

特集

分散型都市エネルギーシステム

都市のエネルギー需要と供給システム

Urban Energy Demand and Its Supply Systems

辻 毅 一 郎*

Kiichiro Tsuji

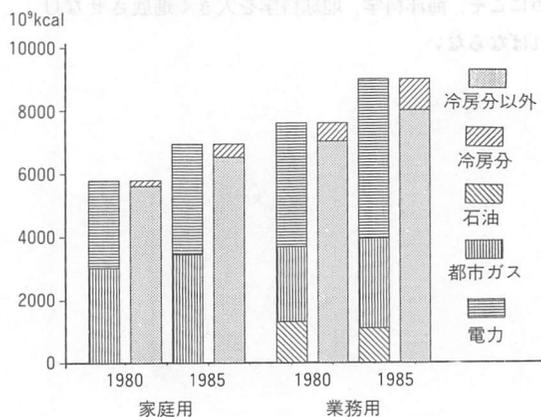
1. はじめに

資源制約の顕在化と地球規模の環境問題の高まりという世界的な潮流の中にあつて、わが国のエネルギーシステムはこれまでの大規模集中型のシステムから、コージェネレーションや太陽エネルギーの利用等に代表される中小規模分散型システムをも含むシステムへと変遷してゆくものと考えられている^{1,2,3)}。分散型システムの利点として、エネルギーの有効利用が図れること、小規模で建設期間も短いことから、将来の種々の不確実性に柔軟に対処し得ることなどが挙げられている。しかし、一方では分散型のシステムは、電力供給の構造を複雑にし、都市ガスの需要量を増加させるなど既存のエネルギー供給の様相を大きく変化させる可能性もある。

本誌でもすでに都市のエネルギーシステムの将来についての報文がいくつかある^{4,5,6)}。本稿ではとくに、わが国の人口の77%が居住し、今後分散型システムの導入が進展すると考えられる都市域の民生部門を念頭に、エネルギー需要の特性ならびに分散型システムの果たす役割と問題点を筆者の私見を交えて論じてみたい。産業ならびに運輸部門については、本稿では触れないことを予めお断りしておく。

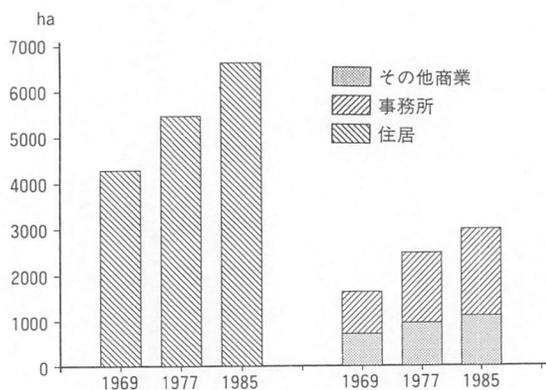
2. 都市における民生用エネルギー需要の構造

図-1は、大阪市の民生用エネルギー需要の変化を示したものである⁷⁾。家庭用の石油に関するデータは不十分のため図-1に含めていない。家庭用では電力の伸びが大きく冷房分はシェアとしてはまだ小さいが伸びは著しい。業務用については石油のシェアの減少が明らかで電力・都市ガス、冷房需要が大きく伸びている。図-2は民生用建物床面積の変化を示したものである⁸⁾。大阪市の人口は近年減少気味であるが、住居の面積は



出典：(財)大阪科学技術センター：大阪市におけるエネルギー需要の現状と将来に関する調査(1989)

図-1 民生用エネルギー需要の変化(大阪市)

