

長期エネルギー需給見通しで想定された省エネ対策コストの推計

星野優子・永田豊・浜渦純大
電力中央研究所 社会経済研究所

2015年9月28日

要約：

本年7月に「エネルギー基本計画」の定量的な姿である長期エネルギー需給見通し（以下、需給見通し）が示された。需給見通しの策定にあたっては、(1)自給率は震災前を上回る水準（概ね25%）に、(2)電力コストは現状よりも引き下げ、(3)温室効果ガス削減目標は欧米に遜色ない水準に、の3つの基本方針があげられた。

今回のエネルギーミックス検討のベースとなった「省エネ後」の値は、電力需要についてみると、旧来の安定的軌道上にある「省エネ前」の値から17%少ない。ここで見落としてはならないのは、省エネ対策コストである。需給見通しの、「省エネ後」のケースにおいては、省エネ対策コストは明示的に織込まれていない。そこで、想定される省エネ量が実現するために必要となる電気料金の上昇を、ここでは省エネ対策コストとして推計した。当所「展望」結果をベースに分析したところ、需給見通しより低めの経済成長率（1.0%）を前提とした場合に、需給見通しと同等の省エネ水準まで電力需要を減らす（9.3%）ためには、電気料金が47.5%上昇しなくてはならないことがわかった。このとき、GDPは0.6%減少する。このことから、需給見通しで想定されている電力部門での17%の省エネを達成するには、さらに大幅な電気料金の上昇が必要になり、GDPへの影響もより大きくなることがわかる。「電力コストを現状よりも低下」させつつ大幅な省エネを実現しようという需給見通しの想定は、達成困難な目標であるといえる。

免責事項

本ディスカッションペーパー中、意見にかかる部分は筆者のものであり、
（一財）電力中央研究所又はその他機関の見解を示すものではない。

Disclaimer

The views expressed in this paper are solely those of the author(s), and do not necessarily reflect the views of CRIEPI or other organizations.

この論文は、<http://criepi.denken.or.jp/jp/serc/discussion/index.html> からダウンロードできます。

1. はじめに

2015年7月に「エネルギー基本計画」の定量的な姿である長期エネルギー需給見通し（以下、需給見通し）が示された。当所では、同年4月に、2030年までのエネルギー需給展望の暫定試算（星野・浜渦・永田 [2015]）を行った。しかし、同4月に需給見通しのベースとなる総合エネルギー統計が、1990年以降について遡及改訂されたことから、本稿では、星野他 [2015] のシナリオを踏襲しつつ、実績期間および足元のデータを置き換えるのにあわせて、2030年までの展望結果の改訂を行った。展望結果の概要は、巻末補論に示した通りである。

長期エネルギー需給見通しの策定にあたっては、(1)自給率は震災前を上回る水準（概ね25%）に、(2)電力コストは現状よりも引き下げ、(3)温室効果ガス削減目標は欧米に遜色ない水準に、の3つの基本方針があげられた。前提とする2030年までの経済成長率については、内閣府の経済再生ケースを基に年率1.7%とされた。これは潜在成長力をもとに当所「展望」で試算した浜渦 [2015] の結果（標準ケースで同1.0%、低成長ケースで同0.5%、高成長ケースで同1.5%）と比べて、かなり高めの成長率である。高い経済成長率と、見通し策定の3つの基本方針を同時に達成するには、野心的な省エネ（節電）の想定に頼らざるを得なかった、というのが今回の需給見通しの最大のポイントである。

電力需要は経済成長とともに増加する。この関係は、省エネの動向や産業構造の変化にも左右されるが、震災前までは比較的長期に安定して推移してきた。図1のように、実質 GDP と総電力需要の間の、右肩上がりの長期安定的な関係は、2011年以降に崩れたようにも見える。しかし、過去には第2次石油危機時にも、ほぼ同様のことが起きている。この時は、その後の料金低下や経済の回復に伴う家電普及や産業部門での電力シフトもあり、3年後には、再び安定的な軌道を描き始めている。現時点で、GDP と電力需要の関係が切れたと考えるのは早計であろう¹。

