

(39) 都市におけるエネルギー消費構造の国際比較

International Comparison of Energy Consumption in Urban Area

一ノ瀬 俊明*・花木 啓祐*・松尾 友矩**

Toshiaki ICHINOSE*, Keisuke HANAKI*, Tomonori MATSUO**

ABSTRACT; Concerning the energy consumption structure in urban areas, cities in several countries were analyzed by unified standard and their characteristics were compared and discussed. Analysis by published statistics clarified the characteristics of the energy consumption in each sector or type of fuel in each city. The difficulty in the comparison of unit energy consumption based on economical indices was noticed. The urbanization increases the energy consumption in developing countries, while it decreases it in developed countries, according to the difference of the life style between urban and rural area.

Additionally, the relationships between the heating degree month and the unit energy consumption in the household sector was compared between China and Japan. The difference of impact for human activity by the global warming between both countries were clarified.

KEYWORDS; energy consumption structure, urban area, international comparison, published statistics, impact by global warming

1. はじめに

1. 1 序

地球温暖化に際しては、人間活動の集中する都市において多くの影響が出ることが懸念される。とりわけエネルギー消費活動と温暖化との相互作用の定量的評価が急務となっている。エネルギー消費に関しては、社会としての人間活動が直接反映される都市単位のようなスケールでは定量的なデータが少ないため、都市活動とエネルギー消費の関係が捉えられておらず、エネルギー問題への対策がたてられにくくなっている。地球温暖化抑止のための化石燃料消費制約に当たってはエネルギー利用の集約化が必要であり、都市スケールでのエネルギー消費の定量化は急務である。

一方エネルギー消費活動に伴う人工排熱は、アスファルト等地表面の人工的な被覆と並んでヒートアイランド現象等都市特有の局地気候に寄与しており、最近では数値シミュレーション¹⁾でもこのことが裏付けられている。都市におけるエネルギー消費構造の解明は、地球温暖化のみならず都市気候や都市開発の環境インパクトといった視点からも重要といえる。

また、都市のエネルギー消費は第一義的には都市活動に依存するわけであるが、その都市が属している国家の経済・社会条件によっても複雑な影響を受け、エネルギー問題への対応も一概ではないと考えられる。加えて人口や経済活動の集積、広域化等都市の発展段階に応じてエネルギー消費形態にも変化が予想される。

* 東京大学先端科学技術研究センター (Research Center for Advanced Science and Technology, The Univ. of Tokyo), ** 東京大学工学部都市工学科 (Dept. of Urban Engineering, The Univ. of Tokyo)

エネルギー消費構造と都市構造、都市気候、さらには経済・社会条件とを関連づけ、これらを包括的に解析するためにも、都市のサンプルを国際的に収集・比較することが必要と思われる。

本研究では都市におけるエネルギー消費構造について、中国等諸外国の都市と日本の都市とを同一の手法で解析し、その特徴についての比較検討を行った。また都市のエネルギー消費構造分析をベースに、地球温暖化が都市生活に与える影響についての評価を試みた。

1. 2 過去の研究例

平松ら²⁾は、都市におけるエネルギー消費量の推計手法を確立し、さらに推計されたエネルギー消費量と都市の特性指標との比較検討を、日本の7大都市に対し地域別のデータを用いて行い、都市のタイプがどの程度エネルギー消費に関係するかを明らかにすることを試みた。この結果、都市によって消費部門や燃料種のシェアに特徴が伺えることや、エネルギー消費のデータを入手せずに都市の各種統計等のみからエネルギー消費量を推定するには、都市の社会・経済条件及び規模の類似が必要であること等が明らかにされた。

一方エネルギー消費に関する研究には様々なものがあるが、都市におけるエネルギー消費構造の国際比較を扱った研究は極めて少ない。Kalma et al.³⁾は、Hong KongとSydneyにおいて各部門のエネルギー消費原単位を比較しており、本研究と同様の解析を行っている。また井村⁴⁾は産業連関モデルによるエネルギー収支勘定分析に基づき、直接のエネルギー消費のみならず、財やサービスの形で間接的なエネルギー消費を考慮する必要性を明らかにした。またアジア諸国の成長に伴うエネルギー消費構造の変化についても考察し、都市部と農村部の格差の拡大等を指摘している。林⁵⁾は交通インフラストラクチャの整備等、都市の土地利用・交通政策によるエネルギー消費の削減手法について議論している。

2. 解析手法

本研究では発展途上国として中華人民共和国とタイ王国を取り上げ、それぞれの首都である北京とバンコクを中心にそのエネルギー消費構造を東京と比較した。また、発展途上国内部での都市部と農村部との比較を行った。さらに、先進国でありエネルギー消費大国であるアメリカ合衆国や、寒冷な気候故下水の熱や清掃工場の排熱等いわゆる未利用エネルギーの活用が進んでいるスウェーデン王国等のエネルギー消費構造についても解析した。

一方、都市のエネルギー消費構造は経済・社会条件のみならず気候条件にも依存するものと思われる、これについては、日本と中国における気候条件の異なる多くの省や都市のデータを比較することで検討を行った。

本研究における資料としては、既存の統計資料等を収集し、これを用いている。

3. 都市におけるエネルギー消費構造の分析及び国際比較

3. 1 北京と東京のミクロな比較

平松ら²⁾が日本国内の都市におけるエネルギー消費量推計に用いた分類と可能な限り同様の分類に従い、将来二酸化炭素の大きな排出源となるであろう中国の諸都市（省）のエネルギー消費量を推計した。また、北京（北京市）等中国の都市と東京（東京都区部）等日本の都市との間でエネルギー消費構造の比較を行った。北京のデータとしては「中国統計年鑑」（中国・国家統計局編）等の統計資料並びに中国国家計画委員会能源研究所作成・北京地区能源実物量平衡表⁶⁾を用い、東京等については平松ら²⁾のデータを用いた。対象年次は北京が1988年、東京等が1989年である。

