

都市形態からみた家庭部門の電力消費量と自動車のエネルギー消費量に関する研究*

A Research on the Consumption of Residential Electricity and Automobile Energy in terms of Urban Form *

今村麻希**・森本章倫***・古池弘隆****・中井秀信*****

By Maki IMAMURA**・Akinori MORIMOTO***・Hirofuka KOIKE****・Hidenobu NAKAI*****

1. はじめに

(1) 背景・目的

近年、地球環境問題や化石燃料の枯渇、新エネルギー開発の遅れなどを背景に、エネルギー消費抑制の重要性が高まってきている。都市計画分野においても例外ではなく、エネルギー負荷の少ない都市づくりが求められている。エネルギーは一般に民生部門・運輸部門・産業部門の3つに分類される。中でも、民生部門・運輸部門のエネルギー消費量は、近年増加傾向にあり、これらを抑制する必要がある。民生部門エネルギーは、更に家庭部門・業務部門に大別される。家庭部門は冷暖房用、給湯用、厨房用、動力・照明用といった家計消費部門におけるエネルギー消費を対象としている。一方で、電力は家庭部門のエネルギー源の約4割を占めており、都市ガス・灯油といった他のエネルギー源に比べ増加が著しい。また、運輸部門エネルギーにおいては、全消費量の大部分が自動車によるエネルギー消費量(以下、自動車エネルギー消費量)という現状である。

そこで本研究では、民生部門においては家庭部門の電力消費量、運輸部門においては自動車エネルギー消費量を取り上げる。そして、住宅に帰着したエネルギー消費量に着目し、それらの増加にはライフスタイルの変化が影響していると考え。宇都宮市を対象地域とし、都市内の消費量の実態を把握し、都市形態やライフスタイルの変化がエネルギー消費に及ぼす影響を考察する。その上で、エネルギー負荷の少ない都市について言及することを目的としている。

(2) 研究の位置づけ

まず、都市のエネルギー消費を取り上げている既存研究として、鈴木¹⁾は全国の主要都市別にエネルギー消費の実態を調査し、エネルギー消費の様相の差異を明らかに

*キーワード: エネルギー消費量, 電力消費量, 都市形態

**学生員, 宇都宮大学大学院工学研究科建設学専攻

〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2,

TEL:028-689-6224,

E-mail:mt033421@cc.utsunomiya-u.ac.jp

***正会員, 工博, 宇都宮大学工学部

****フェロー, Ph.D, 宇都宮大学工学部

*****正会員, 工修, 東京電力株式会社建設部

にしている。これは、民生部門のみではなく、産業部門でのエネルギー消費も含んでおり、電力については工業都市において消費量が多いという結果になっている。また、業務部門のエネルギー消費量について、陳ら²⁾は福岡市と北九州市における各種建物のエネルギー消費実態を把握し、これより事務所と店舗は、総エネルギー消費量のほとんどが電力に依存することを示している。

家庭部門のエネルギー消費量についての既存研究としては以下のものが挙げられる。まず、石田³⁾は、戸建住宅のエネルギー消費実態とエネルギー消費構造を明らかにしている。照明他用、調理用、給湯用、暖房用、冷房用と用途ごとに分析し、エネルギー消費には、延床面積や世帯人数などが影響していることを示している。また三浦⁴⁾は1970年代以降の全国県庁所在都市における住宅のエネルギー消費量を算出し分析している。その結果、近年は居住面積の差異がエネルギー消費の差を生み出し、またその伸びの違いがエネルギー消費の増加にも影響を与えていることを示している。このように、住宅におけるエネルギー消費量を論じたものは存在する。しかし、都市形態や居住形態までを考慮に入れて家庭部門のエネルギー消費量を論じたものはほとんど見られない。