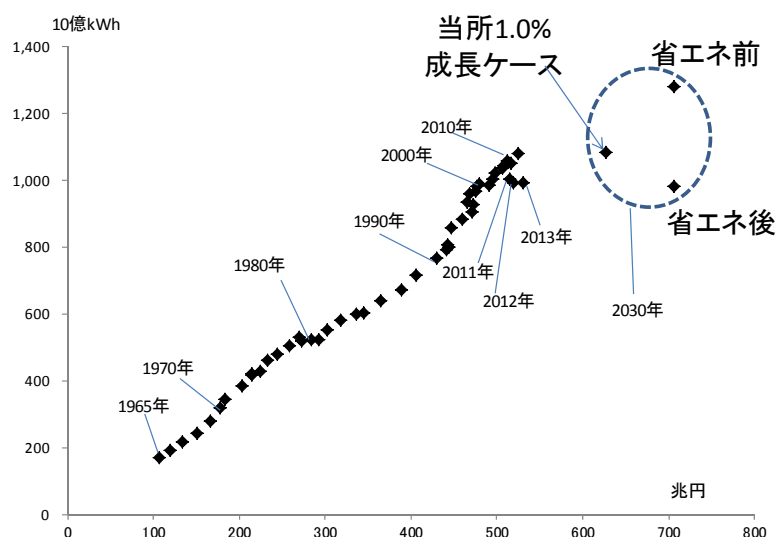


図1 GDP（横軸）と電力需要（縦軸）の関係

¹ なお、本稿では、震災前後の需要変化の要因についての検討は行っていない。

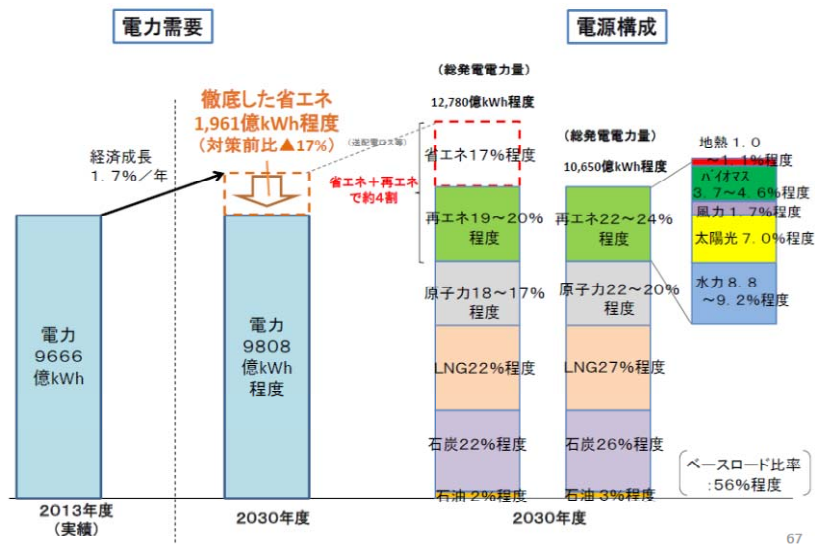
図の右上には、需給見通しでの2030年の値を、当所「展望」の標準ケースである1.0%成長ケースの値とともにプロットしている。今回のエネルギーミックス検討のベースとなった「省エネ後」の値は、旧来の安定的軌道にある「省エネ前」（現状施策延長ケース）の値から17%少なく、上述の関係からの大きな逸脱を見込んでいることがわかる。

ここで見落としてならないのは、省エネ対策コストである。長期エネルギー需給見通しでは、この17%に相当する省エネ対策コストについての言及はされていない。そこで本稿では、仮に長期エネルギー需給見通しと同様の想定の下で、総電力需要を2030年までに9,808億kWhまで減少させるためには、電気料金はどの程度上昇する必要があるのか、についてモデル試算を行った。