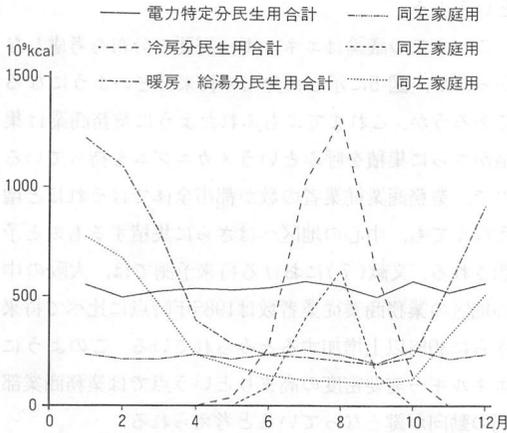


出典：大阪市土地利用現況調査(1988)

図-2 民生用建物床面積の変化(大阪市)

着実に増加している。商業用建物の面積は業務商業従業者数の増加を反映して増加している。なかでも事務所の伸びは著しい。事務所のシェアは商業用建物の中で最も大きく、ホテル・病院のシェアは比較的小さい。このようなことから都市の民生用エネルギー需要は住

*大阪大学工学部電気工学科教授
〒565 吹田市山田丘2-1

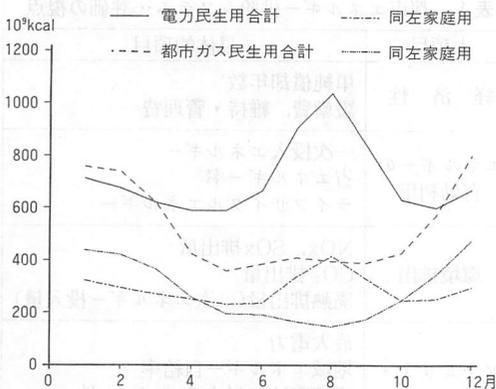


出典：筆者らのモデル⁹⁾に基づく推定

図-3 使用目的別需要の月変化（大阪市：1985）

宅と事務所の需要特性に大きく影響されることがわかる。

都市のエネルギー供給システムを考へて行くには基本的に冷房、暖房、給湯などの使用目的別エネルギー需要の発生状況を把握しておかなければならない。これは、従来からビル等に対する設備設計計画において電力負荷、空調負荷を想定する必要が生じるのと同じことである。図-3は大阪市の建物種類別床面積を想定し、電力・都市ガス需要データならびにいくつかの調査データに基づいて筆者らが推定した使用目的別需要（電力・都市ガスなどのエネルギー種別でないことに注意）の年間の変化の概略を示したものである⁹⁾。図-3において、電力特定分（空調負荷を除く）については大きな変動はない。夏季の冷房需要と冬季の暖房・給湯需要は同じ位であるが、5月、10月などの中



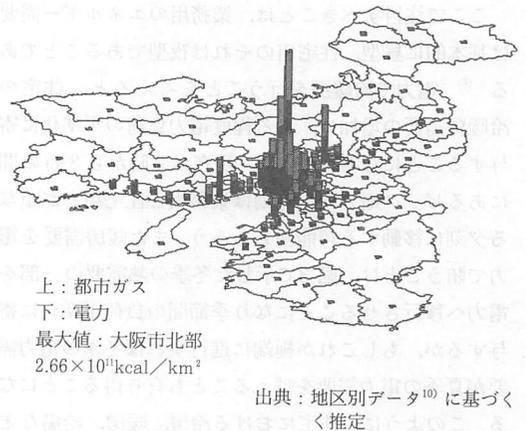
出典：地区別データ¹⁰⁾に基づく推定

図-4 電力・都市ガス需要の月変化（大阪市：1985）

間期にはこれらの熱需要が非常に少ないことがわかる。このような熱需要の発生パターンはもちろん気候に大きく依存する。欧州では一般に気温が低いため年間を通じて熱需要が存在するところが多い。

