

消費者選好を考慮した民生家庭部門におけるエネルギー需要予測と省エネ政策の評価

環境経済システム学分野

46747 齊藤 周

1. 緒言

温室効果ガス排出削減のための具体的な数値目標を各国に課す京都議定書が2005年2月発効された。日本は90年比で6%の削減目標が課せられるが、2004年の時点で日本の最終エネルギー消費量は90年比20%増加、温室効果ガス排出量は7.6%増加しており、実質13.6%の排出削減を果たさなくてはならない。特に民生部門に着目すると最終エネルギー消費量及び温室効果ガス排出量で日本全体の約3割を占め、産業、運輸部門と比較してエネルギー消費や排出量の増加傾向が強い。従って民生部門における省エネルギー政策や温室効果ガス削減対策の役割は大きく、各種省エネ政策や温室効果ガス排出削減対策の定量的な評価が急務となっている。

2. 研究の目的と方針

本研究では民生家庭部門における省エネルギー政策及び二酸化炭素排出削減政策を定量的に評価することを目的に以下の手順で研究を進める。

- ①家庭における電力需要の現状を主要電気機器の保有状況や保有製品の性能等から把握する。
- ②家庭における冷暖房熱需要の現状を地域や住宅タイプ、断熱性能別に熱負荷計算により把握する。
- ③コンジョイント分析によって各製品の属性に対する消費者選好を調査し、消費者の消費行動から将来の主要電気機器の普及状況を捉える。
- ④上記で得られた結果から消費者選好やストック住宅の断熱水準等を考慮した家庭の将来エネルギー需要予測を行い、現行ケースを設定する。
- ⑤政策シナリオを設定し、現行ケースと比較することで省エネルギー効果および温室効果ガス排出削減量を定量的に把握・評価する。

3. 家庭の電力・冷暖房熱需要の把握

3.1. 電力需要の把握手法

電力需要は主要電気機器による消費電力量から把握する。対象は電気冷蔵庫、テレビ、ルームエアコン、照明、その他の電気機器とし、特に電気冷蔵庫、テレビ、ルームエアコンに関しては保有状況や保有機器の性能などを詳細に調査すること

でストック平均消費電力量(エアコンの場合はCOP)を算出した。ストック平均値の推計の流れをFigure 1に示す。残存率の推定はワイブル分布を仮定して行った。照明とその他の電気機器による消費電力量は文献値^[1]を参考に設定した。

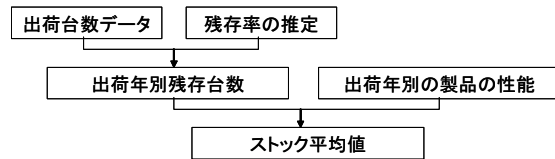


Figure 1 ストック平均値推計の流れ

3.2. 冷暖房熱需要の把握手法

冷暖房熱需要は住宅の熱負荷計算プログラムSMASHを用いた。計算地点は北海道、東北などの10地域12地点を設定し、居住地域ごとに気候条件や住宅性能を設定した。住居の断熱性能に関しては省エネルギー法によって定められた、従来、旧省エネ基準、新省エネ基準、次世代省エネ基準の4基準を考慮した。住宅モデルは木造戸建住宅、家族向鉄筋集合住宅、一人暮用鉄筋集合住宅の3種類を用意した。在室者の生活スケジュール及び発熱機器・空調スケジュールは生活スケジュール作成ソフトウェアSCHEDULEを用いて設定した。また、熱需要の計算結果より電力相当分を設定してエアコンによる消費電力量を推計した。