2. 長期エネルギー需給見通しにおける省エネ（電力部門）の想定

図1は、長期エネルギー需給見通しにおける電力部門での省エネ・節電の見通しである。平均1.7%の経済成長のもとで、2030年時点の電力需要は「省エネ前」で11,769億kWhと想定されている。これに対して、「省エネ後」ケースでは、17%の徹底した省エネが想定されており、2030年時点の電力需要は9,808億kWhとなっている。

省エネの指標としてしばしば参照される指標として、GDP当たりの電力需要（電力需要のGDP原単位）がある。長期エネルギー需給見通しの「省エネ前」では、この原単位は、2030年までの平均で、年率0.6%で改善する。これに対して、「省エネ後」の改善率は、年率1.6%と大きい。



出所：長期エネルギー需給見通し資料集より

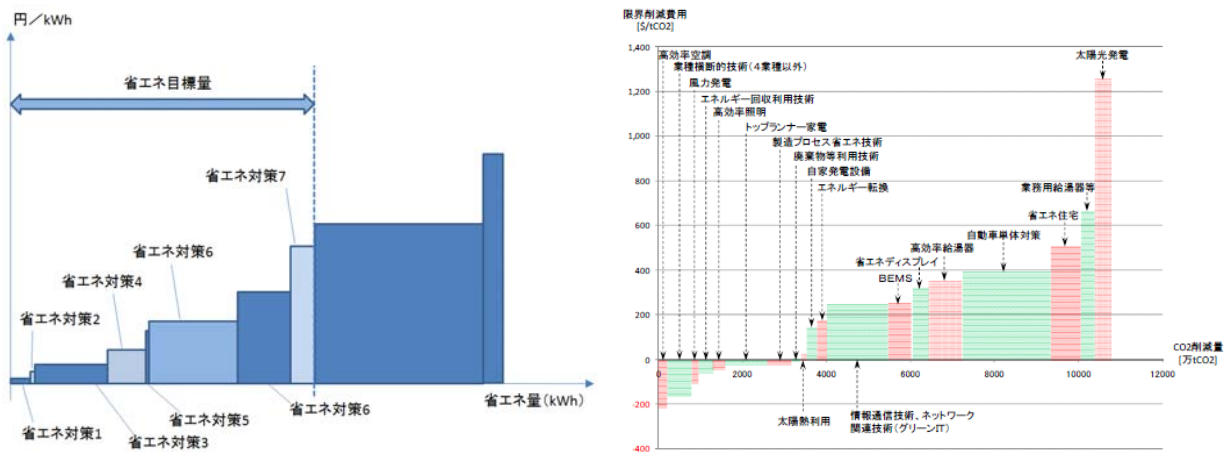
図2 長期エネルギー需給見通しにおける電力需給の想定

これは、過去の同指標の平均的な動きからは大きく異なり、第1,2次石油危機後と同程度の強度の省エネが今後2030年まで継続することを想定していることにほぼ相当する。

3. 電力需要に関する省エネ対策コストの推計

3.1 推計方法

省エネ対策コストの定義は、様々なものがあるが、推計方法から分類すると、表1に挙げたように大きく二種類に分類できる。一つは、ボトムアップモデルによる推計方法であり、部門ごとの主要な技術について、その省エネポテンシャル、コストについて将来推計し、積み上げていく方法である。図2の左はそのイメージを示したものである。横軸に省エネ量、縦軸に省エネ対策コストをとって、コストの低い順に左から省エネ対策を並べている。個別技術に関する将来シナリオと整合的な見通しを立てることができるため政策との親和性が高い。この図で、省エネ目標量を達成するためには、省エネ対策7までが実施されれば良く、この時の省エネ対策コストは省エネ対策7までの四角形の面積の総和で求められる。しかし実際には、規制や情報の不完全性など様々な理由で、必ずしも対策コストの安い順に実施されるとは限らない。また、省エネポテンシャル量と実現する省エネ量との間にはしばしば大きな開きがある。これら省エネギャップ²が存在するために、この方法では、省エネ対策コストを過小に評価してしまう傾向がある点に注意が必要である。図2の右は、同様のボトムアップの方法を用いた実例で、横軸に温室効果ガス排出量、縦軸に排出削減費用をとった図である³。