筆者らは近畿地域を118の地区に分割し各地区についてエネルギー需要の推定と予測を行うことを試みている¹⁰⁾。図-4はその地区別データに基づいて筆者らが推定した電力・都市ガス需要の年間の変化を示したものである。これは図-3の使用目的別需要に現状のエネルギー供給システムで対応した場合の、電力・都市ガスの需要であるという良い。現状では図-3で示した夏季の冷房分はほとんど電力によって賅われており、電力ピークを増加させる原因となっている。最近では、大型のビルを中心に都市ガスによる冷房が普及しており、電力ピークの抑制ならびに都市ガスの夏季需要の創出に貢献している。図-3と比較すると電力・都市ガスの冬季の需要は夏季に比べて大きくないが、これは図-3で示した冬季の熱需要のかなりの部分は図-4に示されていない石油によって賅われているからである。

図-5に近畿地域の各地区についての面積当たりの電力・都市ガス需要（電力と都市ガスの需要を合計したもの、電力は860kcal/kWh換算）の推定結果を示した。住宅と業務商業の集積した大都市圏の密度は他と比べて極めて高い。業務商業部門では集積がさらに集積を呼ぶというメカニズムが働くので、将来において大都市圏のエネルギー需要密度はさらに大きくなるものと予想される。通常話題とされる都市のエネルギー問題は、この集積の進んだ限定された地域へ大量のエネルギー供給が行われることに起因するといえる。



上：都市ガス
下：電力
最大値：大阪市北部
 $2.66 \times 10^{11} \text{kcal/km}^2$

出典：地区別データ¹⁰⁾に基づく推定

図-5 電力・都市ガス需要密度の分布
（近畿地域：1985；電力は860kcal/kWh換算）

3. 都市エネルギー需要の今後の動向

わが国におけるエネルギー需要のこれまでの変化の特徴は、欧米諸国と比較して低いレベルにあるといわれる民生用需要の増大である^{11,12)}。この民生用需要は今後どのように伸びて行くであろうか。

厚生省の人口予測によれば、人口は2010年頃を境にむしろ減少傾向に移る¹³⁾。そして、65歳以上の人口が全体の20%以上を占めるという状況となる。このため従業者数は頭打ちとなるであろう。業務商業の担い手である第3次産業従業者数は増加するがその伸び率は鈍化すると思われる。業務商業従業者一人当たりの床面積はここ数年、OA機器の普及などによって伸びが著しかったが、それは一段落したとも言われ、業務用床面積の伸びは鈍化するものと考えられる。床面積当たりのエネルギー需要は、すでに十分な大きさとなっており、むしろ省エネルギーへ向けての技術開発により減少させる方向であると考えられることもできる。一方住宅に関しては、人口は停滞するもののいわゆる核家族化が進行して世帯数は増加するものと予想される。さらに世帯当たりの床面積は大きくなり、快適性の追求が進み、冷暖房・給湯ニーズは増大する。また女性の社会進出、高齢化、ライフスタイルの多様化などに伴い、利便性・安全性の高いエネルギー消費機器は一層普及するであろう。

以上の考察から、住宅部門のエネルギー需要の伸びは、業務商業部門の需要の伸びを上回り、前者のシェアは確実に大きくなるものと予想される。事実、室田¹⁴⁾が示しているように住宅部門のエネルギー需要のシェアは増加しつつある。

ここで注目すべきことは、業務用のエネルギー需要は基本的に昼型、住宅用のそれは夜型であることである^{9,15)}。電力で冷暖房を行うことを考えると、住宅の冷暖房需要の増加は、ある程度電力負荷の平準化に寄与することになる。さらに、現在は2時から3時の間にあるピーク電力発生時刻は業務用と住宅用とが重なる夕刻に移動する可能性もあろう。また暖房需要を電力で賄うことは、図-3で示した冬季の熱需要の一部を電力へ移行させることになり季節間の負荷平準化に寄与するが、もしこれが極端に進行すれば冬季の電力需要が夏季の電力需要を越えることも有り得ることになる。このように、住宅における冷房、暖房、給湯などの使用目的別エネルギー需要の将来動向は都市のエネルギー需要の将来動向を決める一つの鍵を握っている

