

# 都市とエネルギー問題

## Urban and its Energy Problem

木村 宏\*

Hiroshi Kimura

### 1. 序

最近、地球の温暖化、オゾン層破壊による紫外線の悪影響などに対する懸念が世界的な話題として、俄に取り上げられ出した。

前者は大気中炭酸ガスの増加が、後者は成層圏へのフロンの拡散が主原因ではないかと推定されている。

これらはいずれも、以前から一部の専門家が警告していた現象であるが、その確からしさが報道されるにつれて、爆発的に世論が形成されるに至った。

このような事態を招いた原因は、人類の生産あるいは生活行為における物質・エネルギー利用あるいは自然破壊の結果とされている。そのメカニズムのうち、物質・エネルギーの消費は人間社会の文明水準と深く関わるものであることはいままでもない。

しかし、本文は、上記のようにカーレントな状況を特に意識したのではなく、より基本的なエネルギー制御の思想から都市のエネルギー計画に至るまで、幅広く著者の考えを述べようとするものである。

### 2. 都市社会とエネルギー

国土、地域の中でも、社会活動のバックアップとして大規模なエネルギーシステムが存在する都市は、物質・エネルギーの高密度空間となりやすい。

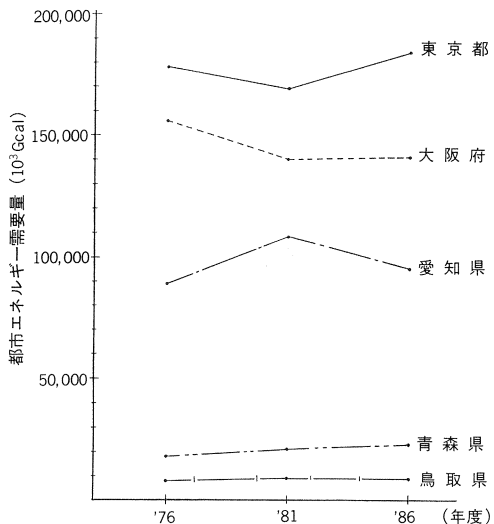
その程度は、国家の経済発展のプロセス、ポテンシャル、あるいは社会的・経済的な成熟状態などによって異なるであろうが、経済的活性度が最大の条件であるのは間違いない。

以下、日本の中・大都市を主に、今日的な都市問題を広義のエネルギー（物質・エネルギー）面から考えて見たい。

個人、企業その他にとっての社会的便益性が誘引力

となって起こる人口、事業拠点などをはじめとする各種要素の都市集中は、それらの活動を支援するためのエネルギーの集積を招く。

特に、大都市圏では、その他の地方に比べてエネルギー需要が顕著に大きく、逐年増大を続ける傾向がある。図-1は代表的な都府県と地方における都市エネルギー需要の推移であるが、都市集中の一面が明確に読み取れる。



電力、都市ガス、LPガス、石油の総合計（民生用+交通用）  
（アーバンエナジー構想の調査研究報告書、6～7、（財）日本エネルギー経済研究所、'88・6より作成）

図-1 都市エネルギー需要量の推移 (例)

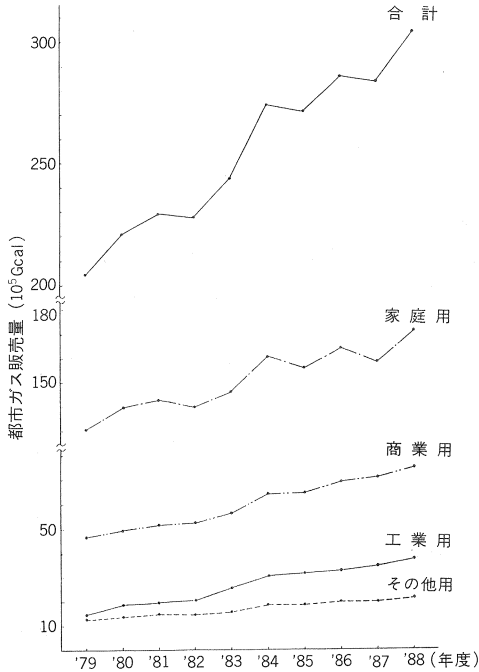
さらに、図-2は東京都内における都市ガス販売量の推移である。冷房、冷蔵、地域暖冷房、コージェネレーション等への販路拡大により、熱源エネルギーとしては伸び率がさほど高くなかった都市ガスが、ここでは10年間に約50%も増加している。