中国の場合エネルギーは計画的な供給（配給制）が行われているため、需要ベースと供給ベースの両面からデータを照合しなくともよい。またエネルギー消費量のデータもあらかじめ部門（業種）毎に集計された形で提供されており、日本²⁾のような煩雑な作業を要しない。しかし北京市自体は日本の東京都に当たり、厳密には東京都区部と比較すべきではないが、北京市における人口・面積の集計単位が一致せずエネルギー消費原単位の評価が困難であることや、エネルギー消費量そのもののデータが市全体のものしか収集できな

かったことによりやむを得なかった。なおエネルギー消費量は完全燃焼時の発生熱量で表現される。公式に用いられている発生熱量への変換係数には、日中両国の間に多少の相違が見られるが、これは品質や燃料種分類の相違によるものと思われる。

まず、都市の総エネルギー消費量では北京 (Fig.1) , 東京 (Fig.3) とともに135Pcal/年前後、夜間人口1人当たりでも東京の約17Gcal/人に対し、北京では約13Gcal/人であり、ほぼ同じオーダーとなる。中国と日本ではエネルギー消費部門の分類が異なるため、以下においては必要に応じ対比される中国の分類を括弧にて並記する。

部門別消費量を見ると、東京では業務・その他部門が約4割、交通部門が約3割というウェイトであるが、北京では工業をはじめとする物質生産部門（第一次産業及び建築業を含む）が約6割と突出しており、政治都市でありながら工業都市の性格を示している。また燃料種構成を見ると、東京 (Fig.4) では電力、ガス、ガソリン類（軽油を含む）がそれぞれ2～3割を占めているが、北京 (Fig.2) では石炭が5割以上を占め、石炭依存型の消費構造が伺える。家庭（生活消費）部門においては、東京では主に電力やガス、北京では石炭に依存しているが、業務・その他（商業・事務等）部門、製造業（物質生産）部門では燃料種に若干の多様化が見られる。さらに中国では自動車の普及が遅れているため、北京における交通運輸通信部門の割合は

わずか4%程度と非常に小さい。これら両都市の間では都市あるいは社会の発展段階に相違が見られ、それが各部門や各燃料種のシェアにも反映しているものと考えられる。加えて燃料種の組成から、北京の方がエネルギー消費を通じて二酸化炭素や硫酸酸化物を排出しやすい構造になっているともいえる。

次に関連人口当たりの部門別エネルギー消費原単位（家庭及び交通部門では夜間人口当たり、それ以外では従業員数当たり）をFig.5に示す。交通（交通運輸通信）部門を除けば、工業技術や社会の発展段階の相違にも関わらず両都市の差は意外にも小さいが、北京の場合は従業員数が多いこととエネルギー効率が悪いことが相殺し合い、見かけ上商業・事務等部門と物質生産部門において東京に近い値になっている可能性もある。交通運輸通信部門については北京が東京の約1割となっており、他の部門ではそれほど大きな差がないだけに、北京における交通基盤の脆弱さは顕著である。

さらにもう一つの指標として、経済ベースの原単位を北京と日本の6大都市（札幌、横浜、名古屋、大阪、神戸、福岡）との間で比較した (Fig.6) 。北京の場合生活消費部門は国民収入、その他の部門では社会総産値を基準とし、日本の場合もそれに準

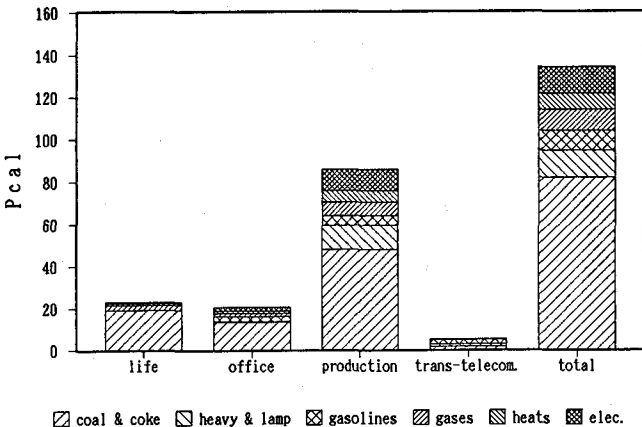


Fig.1 Energy consumption in each sector in Beijing (1988)

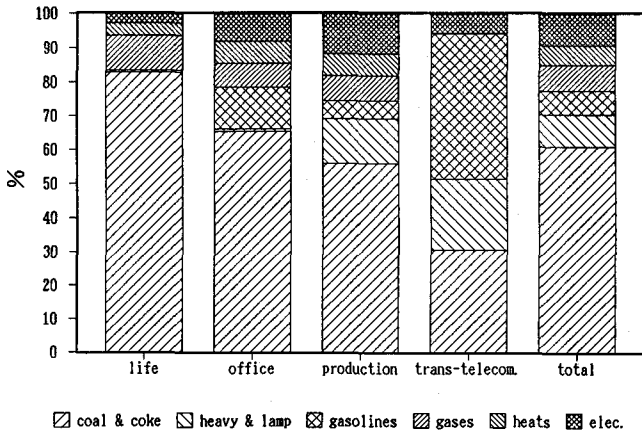


Fig.2 Share of energy consumption in each sector in Beijing (1988)