といえよう。

これまでの議論はエネルギー需要の分布を考慮しなかったが、図-5に示した分布の将来はどのようになるであろうか。これまでもふれたように業務商業は集積がさらに集積を呼ぶというメカニズムを持っているので、業務商業従業者の数が都市全体ではそれほど増えなくても、中心の地区へはさらに集積するものと予想される。文献(7)における将来予測では、大阪の中心地区の業務商業従業者数は1985年時点に比べて将来さらに30%以上増加するとみられている。このようにエネルギー需要密度の高まりという点では業務商業部門の動向が鍵となっていると考えられる。

4. 都市エネルギー供給システム—評価の視点—

一つの都市あるいは都市圏を対象としてとらえるとき、いかなるエネルギー供給システムが望ましいのであろうか。このような評価の問題は、国、電気・ガス事業者、個別の分散型システム導入主体などが複雑に絡み合うため難しい問題である。ここでは表1に示したようないくつかの視点から具体的な評価項目を考えてみる。

まず経済性は当然のことで設備費、維持・管理費、単純償却年数などの具体的な項目が考えられる。ただしこれらは以下に述べる他の評価項目と密接に関係していることは言うまでもない。

つぎにエネルギーの有効利用については、一次エネルギーの投入量、あるいはある基準システム（通常、従来型のシステムが想定される）から測った省エネルギー率が考えられる。太陽光発電のように太陽電池を製造するために多量のエネルギーを必要とする場合が

表1 都市エネルギー供給システム…評価の視点

大項目	具体的項目
経済性	単純償却年数 設備費、維持・管理費
エネルギーの有効利用	一次投入エネルギー 省エネルギー率 ライフサイクルエネルギー
環境排出	NO _x 、SO _x 排出量 CO ₂ 排出量 廃熱排出量(二次エネルギー投入量)
セキュリティ	最大電力 地域エネルギー自給率 不確実性に対するロバスト性
アメニティ	利便性・快適性・都市景観

あるので、製造に要したエネルギーも考慮するライフサイクルエネルギー¹⁰⁾の考え方を導入する方が適当であろう。

環境排出のうち、NO_x、SO_x、ばいじんは局所的であるがCO₂の排出はグローバルな問題である。CO₂の排出量は、CGSが石油火力あるいは原子力などいずれの電源を置き換えることになるのかに依存する、言い替えると商用電力システムの電源構成と運用方針に依存するため、具体的にどの程度削減できるかは必ずしも自明ではない。ヒートアイランド現象の緩和という観点からは、それが限られた地域内での大量のエネルギー消費に基づくものであるため、その地域へ投入された二次エネルギー量が一つの有効な指標となろう¹¹⁾。セキュリティという項目はいろいろな意味を含めて考えている。まず最大電力は需要逼迫を避けるという意味でここに挙げたが、商用システムの供給信頼度を上げ、負荷平準化を図って経済的な設備運用を行うという観点からは経済性にも大いに関係している。

現在の都市では、その使用する電力の大部分を都市圏の外で発生させている。CGSあるいは太陽熱・光利用システムの導入はこの外部への依存性を弱め、地域のエネルギー自給率を向上させることとなる。このことは、地域の住民のエネルギー供給に対する意識の喚起に良い影響を与えるであろう。

ロバスト性は石油等の供給途絶、価格の急変など供給側の不確実性、酷暑や景気等に影響される需要側の不確実性等に対し、脆弱でないシステムであるかどうか

かの視点を表している。CGS用の燃料の供給信頼性が崩れるようなことが起こると、CGSが分担していた電力を電気事業者側が供給しなければならない事態が起こらないとも限らない。その場合供給義務が課されている電気事業者側に過大な設備準備率を要求することになるだろう。

アメニティという項目は、たとえば分散型システムの導入によって、一般消費者の利便性、快適性などが損なわれることがなく、また都市景観上も問題がないよう配慮するべきであるとの立場を表したものである。太陽熱・光利用システムの導入は住宅の屋根の利用を前提としているが、美観を損なわないような工夫も必要であろう。