一方、自動車エネルギー消費量については、野呂ら⁵⁾が全国PTの結果を用いて54都市のエネルギー消費量を算出し、都市形態によって消費量の差が出ることを明らかにしている。これによると、公共交通指向型都市の方が自動車指向型都市よりもエネルギー消費量は低い。また、これまでに自動車エネルギー消費量に寄与する都市特性は、都市全体の指標ではなく、土地利用分布など都市内部の指標であることが明らかにされている⁶⁾。

これらを踏まえ本研究では、特に、都市内での消費量の空間分布が把握されていない家庭部門の電力消費量を検討する必要があると考える。各家庭単位での電力消費量の入手が望ましいが、個人情報保護の観点からデータを入手することができない。そこで、居住形態やライフスタイルの変化を考慮に入れ、宇都宮市の町別電力消費量のデータを元に、都市内での家庭部門電力消費の様相を探っていく。一方で、自動車エネルギー消費量についても地域別に算出する。これによって、民生部門のみではなく、運輸部門を合わせて総合的にエネルギー消費の動向を検討することに本研究の特色がある。特に、都心

と郊外でのエネルギー消費状況を比較し、エネルギー消費バランスの差異を把握していく。

2. 郊外化とライフスタイルの変化

近年、モータリゼーションの進展による郊外化が起こっており、さらなる自動車利用を招いている。これらを背景に、運輸部門の自動車エネルギー消費量は増加している。一方で、民生部門では、郊外化に加え、単身世帯・核家族の増加といったライフスタイルの変化が世帯数の増加を招いており、電力消費量が増加している。そこで、郊外化とライフスタイルの変化の関係を整理して図-1に表す。まず、都心で増加した核家族世帯が、郊外化の進展により郊外に移り住み、郊外での戸建住宅の増加を招いている。そして、その核家族世帯がいずれ中年世帯・都心の若者単身世帯に分離し、中年世帯はやがて高齢者世帯となる。分離した若者単身世帯は、都心において同様の動向を示し、いずれ郊外に移住する。郊外では、都心からの新しい核家族の移住によって更なる戸建住宅の増加が引き起こされる。このように、郊外化の進展による戸建住宅の増加が問題となっている。それらによる床面積の増加が電力消費量の増加を招いていると考えられる。そこで、本研究ではまず、ライフスタイルに関連する住宅規模や世帯人員に着目し、電力消費量と都市形態との関連性を分析する。

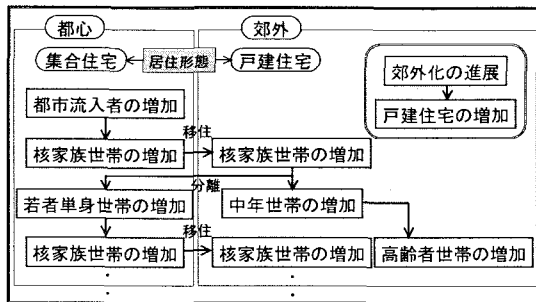


図-1 郊外化とライフスタイルの変化

3. 家庭部門のエネルギー消費の実態

家庭部門におけるエネルギー消費は、一般的に暖房、冷房、給湯、厨房、動力・照明用といった用途からなるが、世帯数及び個人所得の伸びと相関が高く、長期的に堅調な伸びを見せている。エネルギー源別には、電力のウェイトが、その利便性等を背景として増加傾向にある。ここで、関東地方における家庭部門エネルギー種別消費原単位の推移を図-2⁸⁾に示す。これより、約30年前と比較すると、1世帯当たりの消費量は増加してきており、中でも電力の増加が目立つことが分かる。また、1999年の全国における家庭部門用途別エネルギー消費構成比を