ずる値（部門別地域総生産額等）を用いた。単純に外貨の公定レートで日本円に換算すると、各部門とも北京の方がはるかに高い値になってしまうが、その一因として人民元の価値を過小評価していることが挙げられる。給与水準や物価を考慮して公定レートを補正する必要があるが、一般に国民1人当たりのGNPの比などが補正係数としては適当と思われるが、ここでは便宜的に人民元の実質価値を20倍とした場合の試算を図示した。商業・事務等部門を除いては日本の都市よりもむしろ小さな値となり、少ないエネルギー投入でより大きな生産を上げていることが伺える。この種のエネルギー消費効率の比較は容易ではないが、都市活動を反映する商業・事務等部門が北京では日本の都市に比べ未発達であることは確かであろう。

3. 2 バンコクを加えたマクロな比較
さらにタイの首都であるバンコク市（BMA: Bangkok Metropolitan Area）とバンコク首都圏（BMR: Bangkok Metropolitan Region, バンコク市と周辺の6県を含む）を解析対象に加えた。対象年次は統計の種類により前後1年のずれがあるものの1988年を基準としている。

まずバンコクと北京、東京の3都市を取り上げ、エネルギーの部門別・燃料種別消費量と構成比、人口、面積、経済をベースとした原単位の比較を行った。Tab.1にこれらの都市・地域における年間エネルギー消費量と各種都市指標をベースとした原単位を示す。総エネルギー消費量については、バンコク市は北京市や東京都区部の半分以下であるが、人口1人当たりの原単位では3都市の間にそれほど大きな差は見られない。北京の場合は工業地域が対象地域に含まれているため、物質生産部門によるエネルギー消費が原単位を引き上げているものと思われるが、バンコクの場合工業地域は主に郊外に立地しているため、原単位としてはバンコク首都圏の方が高くなっている。

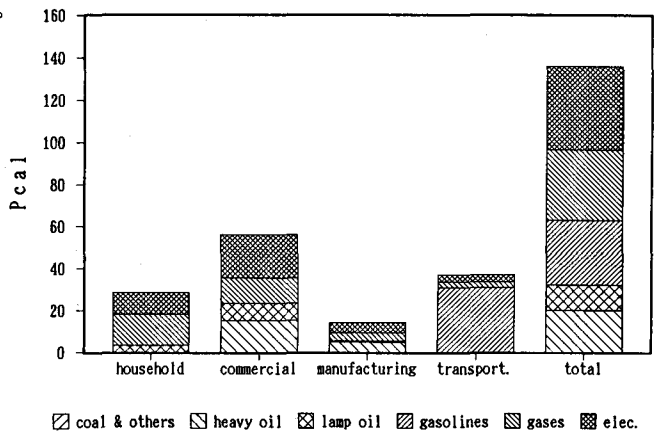


Fig. 3 Energy consumption in each sector in Tokyo (1989)

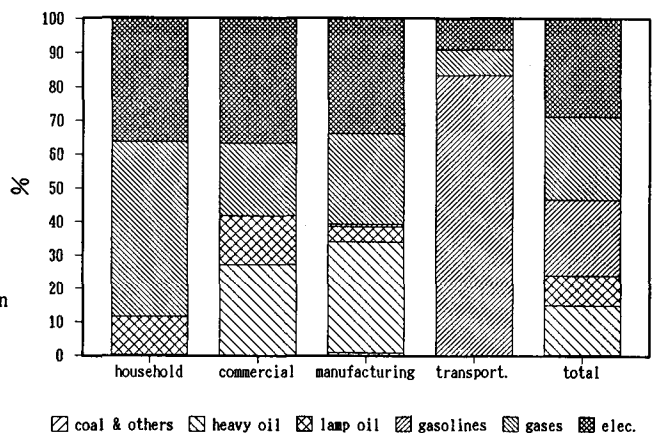


Fig. 4 Share of energy consumption in each sector in Tokyo (1989)

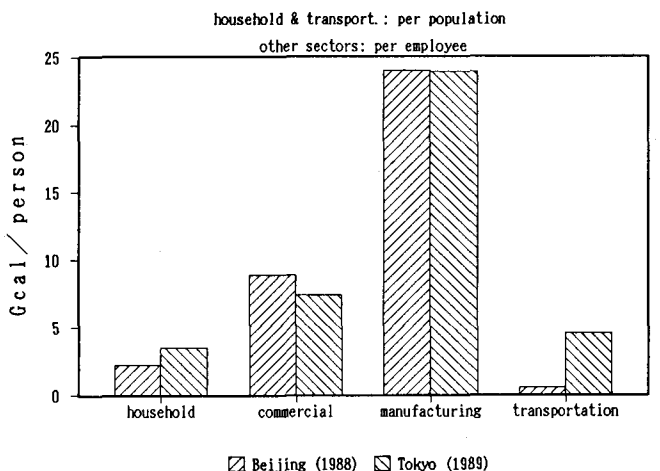


Fig. 5 Comparison of unit energy consumption per populational index (Beijing & Tokyo)

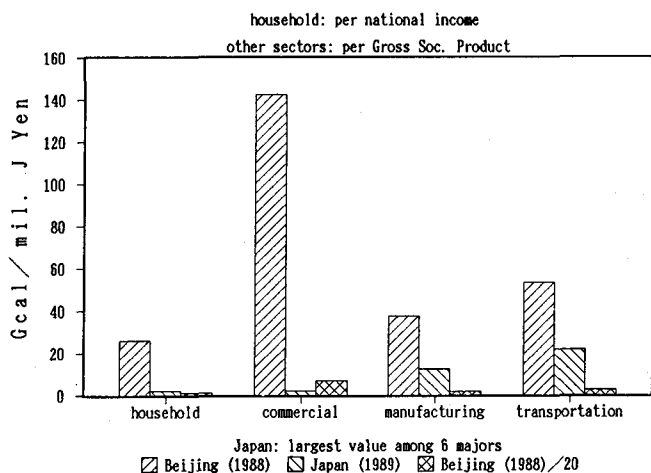


Fig. 6 Comparison of unit energy consumption per economical index (Beijing & Japan)