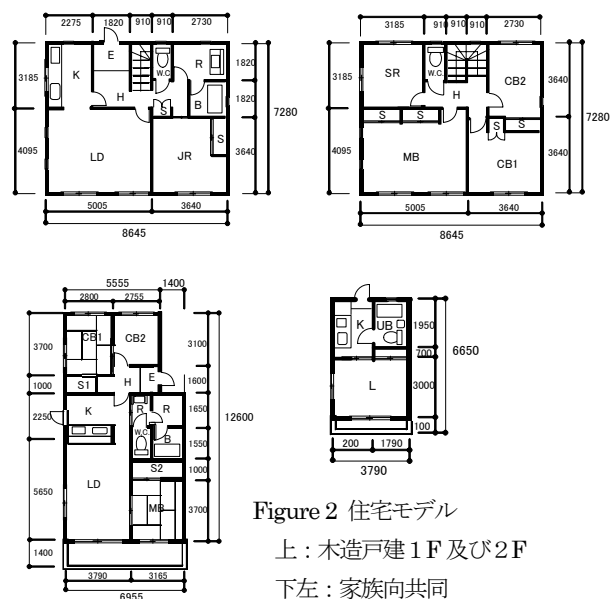


Figure 2 住宅モデル

上：木造戸建1F及び2F

下左：家族向共同

下右：一人暮共同

3.3. 電力・冷暖房熱需要の現状把握結果

電力需要及び冷暖房熱需要の2003年における結果をTable 1及びFigure 3~Figure 5に示す。尚、保有率に関しては、電気冷蔵庫は単身世帯1.0、一般世帯1.25の値を、テレビは単身世帯1.2、一般世帯2.4の値を用いて一台あたりの消費電力量に掛け合わせた。一人暮らし共同住宅は小型冷蔵庫、小型テレビを所有し、木造戸建、家族共同は全容量の電気冷蔵庫と全型のテレビを所有すると仮定した。また電気冷蔵庫に関してはカタログ値と現実の消費電力量の差を補正するために建築学会による補正值^[2]を掛け合わせている。

Table 1 2003年の家庭における電力需要 (kWh/年)

	戸建住宅	家族共同	共同一人
電気冷蔵庫	1305		675
テレビ	440		150
ルームエアコン	1465	765	245
照明機器	780	450	105
その他	1250	1240	320
合計	5240	4200	1495

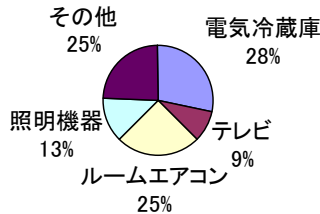


Figure 3 電力消費の内訳

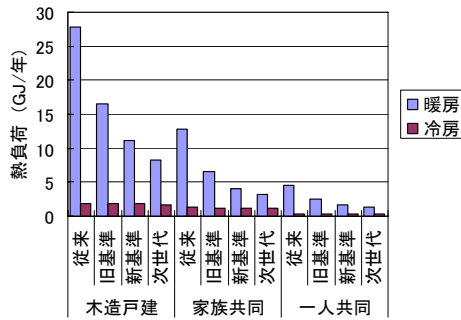


Figure 4 家庭における冷暖房熱需要

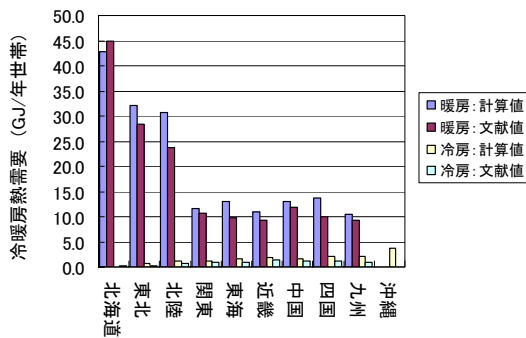


Figure 5 地域別冷暖房熱需要

3.4. 電力・冷暖房熱需要の現状把握結果分析

世帯あたりの年間消費電力量は全体平均で約4375kWh/年となった。文献値^[3]では約4220kWh/年であり妥当な値といえる。電力消費量の内訳をみると全体平均で電気冷蔵庫の割合が28%と大きくなった。冷暖房熱負荷をみると従来住宅と比較して次世代基準住宅は、どの建て方においても3分の1以下になった。また建て方別では木造戸建住宅の熱負荷が大きく、家族向共同住宅と比較して2倍以上の値になった。地域別の熱負荷では高緯度地域は低緯度地域と比較して4、5倍程度の暖房熱負荷となった。全体平均として暖房熱負荷は冷房熱負荷の約10倍程度となった。

