

## 家計内でのエネルギー源の代替性

松 本 茂

### 要約

家計はエネルギー・サービスを得るため、電気・ガス・灯油といったエネルギー源を組み合わせ利用している。しかしながら、これらのエネルギー源の間にどの程度の代替性があるかは、これまで詳しく調べられていない。本稿では、家計のエネルギー・サービスの便益がCES型効用関数により与えられるものと仮定し、家計レベルのマイクロデータを用いて、電気・都市ガス・LPガス・灯油の間の代替の弾力性を推計した。更に、気温がエネルギー源の代替性に影響力を持つか、世帯属性がエネルギー源の利便性の評価に影響力を持つかも検証した。分析の結果、気温が低下するとエネルギー源間の代替の弾力性が上昇することが確認された。更に、世帯人数、高齢者の存在、住宅の床面積がエネルギー源の利便性の評価に差異をもたらすことも確認された。

キーワード：エネルギー源、気温、世帯属性、代替の弾力性、マイクロデータ

### 1. 序論

家計は電気・ガス・灯油といった複数のエネルギー源を利用して、様々なエネルギー・サービスを得て日々の生活を送っている。エネルギー・サービスの中には特定のエネルギー源を必要とするものがある。例えば、冷蔵庫を使うためには電気が必要となる。一方、エネルギー・サービスの中にはエネルギー源を選択できるものがある。例えば、冬場の暖をとる場合には、電気を使ってエアコンで部屋を暖めることもできるし、灯油を使ってストーブで部屋を暖めることもできる。それでは果たして、電気・ガス・灯油といった複数のエネルギー源を利用している家計の間でそれらのエネルギー源はどの程度代替的に利用されているのだろうか。本稿の目的は、家計レベルのマイクロデータの分析を通じて、この問いに答えることである。

家計が利用する主なエネルギー源は電気・ガス・灯油であるが、この内、ガスは更に都市ガスとLPガス(Liquefied Petroleum Gas)に区分される。LPガスは殆どの地域で利用することができるが、都市ガスはガス・グリッドに接続している都市部でしか利用することはできない。また、都市ガスのサービスが提供されている地域においても、LPガスから都市ガスに切り替えようとする、ガス管に接続するため高価な工事費用を支払わなければならない。そのため、エネルギー源の組み合わせの選択、なかでもどの様なガスを利用するかという選択については、実質的に居住地を選択する段階で行われている。<sup>1)</sup>

さて、一度エネルギー源の組み合わせが決まれば、次の段階ではそれぞれのエネルギー源をどれ位利用するかを決めることになる。前述のエネルギー源の組み合わせの選択が *Intensive Margin* (集約的限界) 或いは長期の意思決定問題だとすれば、後者のエネルギー源の利用度合いの選択は *Extensive margin* (粗放限界) 或いは短期の意思決定問題となる。

本稿で取り上げるエネルギー源の代替性は後者の短期の意思決定問題に関連した考察である<sup>2)</sup>。言い換えると、利用するエネルギー源の組み合わせは既に決定済みだと想定した上で、エネルギー源の相対価格の変化に応じて、家計がエネルギー源の利用度合いをどの程度調整できるかを考察することとなる。

次に、家計のエネルギー消費データの制約について述べる。一般的に家計のエネルギー消費のデータでは、家計がエネルギーをどの様な目的に利用したか、つまり「利用目的」を知ることができない。例えば、家計は照明にも冷房にも電気を利用するが、それぞれの用途にどれ位のエネルギーを使ったかを知ることができない<sup>3)</sup>。一般的に知りうるすることができる情報は、各家計が各エネ

1) Matsumoto (2022a) で示されているように、世帯の社会経済属性と居住地の気象条件に加え、選択時点のエネルギーの相対価格がエネルギー源の選択に影響を与える。

2) 世帯の社会経済属性はエネルギー源の選択段階でも利用段階でも影響力を持つ。それぞれの段階でどの様な影響力を持つかを調べた研究としては、Matsumoto (2022b) などがある。

3) 電気については、スマート・メータを設置したり (Dong and Xu, 2010; Dunbabin et al. 2015; Stankovic et al., 2016)、アルゴリズムを考案したりすることで (Zoha et al.