部と農村部との違いが明瞭であることが示唆される。

バンコクの場合は家庭部門と業務部門が民生部門として不可分である。これら3都市の間には都市や社会の発展段階に相違があり、それがエネルギー消費量のシェアにも反映しているものと考えられる。

バンコク市については製造業の比率が北京と東京の中間的な値であり (Fig. 8, cf. Fig. 1, 3), 中国に比べ都市が発達していること、重工業ではなく農業ベースの産業や繊維工業が製造業の主体となることが考えられる。またバンコク市では交通部門の比率が約4割と非常に高く、石油への依存率も約8割に及んでいるが、これは交通以外のエネルギー消費活動が少ないことが原因として考えられると同時に、バンコクの深刻な自動車交通大気汚染の問題を裏付けている数字ともいえよう。

3. 3 エネルギー多消費国・アメリカの例

アメリカの家庭部門における人口1人当

一方経済に関する指標として地域総生産額等に対する原単位を比較すると、北京が東京の30倍程度であるのに対しバンコクでは8倍程度に留まっている。なお単位面積当たりの原単位については東京が極めて大きな値を示しており、高密度な都市活動を反映している。北京の値が極めて低いのは、前述のとおり領域設定の仕方によるものである。中国・チチハル市の例 (Fig. 7) においても、市全体に比べコアの部分では人口1人当たりの原単位が3倍程度であり、これに人口密度の差を考慮すれば北京と東京との差は縮まるものと思われる。タイの場合はバンコク市、バンコク首都圏、タイ全土という順序でこの値は小さくなり、都市

Tab. 1 Comparison of the energy consumption structure

	Energy Consumption (Pcal)	per capita (Gcal/person)	per GDP (Gcal /mil. J Yen)	Density (Tcal/ha)
Beijing	134	12.9	153.0	0.080
BMA	57	10.0	30.9	0.360
BMR	102	12.0	44.1	0.090
Thailand	171	3.2	37.0	0.003
Tokyo	136	16.8	4.9	2.220

Beijing: Beijing Municipality, 1988
 BMA: Bangkok Metropolitan Area, 1988
 BMR: Bangkok Metropolitan Region, 1988
 Thailand: 1988
 Tokyo: 23 Special Wards of Tokyo Metropolis, 1989

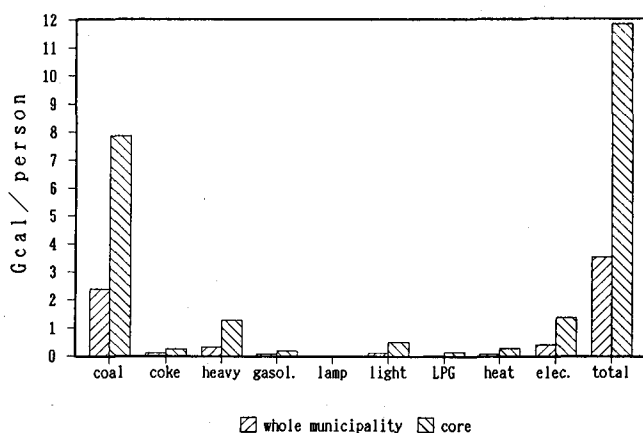


Fig. 7 Comparison of unit energy consumption per capita in Qiqihaer, China (1990: whole municipality & core)

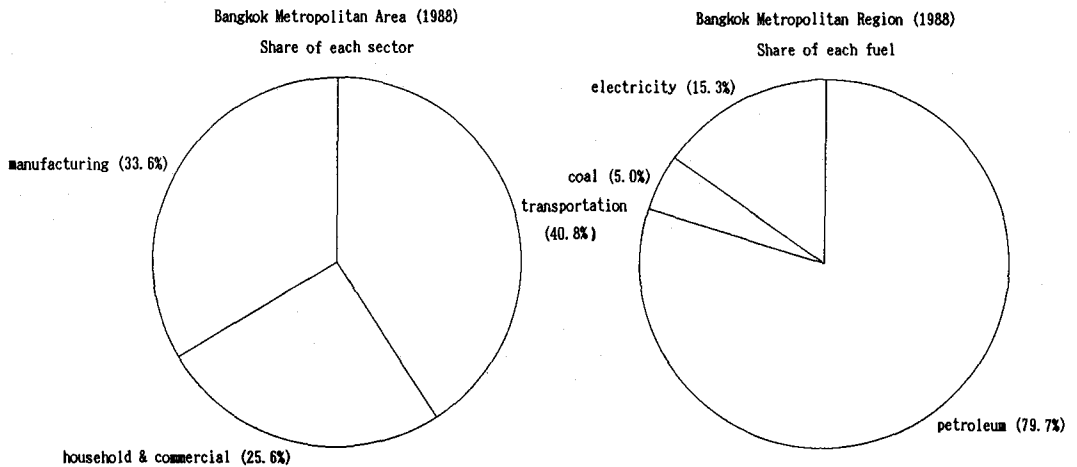


Fig. 8 Energy consumption structure in Bangkok

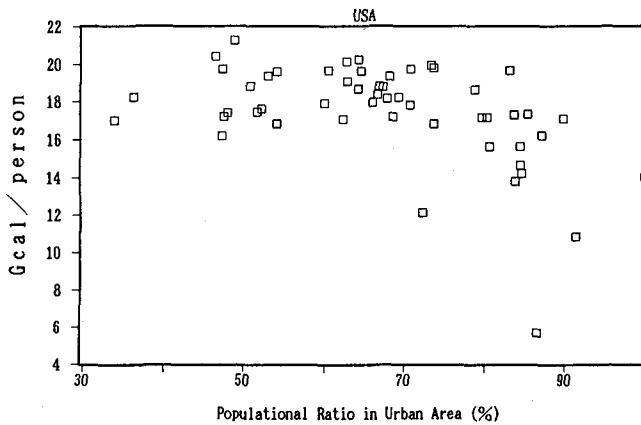


Fig. 9 Populational ratio in urban area and unit energy consumption per capita in household sector