また、同じ都市部においても、都市活動のポテンシャルが高いゾーンでは、エネルギー需要密度も高くな

\* 日本環境管理学会会長

日本大学理工学部教授

〒101 東京都千代田区神田駿河台2-8 瀬川ビル



(東京ガス(株)調査資料, 1989より作成)

図-2 東京都内・都市ガス販売量

ることは想像されるが、図-3に見られるように、東京都内23区の中でも、中心圏のエネルギー密度は周辺に比べて著しく高いことが解る。

高密度なエネルギー消費は、その結果として汚染物質の排出による環境悪化はもちろん、大量の熱エネルギー放出によってヒートアイランドの形成、気流の変

化など気候改変も招く。

エネルギー消費が環境へさまざまなインパクトを及ぼすことは、今や常識となりつつあるが、僅々20~30年前までは意外にこれが理解されていなかった。

都市環境問題に都市のエネルギーバランスからアプローチした試みとして、横浜市が実施した研究<sup>1)</sup>がある。

都市環境行政の中でこのような視点から行われた研究は、世界にも前例がなかったのではないかと思う。

さて、現在大都市では土地不足に起因する地価の高騰から、空間の効率的利用が一段と進んでいる。すなわち、都市の多くで面開発のほか、空間の立体的利用、例えば、施設、建築物などの高層化、多層化などが促進され、大深度地下空間利用も計画されている。

しかし、都市空間の高密化には水を含む各種エネルギーの供給や下水・廃棄物処理等の面からもさまざまな制約があり、さらに防災対策も大きな問題となる。

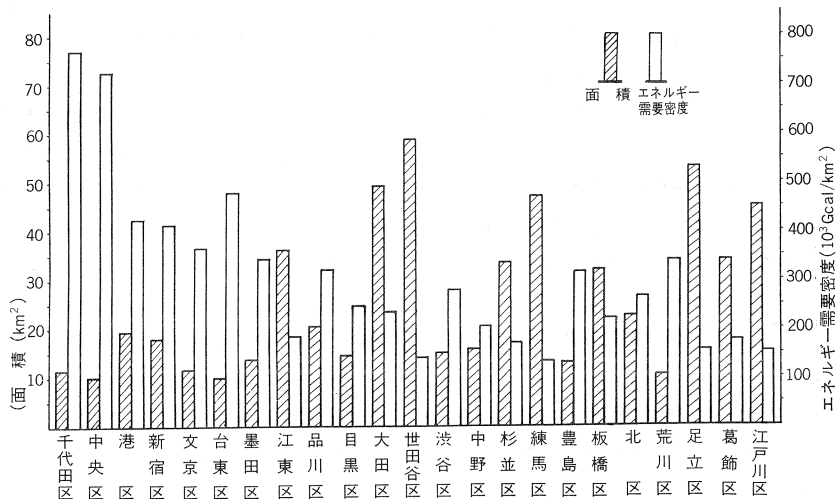
簡単には解決できない課題が多いはずであるが、先を急ぐあまり、環境管理問題の検討が不十分なまま開発が行われることも考えられる。

さらに、経済面から見ても、直接、間接にさまざまな不経済が発生する可能性がある。

環境における不経済性は、居住条件や交通問題を初め、生産諸活動の能率低下、劣化した環境からの生活防衛費の増加等々多方面に及ぶ。

また、エネルギーや情報を中心とする種々のシステムのセキュリティ（防災、防犯など）についても、対策可能な限界を超えた状況が出現する恐れがある。

都市の上部構造だけでなく、下部構造における災害



(アーバンエナジー構想の調査研究報告書, 9, (財)日本エネルギー経済研究所, '88・6より作成)

