

都市スケールの民生用エネルギー需要将来予測モデルの開発

九州大学 学生会員 ○石崎美代子 北九州市立大学 正会員 松本 亨  
九州大学 正会員 中山裕文

1. はじめに

全世界の都市人口比率は約46% (1996年) であるが、経済水準別に見ると途上国が約40%、先進国が約76%である。特に途上国において今後益々の都市化が予想されることから、地球温暖化対策において都市活動の与える影響は大きいと言える。本研究では、アジア・メガシティのエネルギー消費量の将来予測モデルを構築することを前提に、東京都を対象として民生部門エネルギー需要予測モデルを開発した。アジアの都市を対象とする場合、2つの考慮すべきポイントがある。1つ目はデータの入手可能性であり、もう1つは変化のスピードへの対応である。前者を考慮するとモデル構造の細分化に限界がある。後者のためには、モデルの構造変数の可変性を確保しておく必要があることがわかる。そこで、それらを両立させるためのモデル開発を行い、2020年までの東京都のエネルギー消費量及び二酸化炭素排出量予測を行う。

2. 分析フローおよび分析手法

2-1. 分析フロー

民生部門には、家庭系と業務系があるが、本報では家庭系のみとする。分析対象都市は東京都である。図1に本研究の分析フローを示す。家庭部門におけるエネルギー使用用途は①暖房②冷房③給湯④照明・動力・その他の4分類とした。まず、エネルギー消費量変動要因である機器普及台数や機器効率等の変数の統合化を行った (STEP1)。次に、用途別にエネルギー消費量の重回帰分析を行った (STEP2)。それから、分析の結果残った因子の将来予測を行い、用途別エネルギー消費量の将来値を推計した (STEP3)。最後に、用途別燃料種別エネルギー消費量マトリックスを用いて、燃料種別エネルギー消費量に変換し、それに燃料種別CO<sub>2</sub>排出原単位を乗じてCO<sub>2</sub>排出量を算出した (STEP4)。

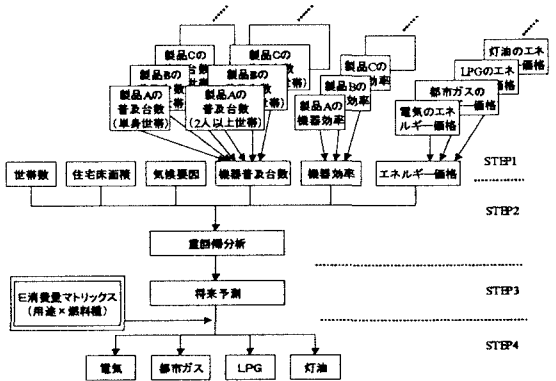


図1. 分析フレーム

2-2. 分析手順

(1)STEP1

用途別の機器普及台数や機器効率、エネルギー価格等は、様々な機器やエネルギー種が存在するため、それらを合成する必要がある。例えば、暖房の機器普及台数は、単身世帯および2人以上世帯それぞれにおけるエアコンや石油ストーブ、温風ヒーター等複数の暖房機器普及台数を、機器別エネルギー効率と単身および2人以上世帯の世帯数を用いて合成した。

(2)STEP2

図2にエネルギー消費量とその変動要因の関係を示す。用途①②④のエネルギー消費量は、世帯数と床面積、用途③は世帯数と相関が高いことを考慮して、前者は(a)世帯数(b)世帯あたり床面積(c)床面積あたりエネルギー消費量に分けて、後者は(a)世帯数と(c')世帯あたりエネルギー消費量に分けて予測することにした。(b)(c)(c')については、図2に示す用途別のエネルギー変動要因と重回帰分析を行った。(a)は、国立社会保障・人口問題研究所による予測<sup>1)</sup>を用いた。