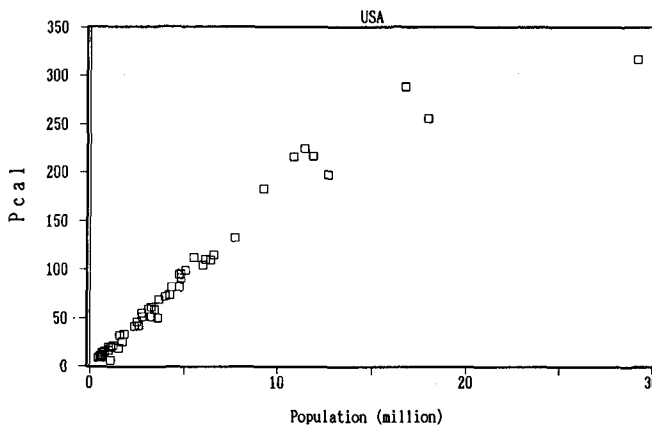


Fig. 10 Population and energy consumption in household sector

たりの原単位は全米平均で約18Gcal/人に及び、東京の約3Gcal/人 (Fig.5) と比べてもかなり大きい。また燃料種別のウェイトは天然ガス4：灯油3：LPG2：電力1となっている。家庭部門におけるエネルギー消費量の5割以上が暖房用途に使われており、日本ではこれが3割以下⁷⁾である。

一方各州の都市人口率と原単位の関係 (Fig.9) によれば都市化が原単位を減少させる効果が見られ、これは都市化によって人口1人当たりの床面積が減少するためと考えられるが、このような傾向は都市部と農村部とで生活格差の大きい発展途上国では、ライフスタイルの変化による消費量の増加にマスクされてしまうものと思われる。家庭部門におけるGSP (州の総生産額) 百万円当たりの原単位は約6Gcal/百万円であり、東京の約1Gcal/百万円⁸⁾を大きく上回る。またアメリカでは原単位の地域差が極めて小さく、都市指標の値と消費量の関係がほぼ直線で近似され (Fig.10), ライフスタイルの地域的な格差が小さいことが伺える。これもまたアメリカにおけるエネルギー消費の特徴といえる。

3. 4 未利用エネルギー先進国・スウェーデンの例

東京をはじめとする多くの都市では、窒素酸化物による大気汚染問題の解決や二酸化炭素のさらなる排出抑制といった課題が残されており、その意味でも未利用エネルギーの有効利用が今後より一層進められる必要がある。スウェーデンの首都であるストックホルム市における総エネルギー消費量は約18Pcalである。ストックホルムの人口は67万人強であり、北京や東京に比べるとかなり少ない。また気候は大変寒冷であり、4章に後述するデグリーマンズの値は130を越え、これは中国の東北地方に相当する。暖房は全用途の約5割を占めているが、地域熱供給システムの発達により、灯油は暖房用途の半分をまかなうにすぎない。一方人口1人当たりの原単位は約27Gcal/人であり、東京の約17Gcal/人を大きく上回る。また単位面積当たりでは約1 Tcal/haであり、これは札幌よりやや少なく、東京の半分以下となっている²⁾。しかし総エネルギー消費量の約55%が火力発電以外の電力やヒートポンプ・ゴミ燃焼熱等による温水供給でまかなわれていることを考えれば、エネルギーを大量に消費しながらも環境に負荷を出さずに都市活動が営まれているといえる。

3. 5 都市の発展段階とエネルギー消費

アメリカをはじめ先進国においては、都市部と農村部との間にライフスタイルや商業活動の大きな相違がなく、必ずしも大都市に工業が立地するわけではないため、都市部と農村部でのエネルギー消費に関わる原単位の差は小さいものと思われる。しかし発展途上国の都市は単に人口が集積した場ではなく、人間活動が本質的に農村部と異なっている場と考えなければならない。

中国の28省・市について、人口1人当たりの原単位と社会総産値百万円（日本円）当たりの原単位との関係をFig.11に示す。北京の値がTab.1より大きくなっているのは、エネルギー消費量に石炭火力発電や工業原料としての投入分が含まれているためである。都市に人口が集中していく過程では、人口増や生産増の効果と人口1人当たりの原単位が増える効果が相乗的に働くことにより、エネルギー消費量が急速に増大することが考えられる。北京、天津、上海の3大特別市では人口1人当たりのエネルギー消費量が際だって大きい。これらの都市ではエネルギーが無駄に使われているのではなく、社会総産値ベースで見れば省部に比べむしろ低めとなっている。一方タイの場合も、タイ全土とバンコクとの間には人口1人当たりの原単位に大きな格差があり（Tab.1）、国の発展と生活水準の向上により国全体のエネルギー消費量が将来大幅に増大する可能性が強い。さらにタイにおいては、面積や人口のシェアに比べGNPやエネルギー消費量のシェアがバンコクで大きくなっている。GNPの約5割、エネルギー消費量の約6割がバンコクに集中しているのに対し、東京ではともに人口のシェア並みかそれ以下と対照的である。