ルギーを一定期間内に“合計で”どれだけ使用したかだけである。

また、調査が家計単位で実施されていることにも注意が必要である。エネルギーの中には個人単位で消費されるものもあるが、家族と共同で消費されるものもある。例えば、スマホに充電するため使われる電気は特定の個人が消費していると思われるが、冷蔵庫に食品を保管するために使う電気は家族で共同に消費していると思われる。一般的に家計のエネルギー消費のデータでは、誰がエネルギーを利用したか、家計内の「利用者」を特定化することはできない。

上述の家計のエネルギー消費データに関する制約を踏まえると、家計の社会经济属性の違いがエネルギー源の利便性に違いをもたらすことが予想できる。つまり、Aタイプの家族よりBタイプの家族の方がガスに比べて電気に利便性を感じる、或いは、その反対の傾向がみられるということが考えられる。以上の点を踏まえて、本稿では、各エネルギー源の単位当たり利便性が世帯属性に応じて変化すると想定した分析を行う。

本稿の実証研究には、環境省の「家庭部門のCO<sub>2</sub>排出実態統計調査」（以下、家庭CO<sub>2</sub>統計）のデータを利用する。同調査データには、各世帯のエネルギー源毎の使用量と支出額に加え、世帯属性に関する情報が含まれている。それらの情報を使い、各家計がエネルギー消費から得る効用がCES型の効用関数で与えられると想定し、エネルギー源間の代替の弾力性を推計する。また、気象条件の違いが代替の弾力性に影響を及ぼすかについても確認する。例えば、寒冷地と温暖地では電気と灯油の代替の弾力性が異なるかどうかを調べる。加えて、エネルギー源の単位当たり利便性が世帯の間で異なるかどうかについても検証する。

残りの論文の構成は以下の通りである。続く第2章では、家計のエネルギー・サービスの効用関数を定義した後に、基本推計モデルを提示する。第3章では、推計に利用する家庭CO<sub>2</sub>統計調査の調査概要を述べ、記述統計を示

---

2012; Zhao et al. 2016)、どの様な用途に電気が使用されたかを推し量ることができ。しかし、ガスや灯油を含めた包括的なエネルギー使用については、そうしたアプローチも利用できそうにない。

す。第4章では、実証研究のための推計モデルを提示した後に、推計結果を報告する。第5章では、結論と考察を述べる。

## 2. モデル

本稿では、家計がエネルギー・サービスから得る効用が以下のCES型効用関数で与えられると仮定する。

$$u_i = \{\sum_k (\theta_i^k g_i^k)^\rho\}^{1/\rho}$$

ここで、 $g_i^k$  は家計  $i$  のタイプ  $k$  のエネルギー消費量であるが、以下ではエネルギー源間の比較を容易にするために単位を全て熱量換算値 Gigajoules (GJ) に統一する。上式でエネルギー源の代替性はパラメータ  $\rho$  で評価されるが、 $-\infty < \sigma = 1/(1-\rho) \leq 1$  が代替の弾力性となる。 $\rho \rightarrow -\infty$  でレオンチェフ型の効用関数、 $\rho = 0$  でコブ・ダグラス型の効用関数、 $\rho = 1$  で線形効用関数となる。

熱量が同一であっても、エネルギー源により利便性は異なってくるかもしれない。例えば、電気の方が灯油よりも用途が多様なので、同じ熱量でも利便性が高い。上式ではエネルギー源の1GJ当たりの利便性の違いがパラメータ  $\theta_i^k$  により評価され、世帯属性の違いが利便性の違いに影響をもたらすと想定している。例えば、家族の人数が異なると、電気に対するガスの利便性に違いを生じさせるといったことが考えられる。

GJ当たりの電気価格を  $p^e$ 、タイプ  $k$  のエネルギーの価格を  $p^k$  と定義し、世帯が一定の予算制約の下でエネルギー・サービスから得られる効用を最大化すべく行動していると仮定する。電気に対するタイプ  $k$  のエネルギーの相対支出を

$$s_i^{ke} = \frac{p^k g_i^k}{p^e g_i^e}$$

と定義すると、その対数値は効用最大化問題を解くことにより、

$$\ln(s_i^{ke}) = (1-\sigma)\ln\left(\frac{p^k}{p^e}\right) - (1-\sigma)\ln\left(\frac{\theta_i^k}{\theta_i^e}\right)$$

と導くことができる。本稿の主たる関心事はエネルギー源の間の代替性と相対的な利便性なので、電気の利便性を  $\theta^e = 1$  に基準化すると、

$$\ln s_i^{ke} = (1 - \sigma) \ln \left( \frac{p^k}{p^e} \right) - (1 - \sigma) \ln(\theta^{ke}) \quad (1)$$