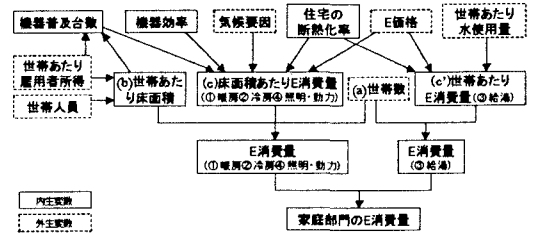


図2. エネルギー消費量とその変動要因の関係

(2)STEP3

次に、重回帰分析の結果残った因子について予測あるいは将来シナリオの設定を行った。そして、その将来値を重回帰式に代入し、(b)(c)(c')の将来値を求めた。表1に予測を行った説明変数(内生変数)、表2にシナリオとして与えた説明変数(外生変数)についてまとめた。以上のようにして推計した(a)(b)(c)、また(a)(c')をそれぞれ掛け合わせ、

用途別将来エネルギー消費量を求めた。結果を図3に示す。用途別にエネルギー消費量を見ると、暖房は単調減少、それ以外は増加から減少に移行しており、家庭部門全体としては減少傾向となっている。それには世帯数の減少が大きく影響している。また、暖房に関しては住宅の断熱化率の上昇による暖房の使用減少、給湯に関しては世帯人員の減少に伴う世帯あたり水使用量の減少(1人あたり水使用量は増加)も影響している。

**(3)STEP4**

次に、用途別エネルギー消費量を、用途別燃料種別エネルギー消費量割合を用いて燃料種別エネルギー消費量を推計する。将来の割合は、電気と灯油に関しては過去のトレンドからそれぞれ増加、減少傾向となった。都市ガスについては、都市ガスとLPGのうち都

表1. 内生変数の計算式

内生変数	内生変数の計算式
世帯あたり床面積	(世帯あたり床面積) = -18.957 * (世帯人員) + 1.7842 * (世帯あたり雇用者所得)
床面積あたり機器普及台数	(100世帯あたり普及台数①) = 1.2676 * (世帯あたり床面積) + 4.7278 * (世帯あたり雇用者所得) (100世帯あたり普及台数②) = 6.3927 * (世帯あたり床面積) (床面積あたり普及台数①②) = (100世帯あたり普及台数①②) / (世帯あたり床面積) * 100
機器効率	(COP②) = {0.80 / (1 + 3.3563 * 10 <sup>-2</sup> * 229 * 2.2661 <sup>0</sup> )} + 1.8 (冷蔵庫の電力消費量④) = {99.0 / [1 + 4.65 * 10 <sup>-3</sup> * 305 * 0.3538 <sup>-1</sup> * (-t)]} + 50.3
住宅の断熱化率	(断熱化率の伸び率) <sub>t+1974→t+1975</sub> = 0.2111 * EXP(-0.0817 * t) (断熱化率) <sub>t+1975</sub> = (断熱化率) <sub>t+1974</sub> * (伸び率) <sub>t+1974→t+1975</sub>
床面積あたりエネルギー消費量①②④	(床面積あたりエネルギー消費量①) = -229.80 * (住宅の断熱化率) - 667.75 * (エネルギー価格①) + 8.0192 * (暖房度日) + 1033.5 * (床面積あたり普及台数③) + 25531 (床面積あたりエネルギー消費量②) = 7.1960 * (冷房度日) - 1974.4 * (COP②) + 170.54 * (床面積あたり普及台数②) + 1391.4 (床面積あたりエネルギー消費量④) = -527.81 * (エネルギー価格④) - 27.603 * (冷蔵庫の電力消費量④) + 59756
世帯あたりエネルギー消費量③	(世帯あたりエネルギー消費量③) = 13239.5 * (住宅の断熱化率) + 18920.8 * (世帯あたり水使用量) + 97717.2 * (エネルギー価格③) - 4665115
E消費量①②④	(E消費量①②④) = (世帯数) * (世帯あたり床面積) * (床面積あたりエネルギー消費量①②④)
E消費量③	(E消費量③) = (世帯数) * (世帯あたりエネルギー消費量③)
家庭部門のエネルギー消費量	(家庭部門のエネルギー消費量) = (E消費量①②④) + (E消費量③)