以上から都市の発展段階とエネルギー消費の関係は、次のようにまとめられる。発展途上国の場合都市部と農村部の生活格差は大きく、それがエネルギー消費構造にも現れている。現在の農村部が都市化するとエネルギー消費量は飛躍的に増大し、特に工業化が消費量を押し上げる要因となる。ところが中国の3大特別市においては脱工業化・商業化により、少ないエネルギー投入で高い収益が得られるようになっている。一方日本の大都市については、大阪や神戸といった工業都市に比べ、東京では人口1人当たりの原単位は小さい²⁾。今後中国でも市場経済の発達

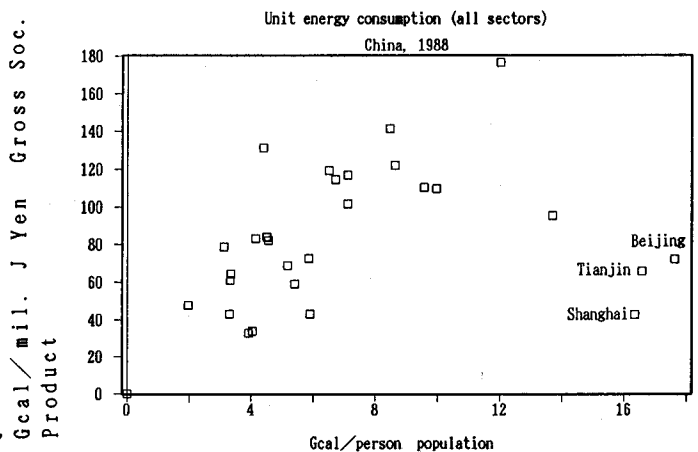


Fig.11 Populational index and economical index

に伴って脱工業化、商業化が進み、さらに都市の高密度化、エネルギー利用の集約化が進むとすれば、エネルギー消費の原単位は人口1人当たりでみても小さくなっていくことが考えられる。

4. 地球温暖化が都市のエネルギー消費活動に与える影響

4. 1 家庭部門におけるエネルギー消費の気候依存性

エネルギー消費の気候依存性も、都市におけるエネルギー消費構造の重要な要素と考えられる。本章ではこれに注目し、暖冷房用途の比重が大きく、気候が最も影響しやすいと思われる家庭部門について、地球温暖化が都市のエネルギー消費活動に与える影響の評価を試みた。まず日本の都道府県庁所在地等48都市について、「家計調査年報」（総務庁統計局）等より1世帯当たりの燃料種別年間消費量（世帯当たり消費原単位）を推計し、さらに人口1人当たりの原単位を算出した。「家計調査年報」には都道府県庁所在地等を対象に、大都市（上位10市）、中都市（人口15万人以上）、小都市A（5万人以上）、小都市B、町村の区

分毎に集計がなされている。Fig.12は家庭部門における人口1人当たりの燃料種別消費原単位である。電気は市町村の人口規模に関わらず約0.7Gcal/人ではほぼ一定であり、人口に比例して消費量が分布するものとみてよい。都市ガスは都市規模が小型になるにつれてその普及率が減少し、かわってLPGが増大してくる。灯油やガソリン（交通部門）も都市規模の小型化に伴って増大し、結果的に日本では都市部と農村部との間で人口1人当たりの原単位に差が見られなくなっている。これは都市部に比べ農村部が比較的標高の高くて寒冷な地域や公共交通への依存度が低い地域に立地していることによるものと思われる。また、統計上多くの県庁所在地は中都市に分類されていることから、大都市及び小都市A（3市）に対し原単位の比を乗じて中都市への補正を行うことにより、都市の規模による影響と気候による影響とを明確に分離することを試みた。

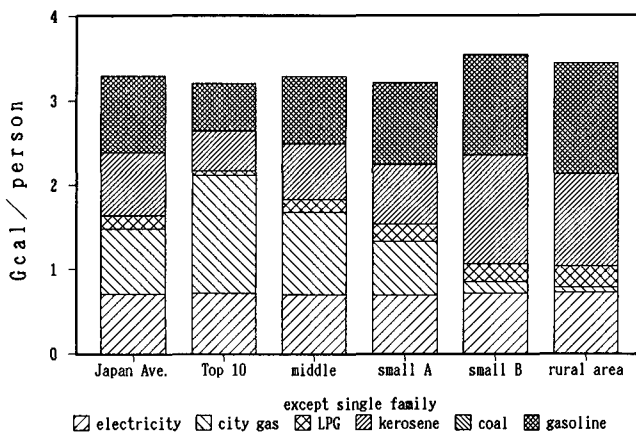


Fig. 12 Unit energy consumption per capita in household sector in Japan (1989)

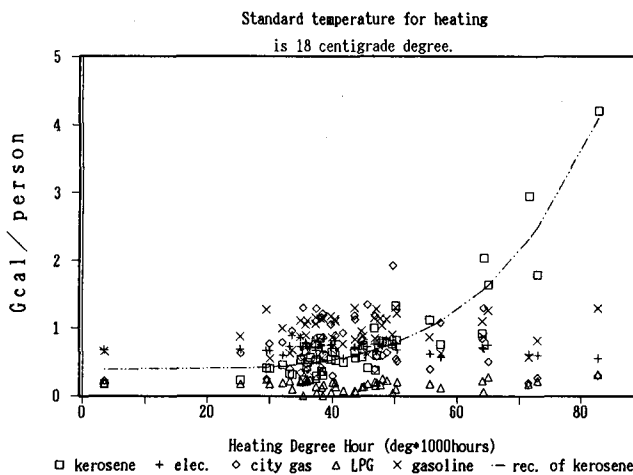


Fig. 13 Heating degree hour and unit energy consumption per capita in household sector in Japan (1989)