図-3 東京都・区別エネルギー需要密度

要因の内蔵についても十分な配慮が必要である。

これらの問題をどう解決するか、行政、企業等の責任が問われるところであろう。

もともと、日本の都市は、過去の跡始末が終らないうちに、新たな問題を抱え込んできたところがあるが、これは都市集中現象への有効な対策が確立できなかったからであろう。

中でも、過去の都市行政における最大の欠落要因はエネルギーの視点からの配慮であった。

エネルギー需要と、消費の結果としての環境インパクトを無視したバランスの悪い施策が、多くの環境問題を招いたといっても過言ではなからう。

環境問題は、とかく手遅れに近い状況が発生しないと、住民など一般の認識が得られないことも多いが、行政は先行的に手を出さないというのも従来のパターンである。

都市環境は、その潜在的形成要因としての都市利用者に影響されるところも大きく、したがって、彼らの環境保全意識に依存しなければ解決が困難な問題は多い。

とかく問題が発生しやすい都市を利用するからには、個人、集団を問わず、それぞれが守らねばならない規範や、ある程度耐えねばならない状況がある。

当然、物質・エネルギーの消費と排出についても自己規制が必要であるが、廃棄物問題などはその代表的な事例であろう。

### 3. 環境とエネルギー制御

#### 3.1 環境エネルギー論

環境はあらゆるエネルギー変換の場であり、環境におけるすべての事象はエネルギー変換の過程として捉えることができる、というのが著者の「環境エネルギー論 (Enviro-Energetics)」である<sup>2)</sup>。

適正な環境を形成し、これを維持するためには、このエネルギー変換がより有効に行われ、無効分が極力少なくなるように変換システムを組まねばならない。

そして、人間が関与するシステムには、このエネルギー変換過程に形而上、形而下の概念を導入する必要がある。

もともと人間の思惟と行動とは、精神的状況（形而上）と物理的状況（形而下）のエネルギー変換過程であるから、人間を対象とする環境では形而上の観点を設定せざるを得ない。

社会におけるエネルギー変換のメカニズムは非常に

複雑ではあるが、これを①物理・化学系、②生体（バイオ）系、③社会系の三つに大分し、それぞれにエネルギー変換システム（コンバーター）としての機能を設定する。

①は、周知の機械的・電氣的・化学的メカニズム

②は人間その他の生物、植物、微生物などの生存・成長メカニズム

③は人間社会の便益のために存在する各種施設、例えば建築物、都市施設その他の社会的機能などである。

これらについて、必要なコンバーター機能を計画することが必要になる。

これらの機能は、すべてシステムのエネルギー変換効率で評価される。

例えば、あるシステムに投入されたメンタル（精神的・心理的）なエネルギーがいかに有効に、期待するフィジカルな状態に変換されたか、また投入されたフィジカルなエネルギーがいかに良いメンタルな結果を生じるか、ということである。

システムを組むことができれば、抽象的な問題でも経済スケールでの評価に変換することが可能とならう。

#### 3.2 エネルギー制御

オイルショック当時、日本では国家的施策としてエネルギー節約（省エネルギー）の方針が示されたが、これはエネルギー消費に関する事実上の規制である。

当時のエネルギー事情は厳しいものではあったが、国民生活に必要なエネルギー消費レベルを、今後どの辺に設定すべきかの議論は行われていない。

しかし、種々のエネルギーシステム利用がほぼ平準化している日本の場合、抑えるべきポイントはむしろ定めやすいかもしれない。

かつて、横浜市エネルギー対策技術研究会（1980～1981、座長・木村宏）において、市民の生活用エネルギー消費レベルに関し、シビルマキシмум、シビルオプティмумがあるべきではないかという議論があった。

一時期流行したシビルミニмумと対比的に使った言葉である。シビルミニмумはボトムアップ感覚であるが、このシビルマキシмум、シビルオプティмумはトップダウンと適正化を意味した。