という推計式を導出ける。以下では、この式1を基準式とした推計を行う。

### 3. データ

本稿の分析には、環境省より得た家庭 CO<sub>2</sub> 統計調査の個票データを用いる。環境省は、住宅部門の CO<sub>2</sub> 削減計画を設計するための情報を得るため、全国の世帯を対象に政府の一般統計調査として家庭 CO<sub>2</sub> 統計調査を実施している。関東甲信地方と北海道地方を対象地域とした第1回目のパイロット調査が2012年10月から2013年9月にかけて実施され、続けて対象地域を全国に広げた第2回目のパイロット調査が2014年10月から2015年9月にかけて実施された。その後、調査時期が4月から翌年の3月に変更され、毎年調査が行われている。本稿の分析には、2014年の第2回目のパイロット調査、および、2017年度と2018年度の本調査のデータを使用する。調査世帯は、2014年が11,632世帯、2017年が9,505世帯、2018年が9,996世帯、合計で31,133世帯である。

上記の調査世帯の中から分析に利用する変数の情報が含まれていない世帯と年間エネルギー消費量が著しく多い世帯<sup>4)</sup>を取り除いた結果、残りは27,755世帯となった。表1にそれらの世帯の情報をまとめているが、世帯の平均人数は

表1. 世帯の記述統計 (N=27,755)

変数	単位	平均	標準偏差	最小値	最大値
世帯人数	人	2.68	1.32	1	10
74歳以上の人数	人	0.23	0.52	0	3
家の床面積	m <sup>2</sup>	106.66	57.13	9.9	660
暖房必要度	℃	10.37	4.69	-5.9	24.8

4) 総エネルギー使用量が88GJを超える世帯を取り除いた。これらの世帯は平均消費量に標準偏差の2倍を加えた以上のエネルギーを使用している世帯である。

2.68人である。先行研究は高齢世帯の方が部屋を暖める傾向があることを指摘しているが (Bardazzi and Paziienza, 2017; Inoue et al. 2021)、本稿では、高齢者と同居しているかどうかエネルギー源の利便性に違いを生じさせるかを調べる。我々のデータでは1世帯当たりの74歳以上の高齢者の平均人数は0.23人となった。大きな住居に住む世帯ほどエネルギー消費量は多くなるが、本稿では家の大きさの違いがエネルギー源の利便性について差を生じさせるかについても調べる。我々のデータでは平均的な世帯の床面積は106.66m<sup>2</sup>である。

最後に居住地の気象条件の違いがエネルギーの代替の弾力性に違いをもたらすかどうかを調べるため、各世帯の最寄りの気象観測所の冬の1月の平均気温を調べた。一般的に気温が14℃を下回ると暖房が必要となると考えられているため (コトバンク, 2022)、14℃から1月の平均気温を差し引いた値を暖房必要度合いと定義し、それを分析に利用することとした。

次に、世帯のエネルギー利用状況について報告する。家計は電気・都市ガス・LPガス・灯油の4種類のエネルギー源を利用することができるが、この内の電気は全ての世帯で利用されている。一方、ガスを利用する場合には都市

表2. 各エネルギー源に対する年間平均支出額 (円)

タイプ	G1 電気のみ	G2 電気と 都市ガス	G3 電気と LPガス	G4 電気と灯油	G5 電気と都市 ガスと灯油	G6 電気とLP ガスと灯油
世帯数	3,393	7,095	3,767	3,046	4,161	6,293
電気	175,386 (100%)	103,097 (59%)	94,626 (55%)	156,492 (83%)	105,104 (53%)	107,989 (50%)
都市ガス	0 (0%)	71,289 (41%)	0 (0%)	0 (0%)	65,089 (33%)	0 (0%)
LPガス	0 (0%)	0 (0%)	77,240 (45%)	0 (0%)	0 (0%)	65,771 (31%)
灯油	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	33,175 (17.5%)	28,569 (14%)	40,776 (19%)
支出額計	175,386 (100%)	174,386 (100%)	171,866 (100%)	189,666 (100%)	198,762 (100%)	214,536 (100%)
消費量GJ	31.49	31.64	23.72	40.31	40.75	40.18

## 家計内でのエネルギー源の代替性

ガスとLPガスはどちらか一方を選んで利用することとなる。両方を併用している世帯は殆どいないので、考えられるエネルギー源の組み合わせは全部で6種類になる。

エネルギー源の組み合わせ別に世帯を6グループ（以下Gで示す）に分け、グループ毎に各エネルギー源に対する年間平均支出額を計算した結果を表2に示した。6種類のコンビネーションの中で最もエネルギーへの支出額が少ないのは、G3の電気とLPガスを利用している世帯であり、平均で年間17万1866円の支出となっている。灯油を利用している世帯の方が利用していない世帯よりも支出額が多いが、中でもG6の電気とLPガスと灯油を利用している世帯の支出が平均で年間21万4536円と最も高くなっている。