4. 消費者選好の把握

4.1. 消費者選好の把握手法

消費者選好の把握にはコンジョイント分析を用いる。コンジョイント分析は多数の属性から構成されるプロファイル(属性の束、イメージとしては一つの商品)を回答者に示して効用を尋ね、プロファイル全体の効用や属性別の価値を評価する分析手法である^[4] (Figure 6)。

選択肢	価格	年間電気代	サイズ
冷蔵庫1	9万円	1万円	中型
冷蔵庫2	8万円	5000円	大型
冷蔵庫3	7万円	1万円	中型
この中から選択しない			

Figure 6 コンジョイント分析質問例

回答者が、提示された複数のプロファイルの中から一つのプロファイルを選択するときの効用 U_{ij} は式(1)のように表される。

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_j = \beta \mathbf{x}_{ij} + \varepsilon_j \quad (1)$$

j : プロファイル番号 i : 回答者番号

V_{ij} : 観察可能な部分 ε_j : 観察不可能な部分

\mathbf{x}_{ij} : プロファイル j の属性ベクトル

β : 各属性に係るパラメータ

また、この効用関数を用いると回答者 i が一つのプロファイル j を選択する確率 P_{ij} は式(2)のように表される。

$$P_{ij} = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_l \exp(V_{il})} = \frac{\exp(\beta \mathbf{x}_{ij})}{\sum_l \exp(\beta \mathbf{x}_{il})} \quad (2)$$

式(2)の選択確率と回答データから最尤法でパラメータ β を決定し、得られた各属性に対するパラメータから各属性に対する消費者の選好を推計し今後の消費行動を把握する。

4.2. アンケート概要

アンケートの対象は電力需要の把握で詳細を調査した電気冷蔵庫、テレビ、ルームエアコンである。調査する属性等(Table 2)を設定しアンケート設計を行った後、アンケートを実施した。期間は2004年12月の初旬の2週間で、日経リサーチを通じてインターネットアンケートによって実施された。サンプルは無作為に選ばれた男性247名、女性237名の計484名であった。一部の回答者には複数の製品について解答してもらったため、各電気機器に対する回答者数は150程度となった。

Table 2 各電気機器の属性の設定

電気機器	対象サイズ	属性
電気冷蔵庫	中型以上	価格、年間電気代、サイズ、機能
テレビ	中型、大型	価格、年間電気代、ディスプレイ
ルームエアコン	冷房能力2.8kW	価格、年間電気代、機能

4.3. 消費者選好調査の結果

コンジョイント分析の結果をTable 3~Table 6に示す。t値はパラメータの有意性を示す値であり部分効用は製品の各属性に対する満足度を表す。

Table 3 分析結果：電気冷蔵庫

	パラメータ	標準誤差	t値	部分効用
価格	-0.020	0.005	-4.048	-1.973
年間電気代	-0.224	0.030	-7.490	-1.727
サイズ	0.007	0.003	2.601	2.464
機能	0.493	0.152	3.249	0.986

Table 4 分析結果：中型テレビ

	パラメータ	標準誤差	t値	部分効用
価格	-0.021	0.012	-1.670	-1.256
年間電気代	-0.623	0.314	-1.982	-1.251
ブラウン管	-1.399	0.582	-2.402	-1.399
液晶	1.399	0.582	2.402	1.399

Table 5 分析結果：大型テレビ

	パラメータ	標準誤差	t値	部分効用
価格	-0.010	0.002	-6.057	-3.262
年間電気代	-0.001	0.138	-0.010	-0.008
液晶	2.422	0.382	6.346	2.422
プラズマ	1.493	0.710	2.102	1.493

Table 6 分析結果：ルームエアコン

	パラメータ	標準誤差	t値	部分効用
価格	-0.034	0.006	-5.664	-2.739
年間電気代	-0.237	0.031	-7.671	-5.631
機能	0.564	0.124	4.549	1.158