適正なエネルギー消費レベルとはいかなるものか、という問題は別として、ガイドラインはあってもよいのではないか、というものであった。

私権の制限、人間の基本的欲求の制約、といった厳しい批判の対象になりかねない問題ではあるが、個人

の裁量に委ねられるものならば、現状でもある程度は納得してもらえそうなことである。

一方、地球規模での環境保全をめぐる一連の議論の中では、生産活動の抑制によるエネルギー消費削減論も聞える。

エネルギー多消費型産業などにおけるエネルギー削減は、生産システムの高効率化を主とする省エネルギーによるものであろうが、もちろん、その程度のオーダーでは間に合わないという見解はある。

また、生活エネルギーの削減は生活の質に影響する基本的な問題なので、最終的には生活観の転換、社会規範の見直し、新たな価値基準の模索などを含めた検討が大きな課題となろう。

いずれにしても、今後は環境とエネルギーを一体で扱う環境管理思想に基づく、総合的な社会政策が求められるのではなかろうか。

その時は、人文・社会科学領域と自然科学領域の、密接な協働が前提となろう。

特に、エネルギー依存の方向へますます傾斜する今日の社会状況に、従来の社会科学が十分に対応できないとすれば、領域の再編成による新たな学問的枠組みが必要とされよう。

このように根本的な改革なしには、エネルギー問題も、結局は一時の物理的処置で片付けられ、将来同様なことを繰り返す可能性がある。

#### 4. 日本の環境・エネルギー問題

##### 4.1 環境問題

第2次世界大戦終結後の壊滅的な状況から今日の姿まで日本を立ち直らせたのは強大な民力エネルギーあり、これが工業生産システムの急速な復興にも結びついたと言えよう。

その中で、最も急激な経済発展期として知られているのが、1965年代から1975年代にかけての、高度経済成長期であった。

この時期、環境管理思想の欠落した生産プロセスや都市活動が環境破壊をひき起こし、多大の社会的損失を招いた。

しかし、経済発展と環境汚染という背反的状况に遭遇しても、日本人はこのジレンマからの脱出技術を次々に開発し、さまざまな公害問題を解決してきた。

ただ、それは特定汚染源及び比較的対策を講じやすい汚染発生システムが主であり、周知の通り、自動車排気あるいは生活系排水など不特定多数の生活密着型

といえる汚染源によるものについては、いまだに環境基準すらクリアできない状況がある。

これらの環境破壊は、環境容量を超えた物質・エネルギー投入の結果である。

##### 4.2 エネルギー問題

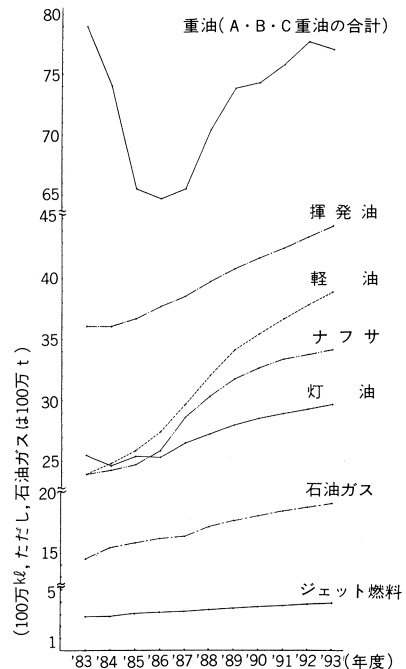
1973年、世界を震撼させたオイルショックは、それまで無定見にエネルギーを消費してきた先進諸国に厳しい教訓を与えた。

この時期、各国におけるエネルギー節約意識は急速に高まり、生産、生活面などで省エネルギーシステムの開発が進んだ。

日本でも、既存システムの省エネルギー化改善のほか、太陽熱、地熱をはじめとする種々のソフトエネルギー開発、ごみ焼却等廃棄物処理プラントの排熱利用、廃棄物の資源化などに関する研究開発が官民挙げてのプロジェクトとして行われた。