図-3⁹⁾に示す。これより、動力・照明、給湯用、暖房用での消費量が多いことが分かる。

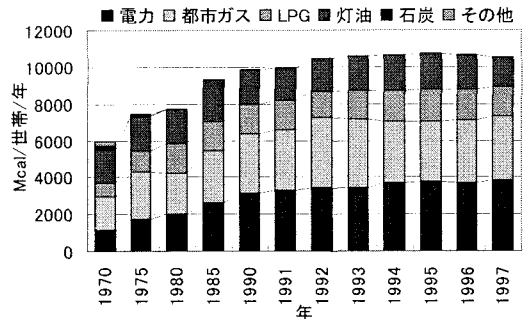


図-2 家庭部門エネルギー消費原単位の推移[関東]

次に、2000年の全国用途別エネルギー源別消費構成比を図-4⁹⁾に示す。動力・照明、冷房用において電力消費の割合が高いことが分かる。動力・照明については利便性、豊かさを追求するライフスタイルが今後も浸透していくと見込まれること、及び高齢化の進展、

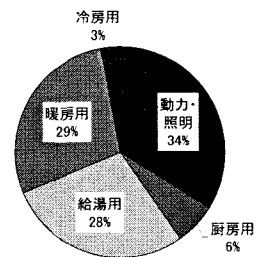


図-3 用途別エネルギー消費構成比[1999]

情報機器等の普及等の増加要因から、堅調に増加すると考えられる。また、暖房用についても、快適性、安全性へのニーズの高まりによって、ストーブからエアコン・電気カーペットへシフトすると考えられ、電力の比率が高まることを見込まれている。

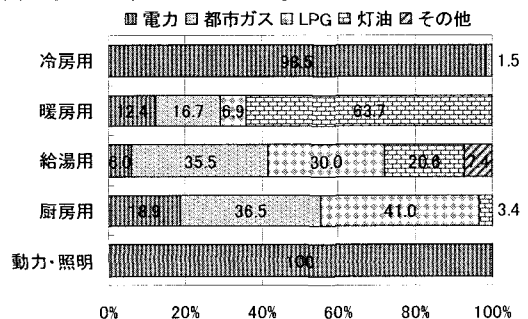


図-4 用途別エネルギー源別消費構成比[2000]

4. 宇都宮市の電力消費量

(1) 宇都宮市の電力消費量の現状

宇都宮市における電力消費量の現状を把握するに当たり、宇都宮営業所管内における電灯での使用電力量と契約口数の変化を図-5に示す。ここでは、1992年の値を基準とし、相対変化率を用いて経年変化を表した。また、電灯とは、主に一般家庭で消費される電力消費量である。これより、1992年から2002年にかけての10年間で使用量は1.36倍、契約口数は1.19倍の伸びを示している。一

方で、10年間の宇都宮市における人口の伸びは1.03倍であり、人口の伸びに対して電力消費量の伸びが顕著である。表-1において1992年と2002年の1人当たり電力消費量を比較すると、10年間で1人当たり464kWhの消費量が増加していることが分かる。この原因としては、家電製品の普及が第一に挙げられるが、居住形態の変化も、ひとつの要因として考えられる。

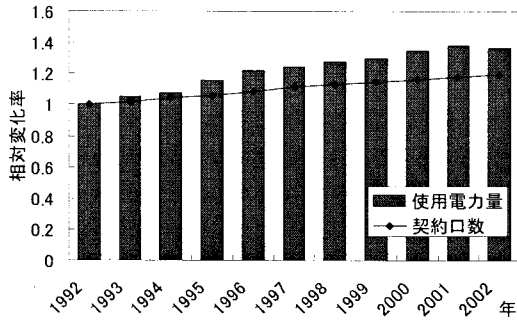


図-5 宇都宮市営業所管内の消費量の変化

表-1 宇都宮市における1人当たり電灯消費量の変化

年	人口	電灯(MWh)	1人当たり電灯消費量(kWh/人)
1992	431,879	624,665	1,446
2002	446,092	852,033	1,910

(2) 宇都宮市の町別電力消費量

分析に当たり、宇都宮市の電力供給データ(H14年度実績)の内の従量電灯A・Bでの消費量を用いる。従量電灯A・Bとは、契約形態の一種であり、一般家庭で多く契約されており、これを家庭部門の電力消費量とみなす。これを