4. 2 デグリー値を用いた国際比較

Fig.13は日本の都道府県庁所在地等48都市における家庭部門燃料種別消費原単位（人口1人当たり）と基準温度を18℃とした場合の暖房デグリーアワー（degree-hour：AMeDASの1989年気温データより算出）との関係を示したものである。家庭部門において灯油は暖房用途のみに消費され、1人当たり消費原単位Y（Mcal/人）と暖房デグリーアワーX（K・h）との間には、

$$Y = 2.78 \times 4.5 \cdot 10^{-19} + 385.09$$

(相関係数は0.94) なる関係が見られる。一方電気は0.7Gcal/人前後で一定であり、その他の燃料種や冷房デグリーアワーに至っては、いずれも高い相関は得られなかった。これは冷房期間が短いことや、冷房には主に電気が用いられ、その用途が暖房・機器等多岐にわたるため、冷房以外の要素が大きく消費量に關与しているためと思われる。

加えて、「中国能源統計年鑑」(中国・国家統計局編)等を用いて中国の省・市に対する同様の解析を行った。中国の28省・市におけるデグリーマンスと原単位との関係をFig.14に示す。中国の石炭は日本の灯油同様相関が高く、

$$Y = 53.46 \times 0.7 - 139.23$$

(相関係数は0.78) なる関係が得られた。月平均気温のデータは各省の省都における値(出典は「中国統計年鑑」)を用いた。一方中国の石炭との比較を行うために、日本の灯油についてもデグリーマンスと原単位との関係を調べたところ、

$$Y = 3.6 \times 4.4 \cdot 10^{-6} + 390.69$$

(相関係数は0.94) なる関係が得られたと同時に、デグリーアワーを採用してもあまり回帰式の精度が高くないことが明らかにされた。中国ではエネルギー消費が気温に対して日本ほど敏感ではなく、東京における灯油の消費原単位は中国の石炭の回帰直線付近に位置するが、札幌では類似の気候を持つ地方の約3倍の値となっている。

4. 3 温暖化シナリオに基づく影響評価

年平均気温が1℃上昇した場合の暖房デグリーマンスの減少を計算し、それに基づいて暖房需要(エネルギー消費原単位)の減少(地球温暖化による負のフィードバック)を見積もった(Fig.15)。温暖化のシナリオとしては毎月一律1℃の上昇を仮定した。暖房デグリーマンスが80強の長野市と北京市ではそれぞれ397Mcal/人(27%)、70Mcal/人(7%)の減少が生じるのに対し、50前後の東京都都部と上海市ではそれぞれ35Mcal/人(8%)、69Mcal/

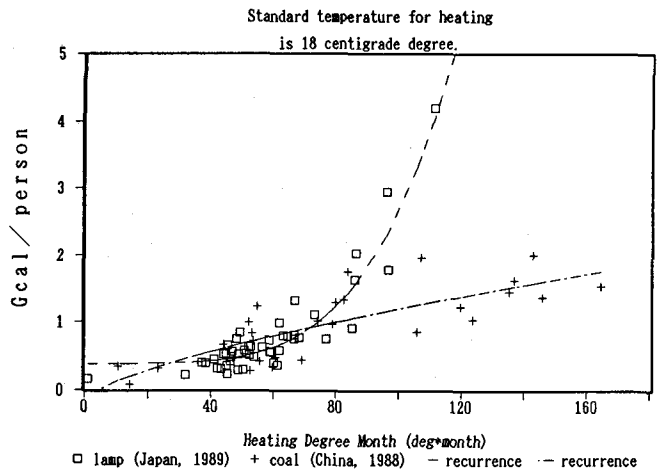


Fig.14 Heating degree month and unit energy consumption per capita in household sector

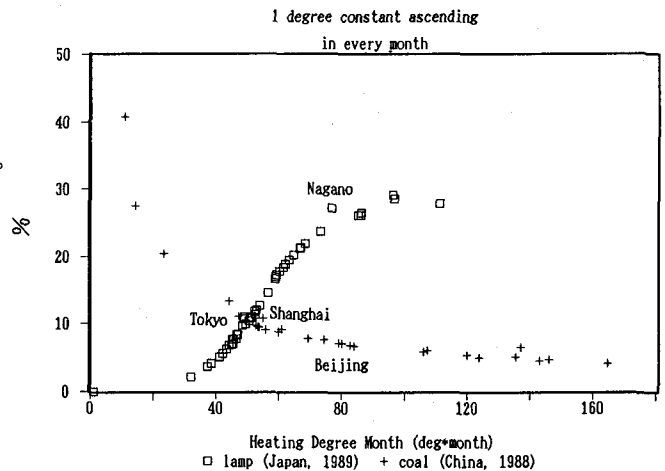


Fig.15 Heating degree month and reduction of heating demand in household sector under warming scenario

人（10％）の減少となり、両国の間には気候に対する暖房需要の明瞭なレスポンス（回帰式におけるXのベキ数）の相違が見られる。

また年平均気温1℃の上昇といえども、どの季節（どの時間帯）が高温化するかにより暖房デグリーマンズ（アワー）の値は異なるため、温暖化が暖房需要へ与える影響を正確に見積もることは難しい。例えば通年一律で毎時1℃上昇する場合と、10時～15時の間だけ4℃上昇するケースを比較してみると、長野市において前者は415Mcal／人（27％）の減少となるのに対し、後者は323Mcal／人（21％）の減少となる。