5. 分散型エネルギーシステムの効果と影響

将来の都市エネルギー供給システムでは分散型のエネルギーシステムが主要な構成要素となるものと考えられる。ここでは将来有望視されている分散型エネルギーシステムを列挙し、それらの導入個所のイメージならびに効果・影響などを表2のようにまとめてみた。

ガスエンジンをういたコージェネレーションシステム（以下ではCGSと記す）は、比較的小規模で、ホテル、病院など熱の需要の豊富な建物単位への導入がイメージされる。熱と電力のバランスのよいところでは現状で経済性が成立するため、ここ数年の間に急激に設置個所が増加しており、全国ではその数769件、容量は約37万kW（ただし民生用、92年9月現在、日

表2 分散型エネルギーシステムとその効果・影響

システム名	導入個所のイメージ	効果・影響	
ガスエンジンCGS	ビル（ホテル、病院、事務所、店舗等）	エネルギーの有効利用 発電効率30%程度	NO _x 、CO ₂ 排出有 騒音・振動対策必要
ガスタービンCGS	地域冷暖房 （業務商業地区）	エネルギーの有効利用 発電効率20数%程度	同上 余剰熱が出やすい
燃料電池CGS	ビル 地域冷暖房 都市近郊発電所	エネルギーの有効利用 発電効率40%程度	NO _x 発生量少ない 天然ガス・メタノール 石油・石炭に対応可
太陽熱給湯システム	一戸建て住宅 集合住宅	簡易。家庭用給湯用に十分。 集熱効率45%程度	環境排出なし
太陽光発電システム	一戸建住宅	昼間のみ。天候に左右される。 変換効率10数%（太陽電池の種類により異なる）	環境排出なし
都市ごみ利用発電・ 熱供給	自治体	都市ごみのエネルギー源化 を可能とする	環境排出有
蓄熱式ヒートポンプ・ 熱供給システム	河川、海岸近辺地区 下水処理施設近辺	都市排熱の有効利用 電力負荷平準化に寄与 投入エネルギーの低減	立地制約有り （基本的に熱供給） 環境排出なし
電力貯蔵システム	都市境界部	電力負荷平準化に寄与	環境排出なし

本コージェネレーション研究会調べ)に達している。CGSの導入によってエネルギーの有効利用は図れるが一方ではNO_x、CO₂の発生や騒音・振動の発生の可能性もあり、これらの防止策に十分留意しなければならない。すでに大都市圏ではNO_xに対する総量規制が実施されており、NO_x排出濃度の削減は最優先の技術的課題とされている¹⁷⁾。

ガスタービンをを用いたCGSの場合は、発電効率がガスエンジンより低いため、地域冷暖房などで、熱の利用を積極的に考えなければならない。環境排出や騒音発生に対する対策も必要である。わが国の大部分の地域は比較的温暖な気候で、図-3から明らかなように中間期に空調負荷が減少するため排熱の利用が十分にできない場合がある。大規模発電所に比べて発電効率は低いので導入に当たっては省エネルギーが達成できるかどうか慎重な検討が必要である。

燃料電池は、ガスエンジン、ガスタービンに比べて発電効率は高く、NO_x、騒音・振動の発生はほとんどない。さらに天然ガス、メタノール、プロパンガス等多様な燃料に対応できるなど優れた特徴を持っている¹⁸⁾。現状ではコストが高く、長寿命化が課題とされているようであるが、これらが克服されれば普及上の制約はないともいわれる。このようなことから建物や地域冷暖房への導入ばかりでなく、電気事業用の都市近郊型発電所としての導入も考えられる。

太陽熱給湯システムは、石油危機直後のような爆発的な速度ではないが徐々に普及が進んでいる。住宅の屋根へ設置すれば、家庭用の給湯需要のかなりの部分をまかなうことができる。一方太陽光発電システムは現状の変換効率(約10%)では六甲アイランドでの実証試験における2kWのシステムが25m²のパネル面積を必要としていることからわかるように、設置できる住宅の数は限られるであろう。しかし両者ともに環境への排出はなく、CO₂排出削減に寄与し得る。発電と集熱をともに行うハイブリッドパネル(ソーラコージェネレーション)の開発が進んでおり、両者を合わせた総合効率で60%以上が達成できるとの報告もある¹⁹⁾。