G2とG3を比べると、前者のグループの都市ガスへの支出割合が41%で後者のG3のLPガスへの支出割合が45%と、前者の方が後者よりもガスの支出割合が高くなっている。その一つの理由は、LPガスの方が都市ガスよりも割高なためであろう。

また、G5とG6を比べると、前者の都市ガスを利用する世帯の方が後者のLPガスを利用する世帯よりも、灯油への支出割合が少ないことが分かる。LPガスが都市ガスに比べて割高なため、LPガスを利用する世帯の方が灯油代を支払う傾向にあるということを示しているのだと思われる。

次に、表2の最下段で年間エネルギー消費量をグループ間に比較した。表から、灯油を利用するG4、G5、G6のエネルギー消費量が残りの3つのG1、G2、G3に比べて多いことが分かる。この結果は、灯油を使う世帯が寒冷地により多く住んでいることを反映していると思われる。また、電気とLPガスを利用するグループの方が電気と都市ガスを利用する世帯よりもエネルギー使用量が少ないことも示されているが、これは都市ガスとLPガスを利用する世帯では居住地域が異なること、世帯属性や住宅属性が異なることなどに起因していると思われる。

最後に、家計のエネルギー消費量の利用状況をヒストグラムに示した。スペースを節約するために、対象世帯数の多い2つのグループの結果のみを示

図1-1. 年間エネルギー消費量  
グループ2：電気と都市ガスを利用する世帯

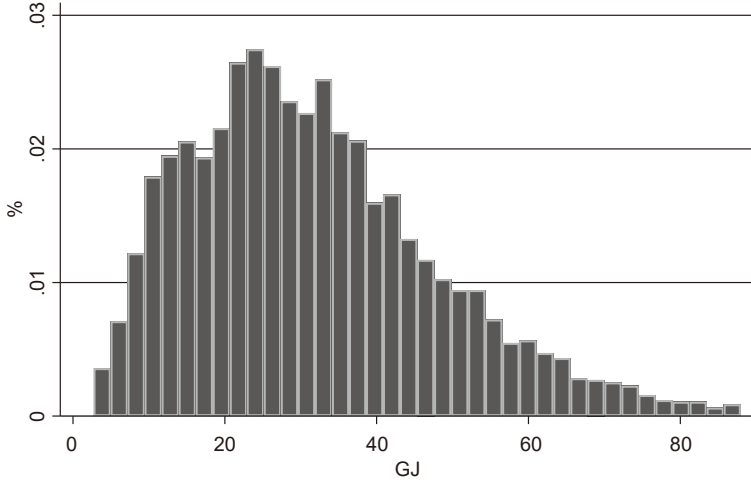
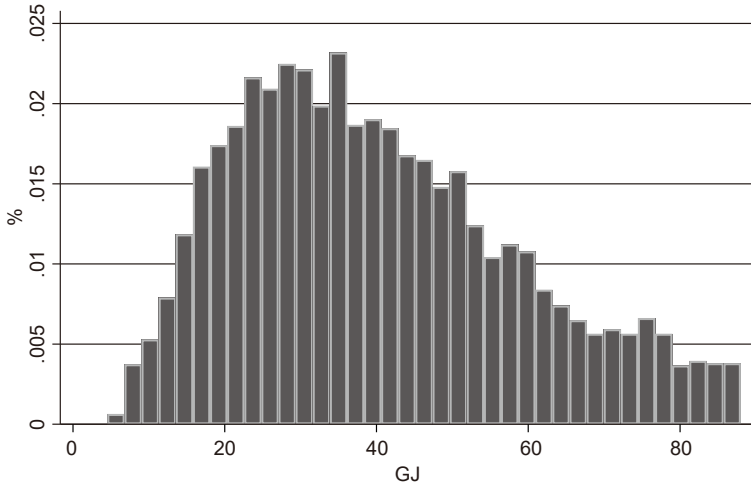


図1-2. 年間エネルギー消費量  
グループ6：電気とLPガスと灯油を利用する世帯





す。図 1-1 には G2 の電気と都市ガスを利用する世帯の結果を、図 1-2 には G6 の結果を示している。図から非常に沢山のエネルギーを利用する世帯が少数いること、Right skewed な分布関数になっていることが見て取れる。