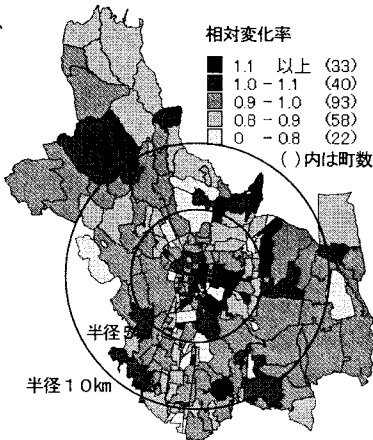


図-6 1人当たりの年間電力消費量の相対変化率

用いて宇都宮市の町別居住人口1人当たりの年間電力消費量を算出すると、平均値は1,562(kWh/人)となる。この平均値を1とした相対変化率を用いて宇都宮市における家庭部門の電力消費量を図-6に示す。都心、または都心から10km以上の郊外で高い値を示すことが分かる。

(3) 都心からの距離と電力消費量

従量電灯A・Bでの町別電力消費量 E_i (kWh)を用いて1人当たりの電力消費量 e_i (kWh/人)を算出し、都心からの距離(km)と、距離帯別に求めた電力消費量 e_i (kWh/人)の

相対変化率との関係を図-7に示す。相対変化率とは、宇都宮市の248町の平均値を1とみなして算出した値である。 e_i (kWh/人)は都心で高く徐々に減少していき、郊外では低い値となる。ここで、電力消費量と都市内での居住形態とを比較するため、 e_i (kWh/人)に影響を与える要素として次の3つの指標を挙げる。

I.住宅規模： s_i (m^2 /世帯)

II.世帯人員： h_i (人/世帯)

III.住宅床電力消費量原単位： u_i (kWh/ m^2)

これらは $e_i = u_i \cdot s_i / h_i$ の関係で表される。 e_i (kWh/人)と同様に相対変化率を用いて、各々の都心からの距離との関係を示す(図-8)。

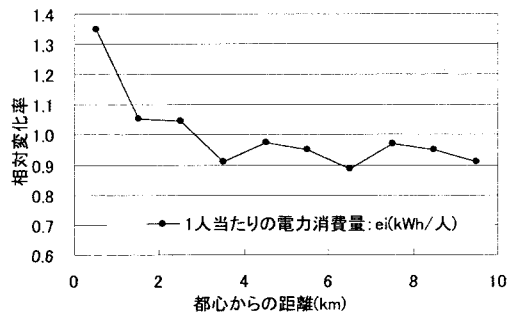


図-7 都心からの距離と電力消費量との関係

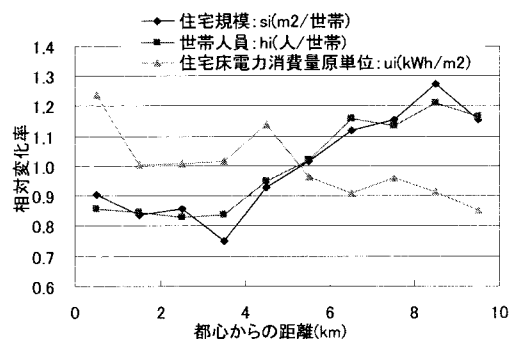


図-8 都心からの距離と構成要素との関係

住宅規模は都心から3km付近にかけて減少傾向が見られ、その後郊外に行くにつれ大きくなる事が分かる。都心には集合住宅が多いが、一方で昔から都心に住み続けている旧家も多いため比較的大きな値をとると考えられる。また、3kmから4km付近で減少から増加に転じているが、この付近には市街化区域と市街化調整区域の境がある。市街化調整区域では原則として建築物を建築することができない。そのため、建築可能な市街化区域内においてできる限りの郊外化が起こっており、集合住宅、小規模の戸建住宅が密集しているのではないかと考える。郊外においては市街化調整区域のため、農林業従業者の住宅が多く、規模が大きくなっている。世帯人員については、郊外に行くにつれ大きな値を示す傾向がある。都心・近郊には単身世帯や核家族世帯が多く、郊外には農