今後住宅の面積が増加することを考えると、太陽光発電はかなりのポテンシャルを持っている。このことは逆に商用電力システムに取っては天候により変動する不確実な電源を抱えることになり、運用が複雑になるであろう。ピーク電力の削減に寄与することは事実であるが、住宅用の電力需要が増加すると、業務用需要と

重なる夕方には太陽光発電は出力が低下するので、最大電力は太陽光発電の設備能力ほどには削減できないことにもなり得る²⁰⁾。

都市ごみの焼却施設は近畿で200箇所以上あるが、発電設備や熱利用を実施しているところは10%未満である²¹⁾。都市ごみは昭和50年頃にはおよそ1400kcal/kg(低位発熱量)であったものが最近では2000kcal/kgと高カロリー化しており²¹⁾、新しいローカルエネルギー源としてその有効利用を図ることは重要である。熱の利用は処理施設周辺に適当な需要家がなければならないが、発電を行えば、電力をネットワークに注入することにより有効に利用することができる。環境排出が問題となるが最近では天然ガスをごみ焼却炉に吹き込んで再燃焼させ、NO_x等を抑制する方式の開発が進んでいる²²⁾。また、ごみをまず熱分解してクリーン化したガスとし、タービンに導いて高効率で発電する方式が可能²³⁾とされており、将来このような新技術を積極的に活用すべきである。

未利用エネルギーの活用システムとしては、ここでは下水や河川水、海水を利用した蓄熱式ヒートポンプシステムを考えている。これらの熱源は量的には極めて多い²⁴⁾。しかし基本的に熱利用システムであるため配管などのインフラストラクチャを必要とし、熱源プラント設置地点周辺に適当な熱需要のあることが必要である。ヒートポンプについては技術開発が進んでおり、将来的にはスーパーヒートポンプと呼ばれる成績係数(COP)が6以上のものが可能といわれている²⁵⁾。また、蓄熱用の材料の開発も進んでいる²⁶⁾。ヒートポンプの動力源には電力が使用される。このため、電力の消費は増加するが蓄熱を負荷の少ない深夜に行うことができ、ヒートポンプのCOP向上と合わせると、省エネルギーと電力負荷の平準化とが同時に達成できることになる。さらに、都市というある限定された地域へのエネルギーの投入量は他のシステムに比べて少なく済み、問題となっているヒートアイランド現象²⁷⁾を緩和に寄与するなど、好ましい特性を持っているということができよう。

電力貯蔵は負荷平準化に直接的に役立つことはもちろんであるが、必要な時に発電を行うローカルな環境排出のない発電所とみなすこともできる。業務商業に特化した中心地区などで有効に利用できる可能性がある。また、太陽光発電が大量に普及したとき、天候に左右される電力の調整用としての役割もあると考えられる。

表3 分散型エネルギーシステム導入へ向けての制度的対応

項目	分野	政策・手段等の例	目的・影響・効果
需要管理	電気事業	季時別料金制, 適応料金制 直接負荷調整	電力負荷率向上
規制緩和	系統連系	ガイドラインの整備	分散型電源導入促進
	電力市場の形成	自家発向け交渉料金制度 余剰電力販売システム	分散型電源導入促進
規制強化	環境排出の抑制	総量規制 施設種別排出基準	大気汚染拡大防止 都市環境改善
助成措置	省エネルギー	建物省エネ設計助成	需要の抑制
	分散電源導入	CGS普及促進融資制度	エネルギー有効利用

6. 分散型システムの導入へ向けての 社会制度的対応

将来の都市では分散型のシステムが大きな役割を果たすと考えられるが、そのためには、それらの導入を可能とするための諸政策が考えられなければならない。表3はそうした社会制度的対応のいくつかを掲げたものである。