出所) 左：当所作成、右：日本エネルギー経済研究所 [2009]，第6回中期目標検討委員会資料より

図2 ボトムアップモデルによる省エネコストの推計

(左：省エネ目標とコストのイメージ，右：温室効果ガス削減コストの例)

² 若林・木村 [2008] に詳しい。

³ 図の左端に、コストがマイナスの対策が示されている。これは、先に述べた省エネギャップ等の存在によって、実際には実現が難しいものが含まれていることに注意が必要である。

もう一つは、トップダウンモデルによる推計方法である。集計した需要量について、モデル推定期間の平均的な価格効果⁴による需要抑制度合いをモデル化し、目標とする省エネ量を実現するために必要な価格上昇幅を逆算するものである。個別技術についての考察ができない反面、想定される経済・産業構造において、過去の平均的な省エネ進展度合いをベンチマークにしたときの集計ベースでの追加的コストを推計することができる。ただし結果はモデルの構造（推定パラメータ）に依存するため、幅を持って解釈する必要がある。本稿では、後者の方法を用いて省エネ対策コストを推計する。

表1 省エネ対策コストの分類（推計方法による）

モデルタイプ	特徴	省エネ対策コストの指標
ボトムアップ	部門単位の主要技術ごとに省エネ対策コストと省エネ量を積み上げる。実際には、省エネポテンシャルと実現値には差（省エネギャップ）が存在するため、省エネ量を過大に、省エネコストを過小に推計する傾向にある。	省エネ量に応じた対策金額
トップダウン	集計量での過去の価格効果による需要抑制度合いをモデル化し、目標とする省エネ量を実現するために必要な価格上昇幅を逆算する。個別技術の考察はできない。モデル構造に依存するため結果は幅を持った解釈が必要。	需要抑制を実現するときの電気料金、GDPの変化

当所では、2030年までの経済・エネルギー需給展望を行っている（浜渦純大 [2015]、星野・浜渦・永田 [2015]）。このうち、電力を含むエネルギー需給展望は総合エネルギー統計に準拠して行っているが、同統計が本年4月に大きく改訂されたことから、本稿では、星野他 [2015] の展望結果をもとに、改訂後の総合エネルギー統計の水準にあうように簡易的な調整を行った⁵。今回の改訂によって、電力需要量は、部門によっては足元の水準を含めて改訂されている⁶。前提条件等の展望のシナリオには変更ない。補論に示した1.0%成長ケースでは、電力需要の GDP 原単位でみた省エネ指標の年平均改善率(2012～2030年間)は0.4%で、2000～2010年間の実績0.2%と比較しても遜色はない。なお、推計に用いたモデルの概要⁷は以下のとおりである。

(1) 最終エネルギー需要：

最終エネルギー需要については、以下の(1)式の関数型による対数線形モデルで、各部門の最終エネルギー需要合計を求め、(2)式の関数型によるトランスログ型コストシェア関数を用いて電力を含むエネルギー源別需要を求める。なお、運輸部門に関しては、輸送形態・燃料別に(1)式の関

⁴ この場合の価格変数は、一般的に物価上昇を考慮した実質価格が用いられる。

⁵ 簡易的な調整後の主な展望結果を補論に示す。

⁶ 付図は、新旧の両統計を比較可能な2012年時点での部門別の乖離でみたものである。

⁷ モデルの基本構造は、永田 [1995] に基づく。エネルギー間競合モデルは、年次時系列データを用いたマクロ計量モデルであることから、マクロ経済、産業構造、エネルギー諸物価変数について、マクロ経済モデル、産業連関モデルとのリンクが可能な点、各年の変化を見ることができる点が特徴である。