#### 4. 推計方法と結果

これまで見てきたように、家計は日常生活で電気・ガス・灯油を組み合わせでエネルギー・サービスを利用している。この中では、電気が一番多様な用途に利用することが可能な利便性の高いエネルギー源である。一方、電気と比べるとガスや灯油の用途は大分限られており、中でも灯油は暖房目的に利用される割合が圧倒的に高く、消費量も冬季に圧倒的に高くなる。従って、灯油とその他のエネルギーの間の代替性は冬季とその他の季節では全く異なってくると予想される。以上の条件に鑑み、以下では 2 種類の分析を行うこととする。最初の分析では、1 年間を通して利用されるエネルギー源である電気とガスだけを利用している世帯に着目し、1 年間のエネルギー支出データを用いた分析を行う。もう一つの分析では、灯油を利用する世帯を含めて、1 月のエネルギー支出データだけを用いた分析を行う。

##### 4.1 年間データを用いた分析

この 4.1 章の分析では、G2 の電気と都市ガスを利用する世帯と G3 の電気と LP ガスを利用する世帯に着目し、1 年間のエネルギー支出データを用いて、電気と都市ガス及び電気と LP ガスの代替性と利便性について推計をする。推計には、式 1 を修正した以下の 2 式を用いる。

モデル 1. 価格比と定数項のみを含むモデル

$$\ln(s_i^{ke}) = \beta_p^k \ln\left(\frac{p^k}{p^e}\right) + \gamma_0^k + \varepsilon_i^k \quad (3)$$

モデル 2. 気象条件と世帯属性の影響を考慮するモデル

$$\ln(s_i^{ke}) = \beta_p^k \ln\left(\frac{p^k}{p^e}\right) + \beta_H^k \left(H_i \times \ln\left(\frac{p^k}{p^e}\right)\right) + \Gamma^k W_i + \varepsilon_i^k \quad (4)$$

ここで、 $s_i^{ke}$  は世帯の電気に対する都市ガス或いはLPガスの相対支出である。右辺2項目の  $H_i$  は世帯  $i$  の居住地における暖房必要度合いを示す変数であり、パラメータ  $\beta_H^k$  の説明力を調べることで暖房の必要度合いが電気とガスの代替性に影響力を持つかどうかを調べる。第3項の  $W_i$  は世帯  $i$  の属性ベクトルであり、世帯人数、高齢者の人数、住居の床面積、県別ダミーといった変数を含める。最後の  $\varepsilon_i^k$  が i.i.d. 誤差項だと仮定し、OLS による推計を行う。

推計結果を表3に掲載した。モデル1は式3で示された定数項のみを含めたモデルで、モデル2は式4で示された気象条件が弾力性に与える影響と世帯属性がエネルギー源の利便性に与える影響を加味したモデルである。表3の左2列のG2が電気と都市ガスを利用する世帯の結果であり、右2列のG3が電気とLPガスを利用する世帯の結果である。なお、モデル2の推計には県別ダミーを含めて分析を行ったが、紙面を節約するため推計結果は割愛している。

表3. 年間データを用いた分析

	G2. 電気と都市ガス		G3. 電気とLPガス	
	モデル1	モデル2	モデル1	モデル2
価格比の対数値	-0.403*** (0.019)	-0.604*** (0.072)	-0.209*** (0.021)	-0.160*** (0.032)
価格比と暖房必要度の交差項		-0.003 (0.006)		-0.010*** (0.003)
定数項	-0.598*** (0.013)	-0.856 (0.024)	-0.141*** (0.009)	-0.023 (0.080)
世帯人数		0.005 (0.005)		-0.009 (0.008)
高齢者人数		-0.041*** (0.013)		-0.042* (0.023)
床面積		-0.0014*** (0.0001)		-0.0026*** (0.0002)
対象世帯数	7,095		3,767	
決定係数	0.096	0.172	0.037	0.141

注. ( ) 内の値は標準誤差を示す。

\*\*\*, \*\*, \* は、それぞれ 1%, 5%, and 10% で有意であることを示す。

分析には県別固有効果を含む。

始めに定数項だけを含めたモデル 1 の結果をもとに考察を行う。価格比の対数値の変数は G2 と G3 のモデルとともに負の係数が得られ、1%水準で統計的に有意となっている。従って、ガスの価格が電気の価格に比べて相対的に効果になると、電気の支出に対するガスの相対支出が減少することとなる。ガスが割高になれば代わりに電気を使うようになるということである。

得られた結果をもとに平均的な気象条件の地域における電気とガスの代替の弾力性を計算すると、電気と都市ガスの代替の弾力性が  $\sigma^{ce} = 1.403$  で、電気と LP ガスの代替の弾力性が  $\sigma^{le} = 1.209$  となる。従って、都市ガスより LP ガスの方が代替の弾力性がやや高い。