部分効用やt値をみると、冷蔵庫ではサイズに対する選好が高く、価格や年間電気代に対しても意識が強いことがわかる。中型テレビでは液晶の選好が強く価格、電気代、ディスプレイ全てをバランスよく意識しているが、大型テレビでは年間電気代は購入時の判断材料にはならず、価格とディスプレイで判断している。大型はディスプレイでは液晶、プラズマ、ブラウン管の順に選好が強

い。エアコンは価格、電気代、機能それぞれを判断材料にしているが、三製品の中で最も年間電気代に対する意識が高いことがわかった。

5. 家庭のエネルギー需要予測

5.1. エネルギー需要予測の方法

電力需要予測は、各製品のストックの現状とコンジョイント分析によって推計されたモデル式から将来のストック状況を予測し消費電力量を算出する。将来における各製品の出荷台数、残存率の設定をTable 7に示す。ルームエアコンによる消費電力量は熱負荷計算によって行われるので保有率は設定しない。価格や年間消費電力量などの属性値の推移データは現在のトレンドをもとに設定した。

Table 7 出荷台数及び保有率の設定

	将来の出荷台数	2010年保有率		2015年保有率	
		単身	一般	単身	一般
電気冷蔵庫	470万台/年	1.00	1.30	1.00	1.34
テレビ	990万台/年	1.20	2.60	1.20	2.74
ルームエアコン	670万台/年				

冷暖房熱需要は、Figure 4及びFigure 5で示したような地域や断熱水準別の熱負荷結果と、住宅の断熱水準別ストックの推移から将来の熱需要を推計する。将来における住宅の断熱水準別シェアをFigure 7のように設定する。

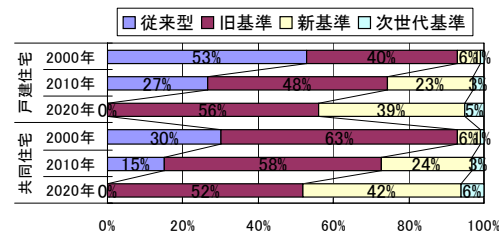


Figure 7 住宅の断熱水準別シェア設定 (関東)

5.2. エネルギー需要予測結果

5.1. で示した設定で行った将来のエネルギー需要予測の結果をFigure 8及びTable 8に示す。

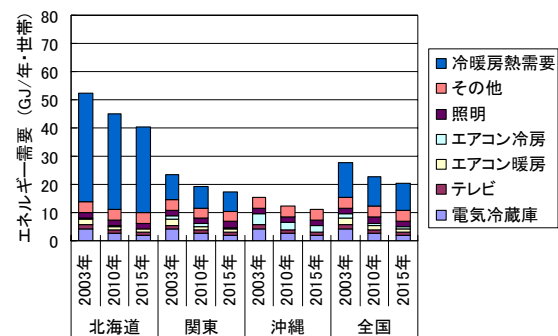


Figure 8 将来のエネルギー需要予測

Table 8 エネルギー需要削減量

	2010年		2015年	
	削減割合	削減量	削減割合	削減量
電気冷蔵庫	40%	1.72	59%	2.52
テレビ	10%	0.14	3%	0.04
エアコン暖房	38%	0.94	54%	1.33
エアコン冷房	33%	0.47	46%	0.66
冷暖房熱需要	13%	1.62	22%	2.72

(GJ/年・世帯) (GJ/年・世帯)

全国平均値で見ると一般家庭のエネルギー需要は2003年と比較して2010年が約18%、2015年が27%減少した。エネルギー削減量に対する内訳では電気冷蔵庫及びルームエアコン、冷暖房熱需要がそれぞれ3分の1程度になりテレビによる削減効果は小さかった。冷暖房熱需要はそれ自体の削減割合は小さいが、エネルギーの絶対量が大きいいため削減量としては比較的大きい値になった。

5.3. 二酸化炭素排出量予測結果

家庭のエネルギー需要予測より二酸化炭素排出量の将来予測を算出した。住宅及び世帯数は現在のトレンドをもとに将来設定をおこない、排出原単位は環境省で定められたものを用いた。結果をTable 9に示す。