家が多く三世代居住をしていること等が反映されている。住宅床電力消費量原単位は、4km 付近を除けば都心ほど高く、郊外に行くにつれ減少すると言える。都心・近郊は住宅規模が小さいのに加え、世帯人員が少ないため、床面積当たりの家電製品の密度が高くなっていることが要因として考えられる。

ここで、都心からの距離と戸建住宅・集合住宅の割合を見てみると(図-9)、都心から離れるに連れ、戸建住宅の割合が増加していることが分かる。図-8の住宅規模の値と比較すると、戸建住宅割合が高まることによって、その距離帯の住宅規模が大きくなっていることが分かる。

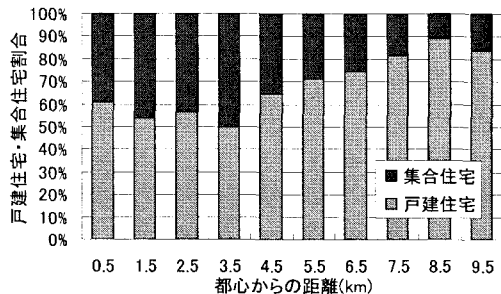


図-9 都心からの距離と戸建住宅・集合住宅割合

(4) 都心からの距離と住宅床面積

図-8において、住宅規模と世帯人員はよく似た動向を示しており、都心・近郊で低く、郊外で高めの値をとる。ここで、1人当たりの住宅床面積に着目し、都心からの距離と距離帯別に算出した住宅床面積との関係を図-10に表す。これより、都心と郊外で高めの値をとることが分かる。そして、これらは近い値である。しかし、図-7より1人当たりの電力消費量は都心で高く、郊外で低い値をとることが分かっている。よって、現在の宇都宮市では、都心の小規模住宅に少人数で住むよりも、郊外の大規模な住宅に大人数で住む方が、1人当たりの電力消費量は少なくなっていることが考えられる。

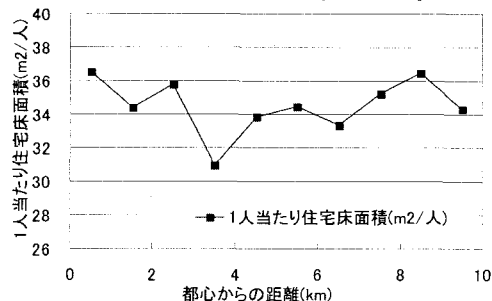


図-10 都心からの距離と住宅床面積の関係

5. 宇都宮市の運輸部門エネルギー消費量

(1) 宇都宮市における交通の現状

現在、宇都宮市は全国的にも高い自動車保有率を示し

ており、自動車利用に特化した交通手段特性を有している。第1回宇都宮市都市圏 PT 調査(S50)と第2回宇都宮市都市圏 PT 調査(H4)の代表交通手段の割合を比較すると、路線バスは7.6%から2.4%と半分以上低下しているが、自動車の割合は約20%も増え、57.6%となっている。一方、全国PT調査(H11)では、宇都宮市における運輸部門の総エネルギー消費量は7,872(kcal/人)であり、そのうち自動車によるエネルギー消費量は7,587(kcal/人)である⁵⁾。また、鉄道によるエネルギー消費量は193(kcal/人)、バスによるエネルギー消費量は92(kcal/人)である。つまり、運輸部門のエネルギー消費量の大部分は自動車エネルギー消費量であり、96.4%も占めている。そこで、自動車エネルギー消費量に着目し、都市形態との関連性を分析していく。

