

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 Study on the Electricity Consumption of Residential Sector and Car Energy Consumption 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**, Hirotaka KOIKE*** and Hidenobu NAKAI****

1. はじめに

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、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。既存研究によると家庭部門のエネルギー消費量の増加には、住宅床面積の増加による影響が大きいことが分かっている¹⁾²⁾。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消費量においては、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)であり、都市形態によって差が出る事が明らかにされている³⁾。

これらを踏まえ本研究では、居住地から発生するエネルギー消費量に着目するため、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通勤目的の自動車エネルギー消費量を取り上げる。宇都宮市を対象地域とし、都市内で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. 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。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。さらに、都心からの新しい核家族の移住によって郊外での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。

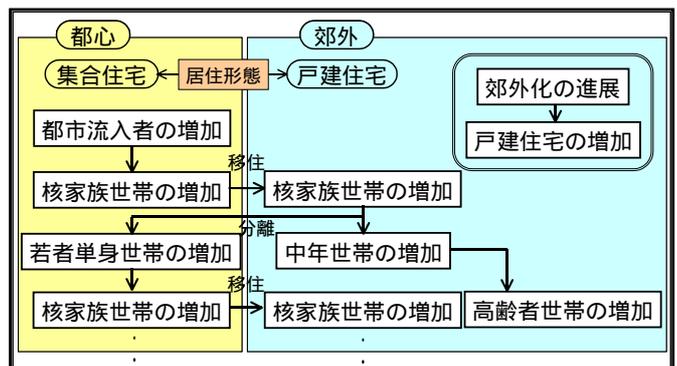


図1. 郊外化とライフスタイルの変化

Key words: 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

**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

****東京電力株式会社 建設部 海外事業グループ

3. 宇都宮市の電力消費量

(1) 低圧データ

分析に当たり、宇都宮市の電力供給データ(H13年度実績)の低圧データを用いる。低圧データとは、一般家庭用、低圧電力(小規模の町工場、コンビニ等小規模店舗用)、深夜電力、時間帯別電灯として消費される電力の総和である。これより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 3,254

(kWh/人)となる。

この平均値を 1 とした相対変化率を用いて図 2 に示す。都心から半径 10km 以上の郊外、また都心の商業地域、周辺の工業地域で大きな値をと

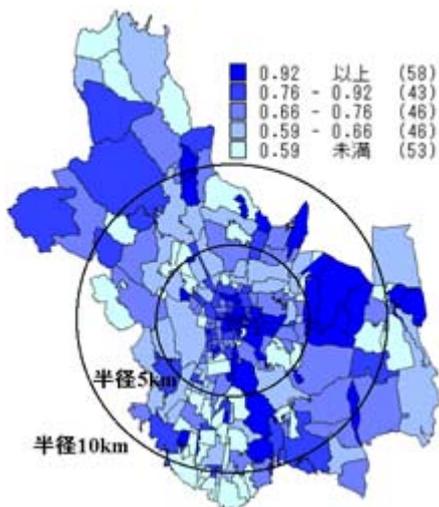


図 2. 1人当たりの年間電力消費量(kWh/人)の相対変化率

(2) 用途別床面積と電力消費量

宇都宮市の電力消費量 Y_i (kWh)を目的変数に、戸建住宅・集合住宅・店舗・工場床面積を説明変数として重回帰分析を行う(式)。結果を表 1 に示す。

表 1. 電力消費量重回帰分析結果

変数名	回帰係数	T 値
戸建住宅床面積(m ²)	49.15	**21.13
集合住宅床面積(m ²)	126.86	**11.78
店舗床面積(m ²)	15.54	*1.98
工場床面積(m ²)	1.70	0.69
定数項	189053.02	1.45
決定係数	0.90	
サンプル数	235	

** : 1%有意 * : 5%有意

$$Y_i = \sum a_i x_i + b \quad \dots$$

- Y_i : i町の電力消費量推計値(kWh)
- a_i : 回帰係数(用途別床電力消費量原単位)(kWh/m²)
- x_i : 床面積(m²)
- b : 定数項

回帰係数は用途別床電力消費量原単位を表す。戸建住宅と集合住宅の原単位を比較すると、集合住宅は戸建住宅の約 2.5 倍の値をとることが分かる。

(3) 家庭部門の電力消費量

式 をもとに、電力消費量 Y_i (kWh)から店舗・工場での電力消費量を引き、家庭部門の電力消費量 E_i (kWh)を推計する(式)。このとき、世帯数が 100 世帯に満たない町は 1 世帯当たりの負荷が大きく、誤差が含まれるため省く。また、式 で用いた店舗・工場床には高圧データ使用の床面積も含まれており、その影響を除くため低圧データとの相対誤差が 10%未満の町のみ抽出する。その結果、宇都宮市の 246 町の内、都心地区である本庁地区から 18、都心地区に接する近郊地区から 19、それ以外の郊外地区から 18 の計 55 の町を抽出した。

$$E_i = Y_i - (a_3 x_{3i} + a_4 x_{4i}) \quad \dots$$

- E_i : i町の家庭部門電力消費量推計値(kWh)
- Y_i : i町の電力消費量(低圧データ)(kWh)
- a_3 : 店舗床電力消費量原単位(kWh/m²)
- a_4 : 工場床電力消費量原単位(kWh/m²)
- x_{3i} : i町の店舗床面積(m²)
- x_{4i} : i町の工場床面積(m²)