数型を用いている。運輸部門の電力需要については、主として外生的なシナリオで想定している。

$$TFC_{i,t} = f(X_{i,t}, P_{i,t}, trend, W_{i,t}) \quad (1)$$

$$S_{ij,t} = f(P_{ie,t}, P_{ig,t}, P_{ic,t}, P_{io,t}, trend, S_{ij,t-1}) \quad (2)$$

$$S_{ij,t} = \frac{P_{ij,t} \times TFC_{ij,t}}{\sum_j (P_{ij,t} \times TFC_{ij,t})} \quad (3)$$

$$TFC_{i,t} = \sum_j TFC_{ij,t} \quad (4)$$

$$P_{i,t} = \frac{\sum_j (P_{ij,t} \times TFC_{ij,t})}{TFC_{i,t}} \quad (5)$$

第 i 部門のエネルギー j の最終エネルギー需要 TFC_{ij} は (1), (2) の推定結果を用い、以下の (6) 式で求められる。

$$TFC_{ij,t} = S_{ij,t} \times \frac{TFC_{i,t} \times P_{i,t}}{P_{ij,t}} \quad (6)$$

TFC_{ij} は最終エネルギー需要、 X_i は所得・生産関連変数、 P_{ij} は価格関連変数、 $trend$ はトレンド変数⁸である。 W_i は、世帯数、床面積、気温など、各部門、業種、用途に特有なその他要因である。

ただし $i =$ 農林水産業、鉱業、建設業、鉄鋼、非鉄、窯業土石、紙パ、化学、食品、繊維、機械、その他製造業、家庭用暖房、家庭用冷房、家庭用給湯、家庭用厨房、家庭用動力、業務用暖房、業務用冷房、業務用給湯、業務用厨房、業務用動力、 $j = e$ 電力、 g ガス、 c 石炭、 o 石油 である。

(2) 電気料金：

資本費、人件費、他社電力購入、燃料費、その他経費を積み上げた発電単価を基に推計している。再エネ賦課金は朝野 [2015] を参考に導入量に応じて付加する。各構成費用は、経済変数、前期の実績等で内生化している。燃料費については、火力発電シェア、燃料価格を基に推計していることから、原子力、水力、再エネが一定規模のもとで需要が増加する場合には、火力燃料コストの上昇から電気料金は上昇する。

⁸ 非線形なトレンドを含む。星野 [2010] を参照。

(3) 経済・産業構造ブロック：

マクロ計量経済モデル、産業関連モデルを用いている。電気、ガス料金、燃料輸入量等が変化することによる、マクロ経済および産業生産額の変化を求めることができる。詳細は浜潟 [2013] を参照。ただし、電気料金上昇による産業の海外移転等の影響を織り込んだシミュレーションにはなっていないため、本試算結果は、ベースラインの産業構造を前提とした場合の結果である。

本稿では、電力部門に絞ったシミュレーションを行っているが、モデル自体は、ガス、石油製品、石炭を含むエネルギー需給全体を網羅しており、電気料金上昇による他のエネルギー源への代替の影響も含めてエネルギー需要全体への影響を同時に見ることができる点が特徴である。