4. 4 影響評価における問題点

以上では日本や中国各地のデータから気候とエネルギー消費の関係を導いてきたが、暖房需要には建物の構造や断熱性、暖房設定温度及び衣・食（カロリー摂取量や体質）・住（ライフスタイル）等が効いてくるものと思われ、これらの地域差がもたらすであろう気候の暖房需要へのレスポンスの違いを考慮した上で影響評価を行わなければならない。例えばある任意の都市について、経年的にデグリーマンズとエネルギー消費原単位との相関を調べることが本来は望ましいのであるが、短いタイムスパンではデグリーマンズの値に大きなばらつきは見られないであろうし、逆にタイムスパンを長くとった場合も、データが存在しない、社会条件等の変化に気候変動の影響がマスクされてしまうなどの理由で、現状では可能な限り狭い地域において可能な限り多くの地点からのデータを比較するという、本研究に示された方法が最善と考えられる。

またエネルギー供給体制の相違等についても押さえておく必要がある。中国における気候に対する特異なレスポンスがエネルギーの配給制によるものであるならば、今後市場経済が進展し、生活水準の向上やエネルギー供給の自由化が起こった場合エネルギー消費の急激な増加は避けられず、地球環境保全の観点からも放置できない問題といえる。

5. 結論

（1）都市におけるエネルギー消費構造の国際的・地域的な多様性が認められた。とりわけ中国における石炭依存型・物質生産依存型の消費構造や、アメリカにおける消費原単位の大きさ・一様性が注目された。また経済指標の取扱いの難しさが指摘された。

（2）発展途上国の場合都市部と農村部の生活格差は大きく、それがエネルギー消費構造にも現れている。都市化はエネルギー消費量を飛躍的に増大させ、特に工業化が消費量を押し上げる。一方先進国の場合都市部と農村部の格差は小さく、都市化はエネルギー消費量を減少させる要因と捉えることもできる。

（3）スウェーデンでは、地域熱供給システム等未利用エネルギーの有効利用により大きな暖房需要をまかなっている。

（4）発展途上国における今後の都市化や市場経済の発達は、エネルギー消費の急激な増大をもたらすことが予想される。

（5）燃料種毎に暖房デグリーアワー（マンズ）と家庭部門の人口1人当たり消費原単位との関係が明らかにされ、日本の灯油並びに中国の石炭において高い正の相関が得られた。

（6）年平均気温1℃の上昇に対しては、一日を通じ一様に上昇するケースに比べ、昼間のみ上昇するケースの方が燃料消費に与えるインパクトは小さい。また上昇時のインパクトは国によって異なり、日本では寒冷な都市ほどインパクトは大きい。

謝辞

本研究を行うに当たりデータ解析を手伝って頂いた学生の森紀子さん、濱田康裕君に感謝します。エネルギー消費関連統計資料の取扱いについて御教示頂いた（株）三菱総合研究所の平松直人氏に感謝します。土木学会等を通じて温かい御助言を頂きました方々に感謝します。海外における現地調査に際し、温かいサポートを頂いた（財）日本エネルギー経済研究所、中国・国家計画委員会能源研究所、大都市生活構造研究会、

スウェーデン建築研究協会 (Swedish Council for Building Research), ストックホルムエネルギー供給公社 (Stockholm Energi), ストックホルム市統計局等のスタッフに感謝します。本研究を行うに当たり, 平成3・4年度環境庁地球環境研究総合推進費「地球温暖化による都市環境の影響評価及び対策に関する研究」(代表・松尾友矩)の一部を利用して頂いた。本稿は長野県地理学会1992年研究発表会, 1992年度日本気象学会秋季大会, 1992年度土木学会環境工学研究フォーラムで一部発表したものである。

引用文献

- 1) Kimura, F. and S. Takahashi: The Effects of Land-Use and Anthropogenic Heating on the Surface Temperature in the Tokyo Metropolitan Area: A Numerical Experiment, Atmos. Environ., 25B, 155-164, 1991.
- 2) 平松直人・花木啓祐・松尾友矩: エネルギー消費の大都市間比較, 環境システム研究, 20, 252-261, 1992.
- 3) Kalma, J.D. and K.J. Newcombe: Energy Use in Two Large Cities: A Comparison of Hong Kong and Sydney, Australia, Environmental Studies, 9, 53-64, 1976.
- 4) 井村秀文: 都市のエネルギー消費構造とその国際比較, 文部省重点領域研究「人間環境系」研究報告集 G071-N30B, 1993.
- 5) 林良嗣: 環境負荷削減のための都市の土地利用・交通政策, 季刊「環境研究」, 1992.
- 6) 胡秀蓮: 私信, 1992.
- 7) 松尾友矩・花木啓祐・一ノ瀬俊明・平松直人: 都市のエネルギー消費構造分析, 東京大学工学部総合試験所年報, 50, 49-54, 1991.
- 8) 松尾友矩・花木啓祐・一ノ瀬俊明・平松直人: 日本の7大都市におけるエネルギー消費構造比較, 東京大学工学部総合試験所年報, 51, 49-54, 1992.

資料

北京社会経済統計年鑑 (1991)

チチハル経済統計年鑑 (1991)

中国能源統計年鑑 (1989)

中国統計年鑑 (1991)

以上は中国統計出版社の発行である。これらは国家や省, 市の統計局によって編集されている。

Thailand Development Research Institute: Industrializing Thailand and Its Impact on the Environment ---- The 1990 TDRI Year-end Conference

Economics and Commerce Statistics Administration, USA: Statistical Abstract of The United States 1980, 1991, 1992

Energy Information Administration, USA: Annual Energy Review 1990

Energy Information Administration, USA: Household Energy Consumption and Expenditures 1987 part1, part2

U.S Department of Economics and Commerce Statistics Administration: Statistical Abstract of the United States

Utrednings-Och Statistik-Kontoret, Stockholms Stad: Energistatistik 1991

Utrednings-Och Statistik-Kontoret, Stockholms Stad: Statistisk årsbok för Stockholm 1993

総務庁統計局: 「家計調査年報」

総務庁統計局: 「小売物価統計調査年報」