(2) 自動車エネルギー消費量の算出方法

自動車エネルギー消費量を算出するに当たり、第2回宇都宮市都市圏 PT 調査(H4)のデータを用いる。式①に従い、44の計画基本ゾーン毎に自動車エネルギー消費量を算出し、人口で除して1人当たりの値を求めた。なお、自動車エネルギー原単位については、川島¹⁰⁾が推計した値を用いる。

$$\sum_j t_{ij} = \sum_j G_{ij} \times T_{ij} \times S \times e \quad \cdots \textcircled{1}$$

t_{ij} : iゾーンからjゾーン間の自動車エネルギー消費量(kcal)
 G_{ij} : 自動車トリップ数
 T_{ij} : 自動車平均移動時間(h)
 S : 自動車平均速度(km/h)
 e : 自動車エネルギー原単位[763.1(kcal/km)]

(3) 都心からの距離と自動車エネルギー消費量

44の計画基本ゾーン毎の1人当たりの自動車エネルギー消費量(kcal/人)について、距離帯別に平均値を求め、都心からの距離(km)との関係を図-11に示す。全目的・通勤・通学・帰宅・私事・業務目的の6つの目的別に示した。本研究では、住宅に帰着したエネルギー消費量を考えるため、通勤・通学・私事・業務目的エネルギー消費量については発地ベースで、帰宅目的エネルギー消費量については着地ベースで算出し、全目的はそれらの合計の値とした。業務・私事目的においては都心部において高い値を示す。業務目的においては、都心部に業務施設が集中していることが原因として考えられる。私事目的においては、郊外から都心部への移動の他に、都心部内での移動が多く、それらが影響していると考えられる。また、通勤・帰宅目的においては、都心で低く、郊外に行くにつれて徐々に高い値をとる。これより、郊外居住者は都心居住者に比べ通勤に約2倍のエネルギーを消費しているという現状がうかがえる。また、全目的においては、私事・業務目的による影響を受け都心で大きく、

1km 付近で減少し、郊外に行くに連れ低い値となる。

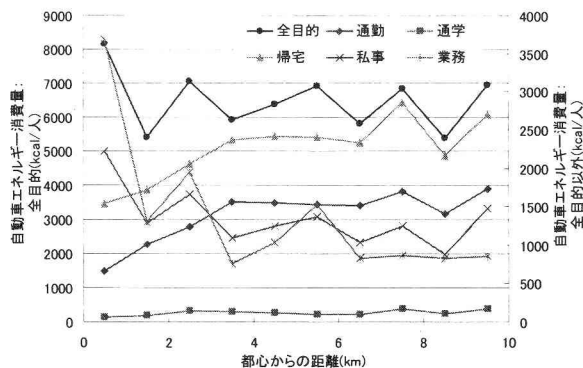


図-1 1 都心からの距離と自動車エネルギー消費量

(4) 住宅に帰着した自動車エネルギー消費量

本研究では、家庭部門の電力消費量と同様に、住宅に帰着した自動車エネルギー消費量を対象とするため、通勤・通学・帰宅・私事目的の自動車エネルギー消費量にのみ着目する。それら 4 目的での消費量の合計を、居住に伴って発生する自動車エネルギー消費量(以下、住宅発生自動車エネルギー消費量)とみなし、今後の分析で用いることとする。そこで、宇都宮市における 1 人当たりの住宅発生自動車エネルギー消費量(kcal/人)を図-1 2 に示す。都心で低く、郊外に行くにつれ大きな値となることが表れている。次に、電力消費量と同様に距離帯別に平均値を求め、都心からの距離との関係を図-1 3 に示す。やはり、都心で低く、郊外へ行くにつれ高い値となることが分かる。

図-1 2 1 人当たりの住宅発生自動車エネルギー消費量(kcal/人)