周知の通り、その後、エネルギー多消費国における速やかな省エネルギーの進行や産油国間の政策対立などで、石油の需給バランスが変化した。

その結果、現在では比較的安価な石油の入手が容易となり、そのため、先進諸国民のエネルギー節約意識



1989年度石油連盟資料より作成。1989年以降は内見通しを示す。

図-4 石油製品内需の推移

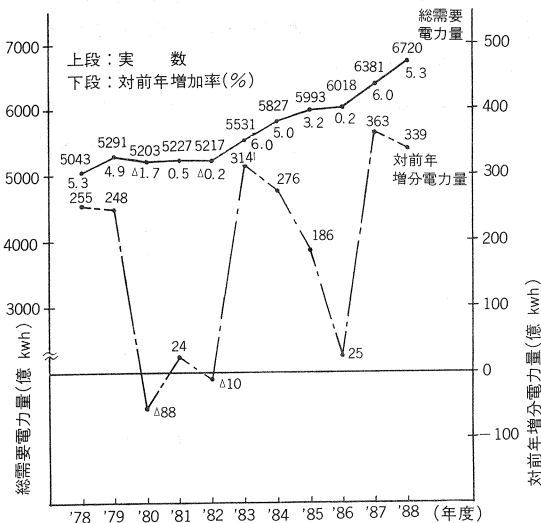
も次第に低下して、現在の状況に至っている。

日本の場合も、産業用、民生用共、多くのエネルギー利用システムなどで省エネルギーが進み、エネルギー消費の伸びは鈍化した。

しかし一方では、生活水準の向上が民生用エネルギーの消費を推し上げていることもあって、トータルとしてのエネルギー消費は、総合エネルギー統計<sup>5)</sup>にも見られる通り、1976年移行若干の増減を経て、1983年からは再び増加の傾向に転じている。

図-4は石油製品内需の推移予想、また図-5は総電力需要の実績値であるが、電力需要の伸びは著しい。

現在、世界の石油資源は主に中東、ソ連、アメリカ、メキシコ、アジア、アフリカ等に存在しているが、石油エネルギーのほとんどすべてを海外に依存する日本にとって、産油国の資源ナショナリズムは、変らぬ静かな外圧となっている。



(出典：東京電力㈱資料，1989・1)

図-5 総需要電力(全国)の推移

## 5. 都市エネルギー計画

### 5.1 都市エネルギー

フィジカルな都市環境の悪化を防ぐには都市環境容量とバランスしたエネルギー利用が前提となる。

そのためには環境計画と連動するエネルギー計画が必要である。

1960年代初期に著者はこれを提案したが、その際、都市エネルギー、都市エネルギー計画、都市設備、都市環境計画、都市環境工学、といった用語を使用した。

この都市エネルギーとは、次のものを指し、通常物質系で扱われている水も含む。

①都市活動を支えるために投入されるあらゆるエネルギーと物質

②都市活動の結果排出された無効分としてのエネルギーと物質の中で、回収・再利用が可能なもの

③回収・再利用が困難または不可能な排エネルギーと排出物を処理・処分するために必要とされるエネルギーと物質

現実に環境問題を扱う際、エネルギーと物質は、その変換、移動、蓄積、そして環境へのインパクトなどにつき、連行性が高い。

日常的な諸現象や、そのほか輸送システム、各種産業工程等のプロセスでも、物質を連行するエネルギーの移動や変換は多い。

そこで、物理学的には正確でないが、エネルギーと物質を広いエネルギー概念にまとめたマテルギーという用語も提案した<sup>2)</sup>。

### 5.2 都市設備

近代都市では、その活動に必要な物質・エネルギーの供給あるいは排出物の処理などが、それぞれ特定の任務を持った施設(プラント)を介して行われる。

それらは都市活動成立の支援要素として、正に不可欠な重要施設でありながら、都市計画の中では長年、従属的な立場におかれ、種類によっては社会的な迷惑施設、障害施設という扱いを受けている。