(4) 都心からの距離と電力消費量

家庭部門の電力消費量推計値 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 e_i (kWh/人)の相対変化率との関係を図 3 に示す。相対変化率とは、抽出した町の平均値を 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 3km 付近で最低となり、その後、安定した値が続く。ここで、 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。

・住宅規模 : s_i (m²/世帯)

・世帯人員 : h_i (人/世帯)

・住宅床電力消費量原単位 : u_i (kWh/m²)

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、都心からの距離との関係を示す(図 4)。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ことから分かる。都心部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 の間で増加しているが、この区間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帯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都心ほど高く、郊外に行くにつれ減少する。都心・近郊は世帯人員が少ないため、家電製品密度が高くなっていることが要因として考えられる。

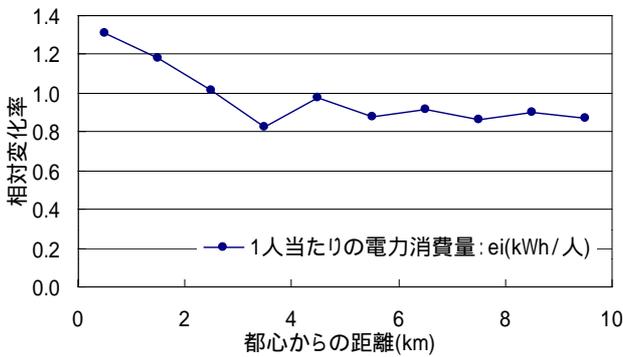


図3. 都心からの距離と電力消費量の関係

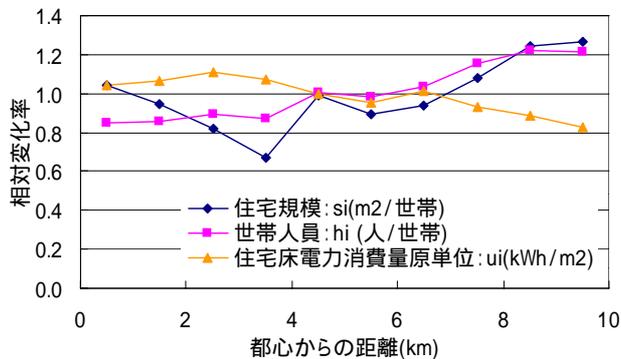


図4. 都心からの距離と電力消費量構成要素との関係

4. 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、路線バスは半分以上低下しているが、自動車の割合は約20%も増え、56.7%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7,578(kcal/人)である³⁾。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する。

ぎー消費量は7,578(kcal/人)である³⁾。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する。

(2) 自動車エネルギー消費量の算出方法

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1人当たりの自動車エネルギー消費量を算出した。なお、自動車エネルギー原単位については、エネルギー計量分析センターの推計値を用いた。

$$t_i = G_i \times r_i \times d_i \times e \quad \dots$$

- t_i : iゾーンの1人当たりの自動車エネルギー(kcal/人)
- G_i : 平均トリップ数
- r_i : 自動車分担率
- d_i : 平均トリップ距離(km)
- e : H4自動車エネルギー原単位[519(kcal/人・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5に表す。全目的・通勤目的・私事目的・業務目的の4つの目的別に示した。

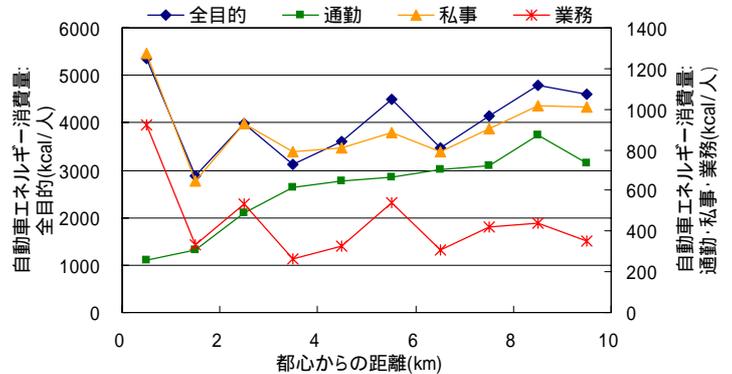


図5. 都心からの距離と自動車エネルギー消費量との関係

業務・私事目的においては都心部において非常に高い値を示す。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。つまり、郊外居住者は自動車をよく利用しているという現状がうかがえる。その際、郊外居住者は、都