電力の負荷率は低下の方向にあり、電気事業者が需要家の協力により電力の需要を調整し、負荷の平準化を図ること、すなわちロードマネジメントの必要性が増している。これまでも季時別料金制は一部で適用されてきたが、より効果的であるといわれる適応料金制(スポット料金制)²⁹⁾も将来的には導入されている可能性がある。また供給側が需要家のエネルギー使用機器(エアコン・給湯機等)を直接オンオフするような機能を持つ直接負荷調整²⁹⁾を行うことが一般に普及している可能性もある。

分散型の電源は、総合効率や設備利用率の向上を図るため既存の電力ネットワークとの連系を行うことが望ましい。技術面では、連系のためのガイドラインが整備されつつある³⁰⁾。系統連系を行うと、CGSを持つ需要家は電気事業者からの電力購入に対して自由度を持つようになるため、その料金設定にも自由度を導入できることになる。このような、いわゆる交渉料金制度さらには余剰電力の販売のためのシステムについて、社会的に望ましいものをつくるための検討は鋭意進められている³¹⁾。

以上は規制緩和の方向であるが、環境排出に関しては、ばいじん、SO_x、NO_x等について、主として大都市圏で規制は強化されつつある。

需要の発生そのものを抑制するための努力も必要で、すでに様々な助成措置がとられている³²⁾。これらにより住宅の断熱構造化が進み、パッシブソーラハウス等

省エネルギー型建築の普及、業務用建物の一層の省エネルギー化が達成されていくものと思われる。

7. おわりに

都市エネルギー供給システムの構成要素となる分散型エネルギーシステムはそれぞれ望ましいシステムとしての魅力を備えている。しかしながら、都市というある広がりを持った地域を対象とした場合、いずれのシステムもそれ単独では十分ではないであろう。実際図-2で示したように都市では住宅と事務所が建物の大部分を占める。CGSも事務所では省エネルギー効果が少ないといわれる³³⁾。重要なことは、導入の対象となる建物や地域のエネルギー需要特性を考慮し、省エネルギーの達成できないCGS導入や熱供給事業を避け、地域に適合したシステムを選択できるよう十分なアセスメントを行うことと言えよう。また表1に掲げたような多面的な評価を合理的かつ系統的に行うための方法論の開発が望まれる。

節4で種々の評価の視点を述べたが、都市にとっての「最適」なエネルギー供給システムとは一体どのようなものであろうか。都市は常に変化しておりエネルギー供給問題を除いても「最適都市」のイメージは明確ではない³⁴⁾。大規模なインフラストラクチャを必要とする計画は、当面経済性が成立しなくても将来役立つものである可能性もある。これまで需要家はエネルギーの供給について大きな関心を持たずに過ごしてきた。望ましいエネルギー供給システム構築の第一歩は、地域に適合したシステムを慎重に選択することであると言えよう。