Table 9 二酸化炭素排出量将来予測

	2010年		2015年	
	全電源平均	寄与度	全電源平均	寄与度
削減量(万吨CO ₂)	1086.2	100%	1534.3	100%
電気冷蔵庫	653.2	60.1%	990.5	64.6%
テレビ	8.0	0.7%	-84.9	-5.5%
ルームエアコン	511.4	47.1%	736.5	48.0%
照明	-78.0	-7.2%	-133.7	-8.7%
その他	-161.9	-14.9%	-277.5	-18.1%
冷暖房熱需要	153.4	14.1%	303.5	19.8%

2002年の家庭における排出量166百万トンと比較して2010年に6.54%を削減、2015年に9.24%の削減となった。内訳を見ると電気冷蔵庫及びルームエアコンの技術向上に伴うエネルギー削減効果及び二酸化炭素排出削減量が大きく、これは1998年に制定されたトップランナー制度の効果と考えられる。

6. ケーススタディ及び政策評価

6.1. ケース設定

本研究で考慮するケースをTable 10に示す。エネルギー需要及び二酸化炭素排出量の算出方法及び各種設定は基本的に前章と同様である。技術向上ケース及び断熱向上ケースは現行のトレンドの2倍のスピードで消費電力量が減少する、または断熱水準が増加するという設定で計算を行った。

Table 10 ケース設定

現行ケース	5. で設定したケース
技術向上ケース	2倍のペースで技術向上
断熱向上ケース	2倍のペースで断熱向上
技術+断熱向上ケース	2倍のペースで技術・断熱向上

6.2. ケーススタディ結果

計算結果をFigure 9及びTable 11に示す。

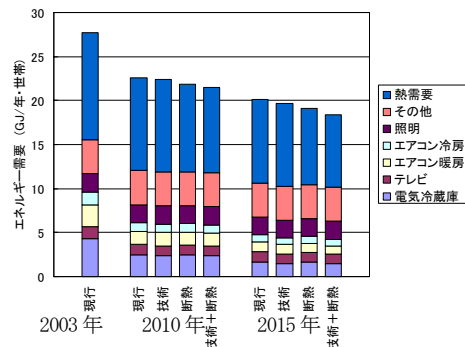


Figure 9 各ケースの将来のエネルギー需要予測

Table 11 各ケースの二酸化炭素排出量削減割合(2002年比)

	現行	技術向上	断熱向上	技術+断熱
2010年	6.54%	7.02%	7.85%	8.32%
2015年	9.24%	10.53%	11.53%	12.80%

技術向上ケースは現行ケースと比較して追加的な省エネ効果及び二酸化炭素排出削減効果が少なく(排出削減割合: 現行+0.48%)、逆に住宅の断熱性能の向上による効果は比較的大きくなった(排出削減割合: 現行+1.31%)。現行ケースに加えて技術向上や断熱向上の政策を効果的に実施することで、2002年度比17.5%削減という政府目標の40%~47%を電気冷蔵庫、テレビ、ルームエアコン及び断熱性能の向上によって達成できる結果になった。

7. 結言

本研究ではエネルギー需要の現状把握と今後の主要電気機器の普及状況及び住宅の断熱水準の向上などからエネルギー需要予測を行い、トップランナー制度や断熱性能の向上政策などの定量的な評価を行った。その結果トップランナー制度は現状として確かに有効な制度であるが今後さらなる基準強化はそれほど大きな削減効果をもたらさないことがわかった。逆に住宅の断熱水準向上では比較的大きな追加的エネルギー消費量の削減及び二酸化炭素排出量の削減が達成できることが示唆され、今後の政策として重点的に取り組むことが重要であることが示された。

参考文献

- [1] 社団法人 空気調和・衛生工学会(2000): 住宅における生活スケジュールとエネルギー消費, 空気調和・衛生工学会シンポジウム,
- [2] 佐藤春樹(2005): 冷蔵庫・エアコンの実際の消費電力量推定法, 第4回住宅エネルギーシンポジウム
- [3] 経済産業省資源エネルギー庁: 電力需給の概要 30-54
- [4] 大野栄治(2000): 環境経済評価の実務