以下では、仮に電気料金 P_e の上昇によってどの程度の需要減少が見込めるかを、上記の枠組みを用いて推計することで、省エネ（節電コスト）を推計する。

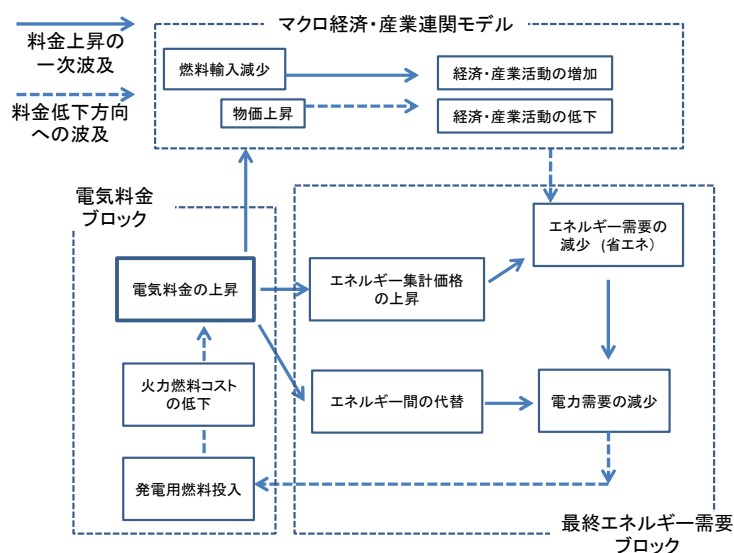


図3 省エネ対策コスト推計のフローチャート

図3は、電気料金上昇による波及経路をフローチャートとして示したものである。電気料金の上昇は、エネルギー集計価格の上昇に加え、経済や産業活動を低下させることから、エネルギー需要の減少（省エネ）を招く。また、電気料金の上昇は、ガスや石油といった他のエネルギー源への代替を引き起こす。エネルギー需要の減少とエネルギー間の代替によって、電力需要は減少する。電力需要の減少は、火力発電用燃料消費の減少を通じて、発電単価に占める燃料コストを低下させることから、電気料金を引き下げる方向に働く。一方で燃料輸入の減少は、経済成長にはプラスに働く。分析では、こうした波及効果を通じた、電気料金上昇による電力需要への最終的な影響を求める。仮に電気料金上昇の経済影響が非常に大きい場合には、上記枠組みで推計する省エネのためのコストは小さくて済むことになる。

3.2 推計結果

上記モデルを用いたシミュレーションを行った。モデルでは、電気料金は内生的に求められることから、発電単価に外生的なショックを与え、求められる電力需要が、2030年の長期エネルギー需給見通しの省エネ後の値である9,808億 kWh に近い値となるときに電気料金を求めた。表2にその結果を示した。

表2 シミュレーション結果(2030年)

	1.0%成長 ケース	料金上昇 ケース	乖離率
総合単価(円/kWh)	26.70	39.37	47.5%
最終エネルギー消費(PJ)	13614	13272	-2.5%
うち産業部門	6041	5784	-4.2%
うち民生部門	4780	4682	-2.1%
電力需要(億kWh)	10,816	9,813	-9.3%
うち産業用(自家発電)	3,444	2,948	-14.4%
うち民生用(自家発電)	7,099	6,591	-7.2%
ガス需要	1,221	1,302	6.6%
CO ₂ 排出量(百万tCO ₂)	1106	1055	-4.5%
うち発電部門	429	381	-11.1%
うち産業部門	300	292	-2.4%
うち民生部門	120	125	4.4%
GDP(10億円)	626,472	622,963	-0.6%

電気料金の上昇による経済影響が大きい場合(経済全体で見た電力需要の価格弾力性が大きい)には、料金上昇による需要削減効果も大きくなることから、電気料金はそれほど上げずに済むといった裏腹の関係がある。電気料金上昇によるマクロ経済影響については、例えば間瀬・林田[2014]では、1.7~2.4%の電気料金の上昇が、GDPを0.03%減少させるという結果を得ており、今回の感度はほぼ同程度であった。いずれの分析においても、電気料金の上昇がある臨界点を超えると、製造業が生産拠点を海外へ移す、といった非線形な産業構造変化は織り込んでいない⁹。仮にこうした要因を織り込む場合には、GDP影響でみた省エネ対策コストはさらに膨らむ可能性がある。

本分析では、エネルギー間の代替に伴う影響も織り込んでいる。電気料金の上昇によって電力需要が減少する一方で、特に民生部門では、電気からガスへの代替によるガス需要の増加がみられる。一方、産業部門においては、ガスへの代替はあまり進まない一方で、最終エネルギー消費も4%強減少することから、産業部門全体のCO₂排出量は減少することがわかる。