著者はこのような施設に都市設備という名称を与え、近代都市成立のための必須の機能として都市環境システムの中に明確に位置づけた。

都市設備の定義は次の通りである(当初の文言は若干修正されている)。

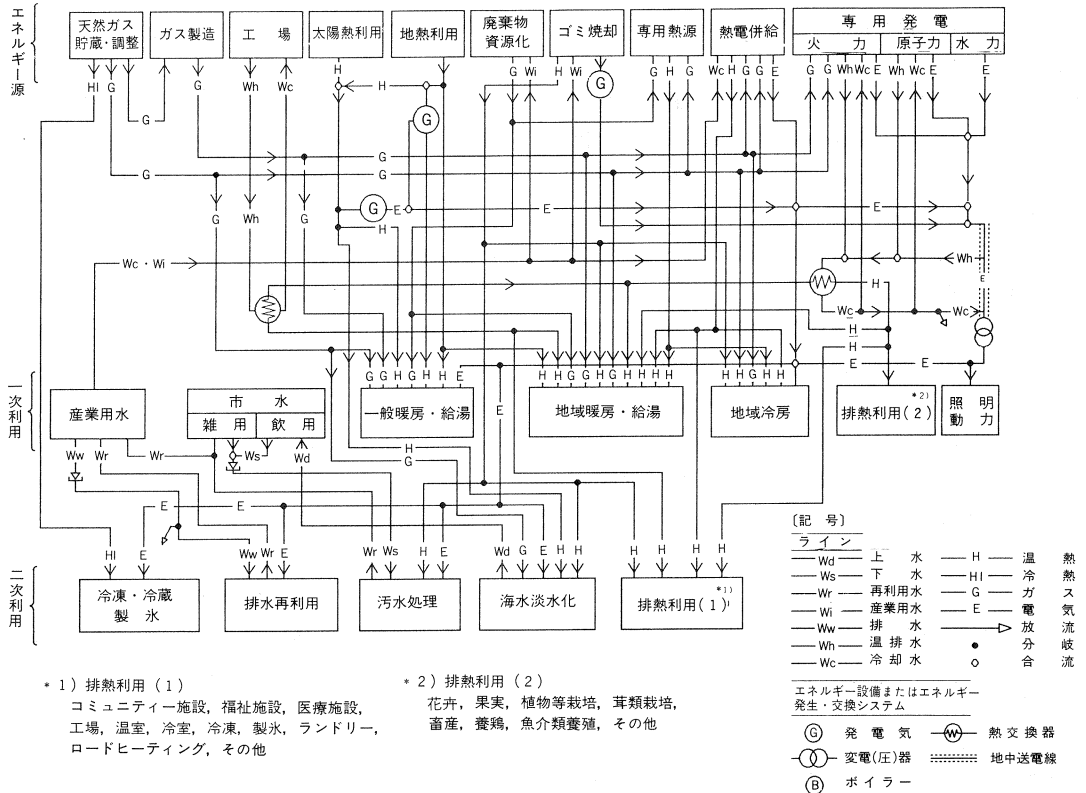
「都市設備とは、都市の社会・経済的成立とその運営に必要なマテルギーの生産・輸送・供給・変換・排出・処理を行うためのシステムを言う。このシステムには各種の供給・処理施設(プラント)、マテルギーの輸送回路などを含む」。

当然、この都市設備が都市エネルギー計画の重要なベースとなる。

### 5.3 都市エネルギーの合理的利用

図-6に都市エネルギー計画におけるエネルギー利用の基本フローを例示する。これはごく一部を手直ししたほかは、ほとんど原形のままである。

都市エネルギー計画の目的は、①都市域におけるエネルギー利用を合理的化するためのネットワーク造り、



- \* 1) 排熱利用 (1)  
 コミュニティー施設, 福祉施設, 医療施設,  
 工場, 温室, 冷室, 冷凍, 製氷, ランドリー,  
 ロードヒーティング, その他
- \* 2) 排熱利用 (2)  
 花卉, 果実, 植物等栽培, 茸類栽培,  
 畜産, 養鶏, 魚介類養殖, その他

(注) このフローダイアグラムは現状を勘案して作成したもので, 将来は他のエネルギー源 (例えば海洋, 風力, 変電所・下水処理施設・地下鉄・地下街の排熱等) とエネルギーフローが加えられる可能性もある. 1960年代に作成したもののなかから, 当面実用化が遅れそうなもの (例えば水素エネルギーなど) を除いた.

図-6 都市エネルギー利用のフロー

②各プラントのエネルギー容量 (供給・消費・処理能力) の常時掌握, ③各プラント (都市設備) 間のエネルギー融通の可能性, ④そのためのプラントロケーション計画の判断資料提供, ⑤廃エネルギー量低減のための, エクセルギー価値に応じたエネルギーの徹底利用, ⑥これらの措置による都市全体としてのエネルギー投入, したがって消費量の削減, である.