参考文献

- 1) 通商産業省編：21世紀エネルギービジョン，通商産業調査会(1986)
- 2) 近畿通商産業局編：近畿エネルギープラン，通商産業調

- 査会 (1991)
- 3) 茅, 鈴木, 中上, 西広: エネルギー新時代. 省エネルギーセンター (1988)
 - 4) 木村: 都市とエネルギー問題, エネルギー・資源, Vol. 10, No. 5, pp.408-414 (1989)
 - 5) 鈴木: 都市と電力・ガス, エネルギー・資源, Vol. 10, No. 5, pp.422-428 (1989)
 - 6) 平田: 未利用エネルギー活用とエネルギー融通システム, 計測と制御, Vol. 31, No. 5, pp.561-565 (1992)
 - 7) (財)大阪科学技術センター: 大阪市におけるエネルギー需要の現状と将来に関する調査 (1989)
 - 8) 大阪市土地利用現況調査 (1988)
 - 9) 川島, 古家, 辻: 日負荷パターンに基づくエネルギー需要モデル, エネルギー・資源学会第11回研究発表会講演論文集3-3, pp. 89-94 (1992)
 - 10) (財)新エネルギー財団: 地域エネルギー導入促進調査 (4), (1991)
 - 11) 山田: エネルギー需要端の将来展望, エネルギー・資源, Vol. 9, No. 4, pp.54-58 (1988)
 - 12) 酒井: 21世紀の民生エネルギー技術, エネルギー・資源, Vol. 9, No. 1, pp.82-87 (1988)
 - 13) 例えば文献1), p.298
 - 14) 室田: 民生用エネルギー需要の特性, エネルギー・資源, Vol. 8, No. 4, pp.325-334 (1987)
 - 15) 辻, 川島: 都市域におけるエネルギーシステム-電力依存型と都市ガス依存型の対比-, 第9回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集7-1 (1993)
 - 16) 科学技術庁資源調査会編: 衣・食・住のライフサイクルエネルギー, 大蔵省印刷局 (1980)
 - 17) 片山: コージェネレーションと環境保全, コージェネレーション, Vol. 7, No. 2, pp.10-12 (1992)
 - 18) 小川: リン酸型燃料電池の商用化, エネルギー・資源, Vol. 13, No. 2, pp.243-250 (1992)
 - 19) 早貸, 水崎: 個人用ソーラコージェネレーションシステムについて, コージェネレーション, Vol. 7, No. 2, pp. 28-37 (1992)
 - 20) 福山, 竹内: 夏季における太陽光発電の導入効果, 平成4年電気学会電力・エネルギー部門大会論文集27, pp. 157-162 (1992)
 - 21) 井上: 都市ゴミ焼却廃熱の利用について, エネルギー・資源, Vol. 13, No. 2, pp.173-180 (1992)
 - 22) 若村: 都市ごみ・天然ガス複合発電, コージェネレーションシンポジウム'92発表抄録集, pp.125-136 (1992)
 - 23) 朴, 中村, 鈴木: 都市ごみクリーン化処理利用高効率地域冷暖房用CGSの評価, 電気学会論文誌B, Vol. 111, No. 6, pp.651-660 (1991)
 - 24) 朴: 未利用エネルギーの種類と特質, 賦存量とその省エネルギー効果, エネルギー・資源, Vol. 13, No. 2, pp. 149-156 (1992)
 - 25) 竹内: スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム研究開発の現状, エネルギー・資源, Vol.11, No. 5, pp.383-389 (1990)
 - 26) 竹内: ヒートポンプとケミカル蓄熱技術について, コージェネレーション, Vol. 7, No. 2, pp.19-27 (1992)
 - 27) T. Ojima: Changing Tokyo Metropolitan Area and its Heat Island Model, Energy and Buildings, Vol. 15-16, pp.191-203 (1990/1991)
 - 28) 西川, 喜多: エネルギー・システムのロードマネジメントと季時別料金制, システムと制御, Vol. 32, No. 1, pp.8-17 (1988)
 - 29) M. Yokomakura: Development of Centralized Load Control System, Pre-print of New Electricity 21, IEA, Tokyo, pp.443-448 (1992)
 - 30) 山内: 系統連系の技術的課題と運用, 第8回コージェネレーションシンポジウム'92発表抄録集, pp. 79-84 (1992)
 - 31) 浅野, 桑畑: コージェネレーターの電力市場算入に関するゲーム理論的考察, 第8回エネルギーシステム経済コンファレンス講演論文集1-4, pp. 19-24 (1992)
 - 32) 野津: 住宅・建築における省エネルギー対策, エネルギー・資源, Vol. 12, No. 6, pp.534-540 (1991)
 - 33) 加藤: 空調システム, 蓄熱システム計画と省エネルギー効果, エネルギー・資源, Vol. 12, No. 6, pp.541-545 (1991)
 - 34) 宇沢, 堀内編: 最適都市を考える, 東京大学出版会 (1992)