心居住者に比べ、約3倍もの自動車エネルギーを消費していることになる。また、全目的においては、都心で大きく、1km付近で急激に減少し、郊外に行くに連れ再び増加している。都心では私事・業務目的による影響を、また、6kmから8kmにかけての郊外では全体的に増加傾向が見られ、それらによる影響を受け、消費量は大きな値となる。

5. 居住地に着目したエネルギー消費量

(1) 電力消費量と自動車エネルギー消費量

本研究では、家庭部門の電力消費量と同様に、居住地から発生する自動車エネルギー消費量を対象とするため、通勤目的の自動車エネルギー消費量にのみ着目する。そこで、宇都宮市における通勤目的の1

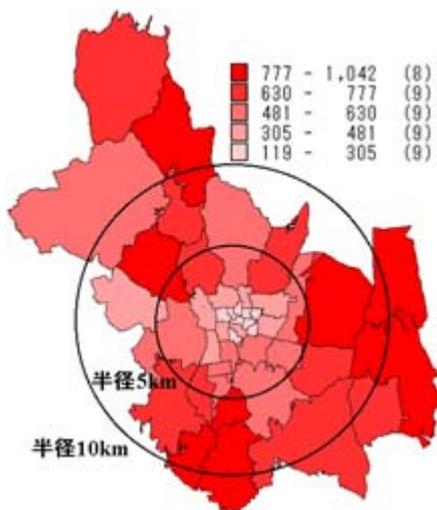


図6. 1人当たりの自動車エネルギー消費量: 通勤(kcal/人)

人当たりの自動車エネルギー消費量(kcal/人)を図6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、これを電力消費量と同様に相対変化率を用いて、距離帯別に表す(図7)。電力消費量が都心から郊外へ行くにつれ、減少傾向を示すのとは反対に、通勤目的の自動車エネルギーは増加傾向を示していることが分かる。

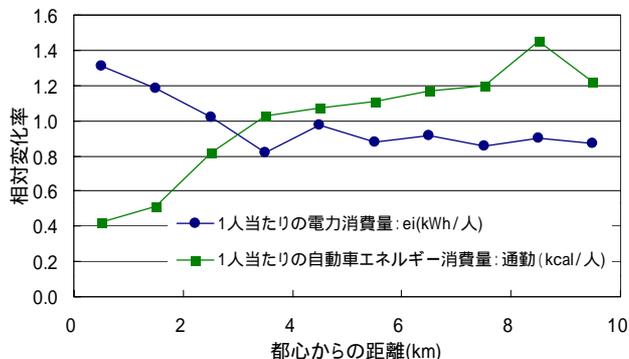


図7. 1人当たりの電力消費量と自動車エネルギー消費量の関係

(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: e_i (kWh/人)と、通勤目的

からみた1人当たりの自動車エネルギー消費量(kcal/人)について、各々の相対変化率を合計し、距離帯別に図8に示す。郊外に行くにつれ、緩やかではあるが増加している。これより、現在の宇都宮市では都心居住の方が郊外居住に比べ、1人当たりのエネルギー消費量が少ないことが分かる。

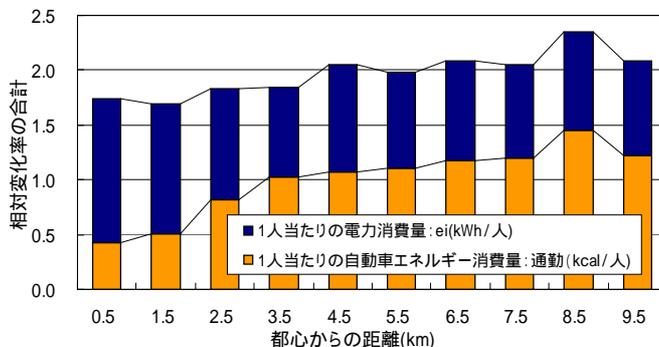


図8. 都心からの距離と相対変化率の合計との関係

6. おわりに

現在の都市の家庭部門の電力消費量は1人当たりで見ると都心・近郊で高く、郊外で低い傾向がある。一方で、1人当たりの自動車エネルギー消費量については、通勤目的に着目すると都心・近郊で低く、郊外で高い傾向があることが示せた。また、合せて考えると都心居住は郊外居住に比べ、エネルギー消費量は少ないと言える。都心居住は自動車エネルギー消費の観点からは有効であると考えられるが、一方、電力消費の観点からは、都心居住を行うのみでは消費量の減少は期待できず、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する。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、電力消費量推計値の精度を向上させると共に、近年エネルギー消費量の少ない都市形態として注目されているコンパクトシティの評価を行い、エネルギー負荷の少ない都市形態の提案を行うことが挙げられる。

【参考文献】

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 資源エネルギー庁:「エネルギー2002」2001