すなわち都市エネルギー計画は, エネルギー利用における経済性を高めると同時に, 環境劣化を抑制するためのものである.

このフローを下敷きに, 都市固有の条件を加味し, エネルギーの賦存状況, 必要量, 利用形態などに応じて都市設備やラインの特性変更, 設定・削除などを簡単に行うことができる.

都市エネルギー計画は, 究極的に都市環境保全を目指すものであるが, 過去の都市計画関係者はエネルギー問題に疎かったため, エネルギーの有効利用はもと

より, 環境計画との連動などは考慮しなかった.

日本では今でも状況がほとんど変わっていないが, プラントロケーションが適切なため, エネルギー利用効率が向上している事例は, 欧米には古くからある.

現在, 日本でブームとなっているコージェネレーション方式の出発点がそれである.

欧米では, 都市型発電所での熱併給システムによる地域熱供給が古くから行われている.

ただしこれには, 需要家の確保が前提となり, そのためにも都市計画的検討が必要である.

また当然, 長期のインフラストラクチャ整備計画と, これに伴う先行投資がなければならない.

日本でも小規模ではあるが, 近年, 都市エネルギー計画的なコンセプトが入った小規模な建設事例が幾つかある.

なお, 約10年ほど前の我々の研究で, 計算上ではあるが, 次のようなことが判っている.

すなわち、ある地域に新規に立地する施設群につき、1日のエネルギー消費特性（時間帯別エネルギー消費曲線で示される）の異なるもの（例えば、住宅、店舗、事務所等）の規模配分を検討し、それらの組み合わせを工夫することにより、地域全体としてエネルギー消費のピークを引き下げ、エネルギープラント容量の縮小や省エネルギー化をはかることができる。

これは、地域計画担当者の理解度によっては可能なエネルギー経済化計画であろう。

日本ではまだ実行の目途も立たないが、都市エネルギー計画の最終目標は都市環境計画との連動である。

そこで、都市エネルギー利用のフロー図作成と同時に、地域・都市における環境計画とエネルギー計画を併行的に検討するための基本概念をフロー化してみた（これは現在、改訂作業中である）。

## 6. 結 語

以上、多分に抽象的な環境論の混在した論となったが、これまで物理サイドに力点が置かれていたエネルギー問題にも、社会環境的な側面としてメタフジカルな要素が入ってよいのではなかろうか。

都市のエネルギーについては特に、社会的諸問題を含めた環境管理の視点で問題を捉える必要があると考えられる。

最後に、望ましい今後の都市は、質の高い環境管理

機能を備え、かつ良質な環境レベルを長期にわたって維持するための適切なメンテナンスシステムを持つことが条件となろう。

今回のように、地球環境問題の大合唱の最中では、執筆のしにくさがあったのは事実であるが、内容の不十分な点につき、諸先生の忌憚ない御批判を賜りたいと思う。

## 謝 辞

本稿を作成するにあたり、資料収集については東京工業大学の藤井修二助教授、垂水弘夫助手の御協力を得た。また、作表、作図に関しては読売東京理工専門学校の中村孝之講師に協力していただいた。

ここに記して感謝の意を表したい。

最後に、執筆の機会を与えて下さったエネルギー・資源研究会に厚くお礼申し上げる次第である。

## 参 考 文 献

- 1) 横浜市公害対策審議会・環境エネルギー部会（部会長・木村宏）；横浜市のエネルギーバランスはいかにあるべきか（1976.6），横浜市。
- 2) 木村宏編著；環境管理，コロナ社（1979.5），1～46。
- 3) 岩波書店編；現代都市政策Ⅷ・都市の装置（1973.7），119～142。
- 4) (財)日本エネルギー経済研究所；アーバンエナージ構想の調査研究報告書（1988.6）6～10。
- 5) 資源エネルギー庁長官官房企画調査課編；総合統計・昭和63年版（1989.3），通商産業研究社，347～355。