表2. 外生変数の構造方程式

外生変数	外生変数の構造方程式
世帯数	国立社会保障・人口問題研究所の予測値
世帯人員	国立社会保障・人口問題研究所の予測値
世帯あたり雇用者所得	ここ10年間(1989~1998)の1人あたり雇用者所得の伸び率(10年平均)を将来も一定として、将来の1人あたり雇用者所得を求め、それに世帯人員予測値を乗じて、将来の世帯あたり雇用者所得とした。
暖房・冷房度日	1975~1999年の平均値のまま一定
エネルギー価格①③④	1991~1999年の平均値のまま一定
世帯あたり水使用量	1975~1999年の1人あたり水使用量を直線近似し、将来もそのまま伸びると仮定した。それに予測世帯人員を乗じて、将来の世帯あたり水使用量とした。

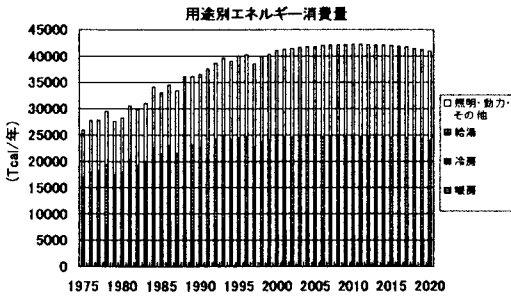


図3. 東京都の家庭部門用途別エネルギー消費量

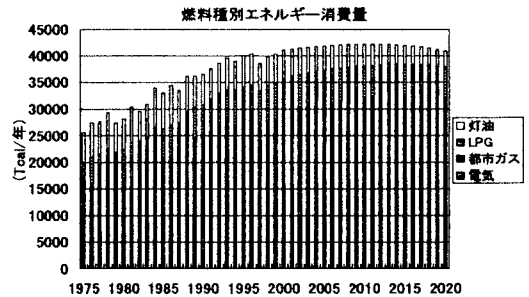


図4. 東京都の家庭部門燃料別エネルギー消費量

市ガスの占める割合を都市ガス世帯普及率と回帰させることにより推計し、その結果増加傾向となった。図4に燃料種別エネルギー消費量の予測結果を示す。最後に、燃料種別エネルギー消費量に燃料種別CO<sub>2</sub>発生源単位<sup>2)</sup>を乗じて、CO<sub>2</sub>発生量を算出した(図5)。

**3. まとめと今後の課題**

アジアメガシティへの適用を前提に、東京都を対象とした民生部門エネルギー需要予測モデルを開発した。

今後の課題としては、将来予測におけるシナリオ分析による対策効果の推計、アジアメガシティへの適用のためのデータ収集と予測モデルの適用、それによる国際比較が挙げられる。

**参考文献**

- 1) 国立社会保障・人口問題研究所, (財)厚生統計協会: 日本の世帯数の将来推計 全国推計/都道府県別推計
- 2) 環境省: 温室効果ガス排出量算定方法に関する検討結果, 平成12年9月 環境庁温室効果ガス排出量算定方法検討会

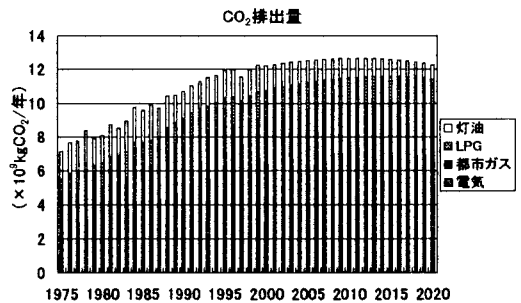


図5. 東京都の家庭部門CO<sub>2</sub>排出量