定数項も G2 と G3 のモデルとともに 1%水準で統計的に有意となっている。符号がマイナスであることから、電気と比べてガスの利便性が低いこととなる。推計結果に基づいて、電気に対するガスの利便性を計算すると、都市ガスが  $\theta^{ce} = 0.227$ 、LP ガスが  $\theta^{le} = 0.511$  となっている。

次に、モデル 2 の推計結果をもとに、気象条件と世帯属性の影響について考察する。気象条件が電気とガスの代替性に影響を及ぼすかを調べるため導入した価格比と暖房必要度の交差項については共に符号はマイナスになったものの、G3 の世帯だけ統計的に有意な結果が得られた。マイナスの符号が得られているので、寒い地域ほど電気とガスの代替性は上昇することとなる。得られているパラメータを使って気温が弾力性に与える影響を計算すると、平均的な地域に比べて気温が 10℃低い地域では、電気と LP ガスの代替の弾力性は 0.11 程度上昇する。

電気とガスの利便性については、G2 の世帯でも G3 の世帯でも高齢者の人数と床面積が説明力を持った。ともにマイナスの符号が得られているので、高齢者がいる世帯や床面積の広い世帯では、電気と比べてガスの利便性が低くなるということとなる。

式 1 の CES 型効用関数の間接効用関数は

$$V(\mathbf{p}, m_i) = m_i \left( \sum_k (\theta^k)^\sigma (p^k)^{1-\sigma} \right)^{\frac{1}{\sigma-1}}$$

と与えられる。この式を使うと、電気と都市ガスを利用しているグループの中で平均的な世帯が電気とガスそれぞれから、どれ位の効用を得ているかを計算することができる。推計結果によれば、G2の世帯は、エネルギー・サービスの効用の約90.5%を電気の利用から、残り9.5%を都市ガスから得ていることとなる。一方、G3の世帯は、約83.3%を電気の利用から、残り16.7%をLPガスから得ていることとなる。

#### 4.2. 1月だけのデータを用いた分析

冬季のエネルギーの代替性に着目をするため、ここでは1月だけのエネルギー消費データを用いる<sup>5)</sup>。なお、G2、G3、G4の2種類のエネルギー源を利用する世帯の推計には式3と式4のモデルを用いたが、G5とG6の3種類のエネルギー源を利用する世帯の推計には以下の Seemingly Unrelated Regression Model を用いた。

$$\begin{aligned} \ln(s_i^{ke}) &= \beta_p^k \ln\left(\frac{p^k}{p^e}\right) + \beta_H^k \left( H_i \times \ln\left(\frac{p^k}{p^e}\right) \right) + \Gamma^k \mathbf{W}_i + \varepsilon_i^k \\ \ln(s_i^{le}) &= \beta_p^l \ln\left(\frac{p^l}{p^e}\right) + \beta_H^l \left( H_i \times \ln\left(\frac{p^l}{p^e}\right) \right) + \Gamma^l \mathbf{W}_i + \varepsilon_i^l \end{aligned} \quad (5)$$

なお、理論モデルと整合的になるように、 $\beta_p^k = \beta_p^l$ 、 $\beta_H^k = \beta_H^l$  という制約式をおく。一方、誤差項  $\varepsilon_i^k$  と  $\varepsilon_i^l$  は相関を持てるようにする。

表4に推計結果を示した。4.1章と同様に、モデル1は定数項のみを含むモデルであり、モデル2は気象条件が代替の弾力性に与える影響と世帯属性がエネルギー源の利便性に与える影響を加味したモデルである。

まずモデル1の結果から読み取れる内容について報告する。価格比の対数値のパラメータは全てマイナスになり、統計的にも1%水準で有意になった。従って、電気に比べて相対的に高価になったエネルギー源の相対支出は少なく

5) データの信頼性に鑑み、エネルギー消費量が著しく高い世帯（1月のエネルギー消費量が20GJを超える世帯）のデータは取り除くこととした。その結果、対象世帯数は28,493となった。

家計内でのエネルギー源の代替性

なるということが示されている。しかしながら、G4の電気と灯油を利用する世帯のパラメータ値が-1.18となっており、CES関数で想定されるパラメータ値より小さな値となっている。これは、モデル2との対比から推し量