⁹ このため、このシミュレーションは2030年時点での短期的影響を見ていることになる。なお、経済モデルは、前期ラグを持つことから、影響が一巡する2年目のインパクトを見るために、2029年2030年の2年間でシミュレーションを行った。

5. まとめ

既に図 1 でみたように、長期エネルギー需給見通しで想定されている省エネは、長期的関係から外れた野心的な目標である。当所「展望」結果をもとにしたシミュレーション分析によれば、需給見通しより低めの経済成長率（1.0%）を前提とした場合に、需給見通しと同等の省エネ水準まで電力需要を減らす（9.3%）ためには、電気料金が 47.5% 上昇しなくてはならないことがわかった。このとき、GDP は 0.6% 減少する。この関係から、経済への波及効果や他のエネルギーとの競争を織り込んだとき、1% の電気料金の上昇は、概ね電力需要を 0.20% 減少させることがわかる。この影響は、前提とする経済・産業構造に依存するものであり、幅を持って理解する必要があるが、仮にこの感度を用いると、需給見通しで想定されている電力部門での 17% の省エネを達成するには、9 割近い大幅な電気料金の上昇が必要になり、GDP への影響もより大きくなることになる。

このことから、「電力コストを現状よりも低下」させつつ大幅な省エネを実現しようという需給見通しの想定は、達成困難な目標であるといえる。

参考文献

- 朝野賢司 [2015], 太陽光発電・風力発電の大量導入による固定価格買い取り制度（FIT）の賦課金見通し, 電力中央研究所社会経済研究所ディスカッションペーパー-SERCI4009
- 戒能一成 [2015], 2013年度改訂版「総合エネルギー統計」の開発について, *RIETI Discussion Paper Series* 15-J-006
- 日本エネルギー経済研究所 [2009], エネ研モデルによる分析結果（対策技術積み上げモデルの分析結果）, 第6回中期目標検討委員会資料
- 経済産業省資源エネルギー庁 [2015], 長期エネルギー需給見通し関連資料, 2015.5
- 永田豊 [1995], エネルギー間競合モデル, 電力経済研究 No.35, pp93-105
- 浜瀧純大, 星野優子, 永田豊, 桜井紀久, 門多治 [2013], 2030 年までの産業構造・エネルギー需給展望, 電力中央研究所研究報告 Y12033
- 浜瀧純大 [2015], 2030 年までのマクロ経済・産業構造展望 - エネルギー需給展望に向けた日本経済の成長力の見方 -, 電力中央研究所 研究報告 Y14017
- 星野優子 [2011], 日本のエネルギー需要の価格弾力性の推計 - 非対称性と需要トレンドの影響を考慮して -, 電力中央研究所 研究報告 Y10016
- 星野優子 [2014], 業務・家庭部門の省エネの見通しについて—2030 年までの将来展望のためのシナリオ分析—, 電力中央研究所社会経済研究所ディスカッションペーパー-SERCI4006
- 星野優子・永田豊・浜瀧純大[2015], 2030 年までのエネルギー需給展望の見直し - 2010 年度改訂版総合エネルギー統計に準拠した試算結果の概要 -, 電力中央研究所社会経済研究所ディスカッ

シオンペーパー-SERC15001

間瀬貴之・林田元就 [2014], 短期マクロ経済 = 産業関連システムの構築 - 燃料価格上昇が日本経済・産業に与える影響の感度分析 , 電力中央研究所 研究報告 Y13027

若林雅代・木村宰 [2008], 省エネルギー政策理論のレビュー 省エネルギーの「ギャップ」と「バリア」, 電力中央研究所 研究報告 Y08046

補論 2013 年度改訂版総合エネルギー統計の水準に調整後の展望結果概要

付表は、シミュレーションのベンチマークとして用いた、1.0%成長ケースにおける展望結果の概要である。星野他 [2015] の展望結果をもとに、改訂後の総合エネルギー統計の水準にあうように簡易的な調整を行ったものである。

