要比率

	延床面積 [ m <sup>2</sup> ]	電力 [ MWh/年 ]	冷房 [ Gcal/年 ]	暖房 [ Gcal/年 ]	給湯 [ Gcal/年 ]	最大負荷		電力需要日負荷率			熱電比率			
						エネルギー [ Mcal/h ]	電力 [ kWh/h ]	夏期	冬期	中間期	夏期	冬期	中間期	
事務所	小規模	2,906	291	122	87	6	201	98	47.9%	55.6%	55.6%	54.3%	60.1%	22.9%
	中規模	7,027	842	410	219	15	635	284	47.9%	55.6%	55.6%	57.9%	56.7%	23.1%
ホテル	小規模	2,764	323	113	135	35	190	100	46.3%	85.9%	80.0%	54.1%	65.2%	34.5%
	中規模	7,351	1,087	532	591	268	759	325	46.3%	85.9%	80.0%	63.2%	72.2%	45.4%
店舗	小規模	3,291	691	296	59	8	488	239	44.8%	45.8%	45.8%	53.3%	31.7%	22.1%
	中規模	7,103	1,623	764	183	36	1215	561	44.8%	45.8%	45.8%	55.7%	38.5%	24.8%
病院	小規模	3,165	142	19	108	127	127	39	59.5%	75.8%	85.0%	46.5%	81.3%	66.6%
	中規模	6,969	694	351	560	555	636	188	59.5%	75.8%	85.0%	60.2%	81.9%	69.6%