表4. 1月のデータを用いた分析

	G2. 電気と 都市ガス	G3. 電気と LPガス	G4. 電気と 灯油	G5. 電気と都 市ガスと灯油	G6. 電気とLP ガスと灯油
対象世帯数	7,763	4,812	2,637	3,718	5,565
モデル1					
価格比の対数値	-0.67***	-0.44***	-1.18***	-0.79***	-0.74***
定数項	-0.67***	-0.25***	-2.22***	-0.88***	-0.46***
モデル2					
都市ガス					
価格比の対数値	-0.83***			-0.54***	
価格比と暖房必要 度の交差項	-0.01			-0.03***	
定数項	-0.92***			-0.60***	
世帯人数	-0.003			-0.02**	
高齢者人数	-0.06***			-0.07***	
床面積	-0.001***			-0.002***	
LPガス					
価格比の対数値		-0.41***			-0.68***
価格比と暖房必要 度の交差項		-0.01*			0.002
定数項		-0.06			0.08
世帯人数		-0.02***			-0.08***
高齢者人数		-0.09***			-0.09***
床面積		-0.003***			-0.003***
灯油					
価格比の対数値			-0.12	-0.54***	-0.68***
価格比と暖房必要 度の交差項			-0.04***	-0.03***	0.002
定数項			-1.66***	-1.67***	-1.56***
世帯人数			-0.05***	-0.09***	-0.05***
高齢者人数			0.04	0.04*	0.05**
床面積			3.8E-04	-2.5E-04	-1.4E-05

注. \*\*\*, \*\*, \* は、それぞれ 1%, 5%, and 10% で有意であることを示す。

分析には県別固有効果を含む。

れるように、気象条件が代替の弾力性に与える影響を考慮していないためだと判断される。

定数項の結果をもとにエネルギー源間の利便性について考察してみる。全てマイナスの値が得られているので、電気に比べると都市ガスもLPガスも灯油も利便性が低いということとなる。言い換えると、同じ熱量のエネルギーを貰えるのであれば、電気で貰える方が有難いということとなる。

次に、モデル2の推計結果について紹介する。価格比の対数値については、G4の電気と灯油を利用する世帯で統計的に有意な結果が得られなかったが、それ以外のグループでは全てマイナスで有意な結果が得られている。再び、推計結果から、電気に比べて割高なエネルギー源の支出が抑えられているということが分かる。

価格比と暖房必要度の交差項については、G5を除くグループでマイナスの符号が得られ、G3, G4, G5で統計的に有意な結果が得られた。マイナスの符号は、気温低下で暖房必要度が高まるにつれ、エネルギー源間の代替の弾力性が低下することを示す。

G6の電気とLPガスと灯油を利用する世帯を除いて、定数項についてマイナスの値が得られているが、このことは電気に比べて残りのエネルギー源の利便性が低いことを示している。世帯人数については、多くのグループでマイナス符号が得られているので、人数が増えると電気に比した他のエネルギー源の利便性が低下するようである。一方、高齢者の存在はグループ間で異なった影響を及ぼすことも確認された。高齢者のいる世帯ではガスの利便性が低く評価される一方で、灯油の利便性が高く評価されている。こうした結果は、灯油が高齢世帯でより多く利用されていることと整合的だと思われる。最後に、床面積についてはガスに関してマイナスの符号が得られている。この結果は、家が大きくなるにつれ、ガスの利便性が低下することを示している。

得られた結果を使って計算した平均的世帯における、電気と各種エネルギー源の代替の弾力性、利便性、厚生シェアを表5にまとめた。利便性についてはグループの間でかなり整合的な結果が得られている。表の結果は、都市ガス、

家計内でのエネルギー源の代替性

表5. パラメータの推計値のまとめ

	G2. 電気と 都市ガス	G3. 電気と LPガス	G4. 電気と 灯油	G5. 電気と都 市ガスと灯油	G6. 電気とLP ガスと灯油
モデル1					
代替の弾力性					
$\sigma$	1.673	1.439	2.184	1.791	1.745
利便性					
$\theta^{ce}$	0.369			0.328	
$\theta^{le}$		0.571			0.541
$\theta^{ke}$			0.153	0.127	0.160
厚生シェア					
電気	80%	72%	95%	80%	75%
都市ガス	20%			14%	
LPガス		28%			18%
灯油			5%	5%	7%
モデル2					
代替の弾力性					
$\sigma$	1.938	1.455	1.621	1.878	1.658
利便性					
$\theta^{ce}$	0.321			0.338	
$\theta^{le}$		0.380			0.440
$\theta^{ke}$			0.060	0.110	0.078
厚生シェア					
電気	84%	83%	98%	82%	82%
都市ガス	16%			15%	15%
LPガス		17%		4%	
灯油			2%		3%