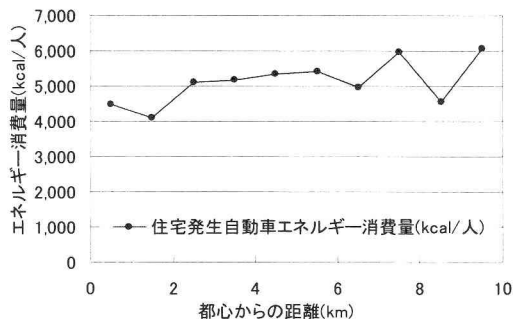


図-1 3 都心からの距離と自動車エネルギー消費量

6. 住宅から発生するエネルギー消費量

(1) 電力消費量と自動車エネルギー消費量

家庭部門の電力消費量を自動車エネルギー消費量と同様に 44 の都市計画ゾーン単位で算出し、住宅発生自動車エネルギー消費量との関係を図-1 4 に示す。これより、両者の間に直接的な相関は見出せなかった。

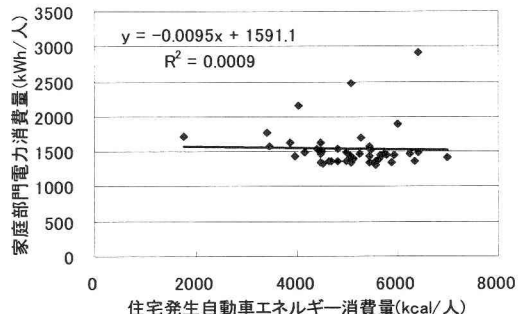


図-1 4 電力消費量と自動車エネルギー消費量の関係

(2) 都心からの距離とエネルギー消費量

1 人当たりの電力消費量を単位換算した上で、住宅発生自動車エネルギー消費量と合計し、距離帯別に表示する(図-1 5)。

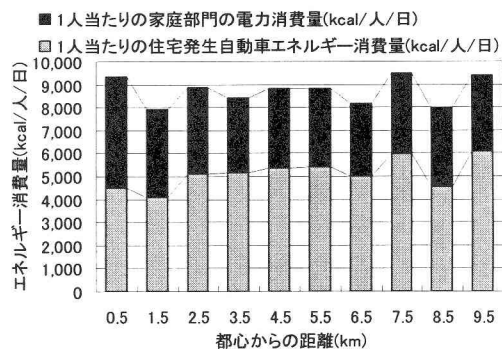


図-1 5 都心からの距離とエネルギー消費量の関係

これより、住宅に帰着したエネルギー消費量は、電力消費量と自動車エネルギー消費量を合計すると、1 人当たり約 8000(kcal/日)から 9000(kcal/日)消費していることが分かる。また、電力消費量については都心で高い割合を示し、自動車エネルギー消費量については郊外で高い割合を示している。そして、都心と郊外において、割合の差はあるものの、全体的な消費量に大きな差は見られなかった。両部門のエネルギー消費量の少ない地点は存在しなかった。しかし、ここでは電力と自動車のエネルギーしか考慮していない。ガスや公共交通等、都市内で発生する他のエネルギーについても検討する必要がある。

ある。

7. おわりに

現在の宇都宮市においては、都心では住宅規模・世帯人員が共に小さく、1人当たりの電力消費量が大きくなる傾向が見られた。一方、郊外においては住宅規模・世帯人員が共に大きく、1人当たりの電力消費量は小さくなる傾向を示した。しかし、両地点の1人当たり床面積は近い値であった。これらより、1人当たりの電力消費量を削減するには、居住空間を共同利用することが重要であると考えられる。

近年、エネルギー負荷の少ない都市形態として、コンパクトシティが注目されている。自動車等、運輸部門エネルギー消費量については、都心・近郊で低く、郊外で高い傾向があるため、効果的であると考えられる。しかし、家庭部門の電力消費量については、都心居住することだけではエネルギー消費量は減少しない。これについては、どこに住むかというより、どのような住み方をするかの方が重要である。よって、家庭部門においては、省エネ技術の開発とともに、核家族化の抑制・居住空間の共同利用が重要であると考えられる。その上で、自動車から公共交通への転換が促進されると、より一層のエネルギー消費量の削減が期待される。