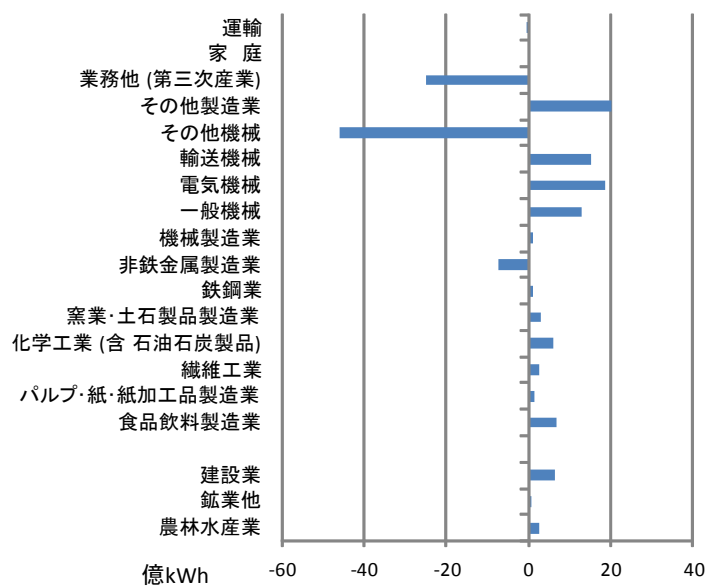
付表 2013 年度改訂版総合エネルギー統計の水準に調整後の展望結果概要

	2012 年度実績	2030 年度	年率 12-30
エネルギー価格			
原油輸入CIF価格(円/kl)	59,358	125,220	4.2%
LNG輸入CIF価格(円/トン)	71,538	127,424	3.3%
一般炭輸入CIF価格(円/トン)	10,493	19,508	3.5%
ガス			
都市ガス価格(工業用商業用)(円/千kcal)	7.16	11.03	2.4%
都市ガス価格(家庭用)(円/千kcal)	15.76	24.53	2.5%
電力価格			
電力料金(円/kWh)	16.51	23.82	2.1%
電灯料金(円/kWh)	23.45	31.11	1.6%
電灯電力総合単価(円/kWh)	18.85	26.70	2.0%
一次エネルギー国内総供給(単位:PJ, %)			
合計	20,827	20,925	0.0%
石炭	4,862	4,767	-0.1%
石油	9,179	7,227	-1.3%
天然ガス	5,108	4,792	-0.4%
原子力	137	1,852	15.6%
水力	648	633	-0.1%
地熱	22	27	0.9%
風力・太陽・バイオマス	402	952	4.9%
その他	469	675	2.0%
最終需要計(単位:PJ, %)			
合計	14,126	13,614	-0.2%
産業	6,380	6,041	-0.3%
民生	4,432	4,780	0.4%
運輸	3,314	2,793	-0.9%
電力需要計(単位:億kWh, %)			
合計	9,677	10,816	0.6%
系統電力計	8,668	9,347	0.4%
産業	2,539	2,596	0.1%
民生	5,952	6,478	0.5%
運輸	177	273	2.4%
自家発計	1,009	1,469	2.1%
CO₂排出量(単位: Mt-CO₂, %)			
合計	1,268	1,106	-0.8%
発電部門(含む自家発)	539	429	-1.3%
その他転換部門(蒸気+熱)	66	67	0.1%
産業	321	300	-0.4%
民生	122	120	-0.1%
運輸	220	190	-0.8%

注) CO₂ 排出量はエネルギー起源のみ。非エネルギー利用含む。その他転換部門は、産業用蒸気、地域熱供給のみ

補論 新旧の総合エネルギー統計における総電力需要量の比較

付図は、新旧の総合エネルギー統計で比較可能な 2012 年度の総電力需要について、2013 年版の総合エネルギー統計による改定幅をみたものである。製造業では増加、業務他（第三次産業）では減少していることがわかる。



付図 新旧の総合エネルギー統計における
総電力需要量の比較 (2012年度, 億 kWh)