注. \*\*\*, \*\*, \* は、それぞれ 1%, 5%, and 10% で有意であることを示す。  
分析には県別固有効果を含む。

LP ガス、灯油の利便性がすべからく電気の利便性よりも低い、中でも灯油の利便性がかなり低いことが示されている。厚生シェアに関しては、G3 の電気と LP ガスを利用する世帯と G4 の電気と灯油を利用する世帯の間では、その他のグループの世帯に比べて電気の厚生シェアが高いことが示されている。

## 5. 結論と考察

家計は日常生活で、電気・ガス・灯油といったエネルギー源を組みあわせて利用し、エネルギー・サービスを得ている。本稿では、家計レベルのエネルギー消費のデータ分析を行って、それらのエネルギー源間にどれ位の代替の弾力性があるかを調べた。分析結果は、エネルギー源間に一定の代替性があるものの、気温の低下に伴って代替性が上昇することを示している。

その理由として幾つかの要因が考えられる。考えられる第1の要因は寒冷地と温暖地でのエネルギー用途の違いである。寒冷地ではエネルギーに熱源としての役割が強く期待されるが、ガスや灯油に比べると電気は熱源としての能力が劣る。例えば、寒冷地仕様のエアコンなども開発・販売されているが、灯油ストーブなどに比べると販売価格も非常に割高であり、各種補助政策が導入されているにもかかわらず余り普及していない。考えられる第2の要因は購入形態の違いである。電気は送電網から送られているものを逐次利用するフロー・サービスの購入である。一方で、LPガスや灯油は家に運んで買ったものを取りあえず自宅に一度保管してから、必要に応じて使うというストック・サービスの購入である。フロー・サービスの電気よりもストック・サービスのガスや灯油の方がいざという時に安心であるので、代替性に差が生じているとも思われる。つまり、寒冷地ではもしもの時のため電力に頼り切る気になれない人がガスや灯油を使い続けるということである。

ここで、温暖化対策を目的としてカーボン・プライシング（CP）を利用する際の本稿の含意について述べたい。CPの利用時には税率は各エネルギー源の排出係数に応じて決められる。そのため、CPが強化されると、排出係数の大きなエネルギー源から他のエネルギー源へのエネルギー転換が生ずるはずだが、エネルギー源間の代替の弾力性が高い寒冷地域では、そうしたエネルギー転換はより急速に生ずるはずである。

分析の結果は世帯の属性がエネルギーの利便性の評価に差をもたらすことを示している。CPが導入されるようになると、灯油を高く評価している高齢単身世帯などは、相対的に税負担が大きくなることも予想される。



**謝辞** 本研究は青山学院大学経済研究所の2021年度の短期研究プロジェクトの支援を受けて実施した。

#### 参考文献

- Bardazzi, R. and Paziienza, M.G. 2017. Switch off the light, please! Energy use, aging population and consumption habits. *Energy Economics*, Vol.65, pp.161–171.
- Dong, M. and Xu, W. 2010. Using smart meter to monitor the energy consumption of home appliances. *Proceedings of the 2010 CIGRE Canada conference on power systems: power system solutions for a cleaner, greener world*, (p. 500). Canada: CIGRE Canada.
- Dunbabin P, Palmer J, and Terry N. 2015. Electricity use by domestic appliances in English households. In: ECEEE-2015 European council for an energy efficient economy 2015 summer study on energy efficiency. pp.1439–50.
- Inoue, N., Matsumoto, S., Mayumi, K. 2021. Household energy consumption pattern changes in an aging society: The case of Japan between 1989 and 2014 in retrospect. *International Journal of Economic Policy Studies*, Vol.16, pp.67–83.
- Matsumoto, S. 2022a. How will a carbon tax affect household energy source combination? *Energy Strategy Reviews*, Vol.40, Online first.
- Matsumoto, S. 2022b. How much difference does household energy source selection make in winter CO2 emissions? *Frontiers in Climate*, section Climate and Economics. *Frontiers*. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.847851>.
- Stankovic, L., Stankovic, V., Liao, J. and Wilson, C. 2016. Measuring the energy intensity of domestic activities from smart meter data. *Applied Energy*, Vol.183, pp.1565–1580.
- Zhao B., Stankovic L., and Stankovic V. 2016. On a training-less solution for non-intrusive appliance load monitoring using graph signal processing. *IEEE Access*, Vol.4, pp.1784–99.
- Zoha A., Gluhak A., Imran, M.A. and Rajasegarar, S. 2012. Non-intrusive load monitoring approaches for disaggregated energy sensing: a survey. *Sensors*, Vol.12, 16838–16866.
- コトバンク . 2022. デイグリーデー . <https://kotobank.jp/word/>. アクセス : 2022年8月30日.