今後の課題としては、都市ガス、LPGといった電力以外のエネルギー消費についても検討することが挙げられる。また、家庭部門のエネルギー消費量に影響を与える住宅規模や世帯人員との関係を整理し、消費のメカニズ

ムを解明する必要がある。

参考文献

- 1) 鈴木勉：「全国主要都市におけるエネルギー消費構造に関する比較分析」日本都市計画学会学術研究論文集、第31回、1996、Pp.751-756
- 2) 陳超、渡辺俊行、龍有二、赤司泰義：「福岡市と北九州市における各種建物のエネルギー消費特性に関する研究」日本建築学会計画系論文集、第485号、1996、Pp.41-49
- 3) 石田健一：「戸建住宅のエネルギー消費量」日本建築学会計画系論文集、第501号、1997、Pp.29-36
- 4) 三浦秀一：「全国都道府県庁所在都市の住宅におけるエネルギー消費とCO₂排出量の推移に関する研究」日本建築学会計画系論文集、第528号、2000、Pp.75-82
- 5) 野呂徹、森本章倫、古池弘隆：「全国PTを用いた交通エネルギー特性の推移と都市構造に関する研究」関東支部技術研究発表会講演概要集、第29回、2001、Pp.666-667
- 6) 森本章倫、古池弘隆：「都市構造が運輸エネルギーに及ぼす影響に関する研究」日本都市計画学会学術研究論文集、第30回、1995、Pp.685-690
- 7) (株)住環境計画研究所：「家庭用エネルギーハンドブック」1999
- 8) 資源エネルギー庁：「エネルギー2002」2001
- 9) 通商産業省資源エネルギー庁：「エネルギー[新世紀へのシナリオ]」1994
- 10) 川島智彦・古池弘隆・森本章倫：「都市特性からみた輸送エネルギー原単位の推計に関する研究」第17回交通工学研究発表会論文報告集、1997、Pp.149-152
- 11) 宇都宮市統計データバンク
<http://www2.city.utsunomiya.tochigi.jp/DataBank/index.htm>

都市形態からみた家庭部門の電力消費量と自動車のエネルギー消費量に関する研究*

今村麻希**・森本章倫***・古池弘隆****・中井秀信*****

本論文では、家庭部門の電力消費量と自動車のエネルギー消費量に着目している。宇都宮市を対象地域とし、都市内でのエネルギー消費量の実態を把握し、都市形態やライフスタイルとエネルギー消費との関係を考察する。分析の結果、家庭部門の電力消費量については1人当たりで見ると都心で高く、郊外で低い値をとる。これは都心に単身世帯が多く、床面積当たりの家電製品の密度が高くなることが原因として考えられる。一方、自動車エネルギー消費量については、居住地から発生するエネルギー消費量を考えると、都心で低く、郊外で高い値をとることが示せた。しかし、両方を合わせて考えると、都心と郊外において消費量の大きな差は見られなかった。

A Research on the Consumption of Residential Electricity and

Automobile Energy in terms of Urban Form *

By Maki IMAMURA**・Akinori MORIMOTO***・Hirotaka KOIKE****・Hidenobu NAKAI*****

In this paper, comparison was made between electricity consumption in residential sector and automobile energy consumption in terms of urban form and life style. An extensive survey in Utsunomiya City revealed the following findings. The electricity consumption per capita shows a tendency that is higher in city center and lower in suburbs. This is due to the fact that the density of electric appliances per floor space tends to be higher in a small size house in city center. On the other hand, the amount of automobile energy consumption for resident is lower in city center than suburbs. But, little difference was found in the total of these two kinds of energy consumption between city center and suburbs.