

燃料価格の変動と原子力発電所の再稼働が 電灯価格に与える影響

ミクロ経済学事例研究（2015） 電力班 前期レポート
公共政策大学院
経済政策コース1年 小松 功武
経済政策コース1年 早川 絵里子
経済政策コース1年 松浦 拓美
経済政策コース1年 藤丸 美々

要旨

第2次石油危機により1980年代前半に日本の電灯価格は急騰したが、1995年に電気事業制度改革の開始し、2000年に小売自由化した結果、継続して電灯価格は低下してきた。しかし2008年以降燃料価格の影響を受け価格は上下し、さらには2011年3月の東日本大震災以降電灯価格は上昇している。震災以後の電灯価格の上昇の理由としては様々なものが考えられるが、中でも原子力発電の停止に伴う火力発電への依存度の上昇と燃料価格の変動が非常に大きなファクターであると考えられる。

本研究の目的は電灯価格に大きな影響を与え、かつ不確実性の高い要素であると考えられる「火力発電に用いる燃料価格」と「原子力発電の稼働の程度」の二つが電灯価格と社会的余剰に与える影響を推計、分析を行うことである。

電力市場において不確定要素が変動した場合、自由化後の電灯価格はどのように変化するのであろうか。本研究では、部分均衡分析を用いて、「原子力発電所の稼働の程度」と「燃料価格の変動」により場合分けを行い、シナリオ別のシミュレーションを行うこととする。

今回の結果をまとめると、電灯価格は「燃料価格の変動」によって大きく左右され、「原子力発電所の稼働の程度」にはあまり影響を受けないというものであった。このことから、電力価格の変動を抑えるためには火力発電の割合を下げるのが非常に重要であると言える。

目次

1	背景と目的	3
1-1	日本の電力事情	3
1-2	燃料価格の変動	4
1-3	電源構成に関する政府見解	4
1-4	本研究の目的	5
2	分析手法	6
2-1	分析の枠組み	6
2-2	分析手法	6
3	結果	9
3-1	家庭用電灯の逆需要曲線の推計結果	9
3-2	限界費用曲線の推計結果	9
3-3	現状の余剰分析の結果	10
3-4	シミュレーションによる余剰分析の結果	11
4	考察	13
4-1	東京電力	13
4-2	関西電力	13
4-3	2社による完全競争市場	13
5	課題とまとめ	14
5-1	本事例における課題	14
5-2	まとめ	14
6	別掲図表集	15
7	参考文献	20

1 背景と目的

1-1 日本の電力事情

日本の電力消費量は1950年代から成長し続けた(図1)。日本の電源構成はかつて、石油を燃料とした火力発電が中心であった。第2次石油危機により1980年代前半に電灯価格は急騰したが、1995年に電気事業制度改革を開始し、2000年に小売自由化した結果、継続して電灯価格は低下してきた。しかし2008年以降燃料価格の影響を受け価格は上下し、さらには2011年3月の東日本大震災以降電灯価格は上昇している(別掲図1,2)。原子力発電所の運転見合わせによる発電量の減少分を補填すべく、現在盛んに稼働しているのはLNGや石油、石炭を燃料とした火力発電である。震災以後の電灯価格の上昇の理由としては様々なものが考えられるが、中でも火力発電への依存度の上昇と燃料価格の変動が非常に大きなファクターであると考えられる。

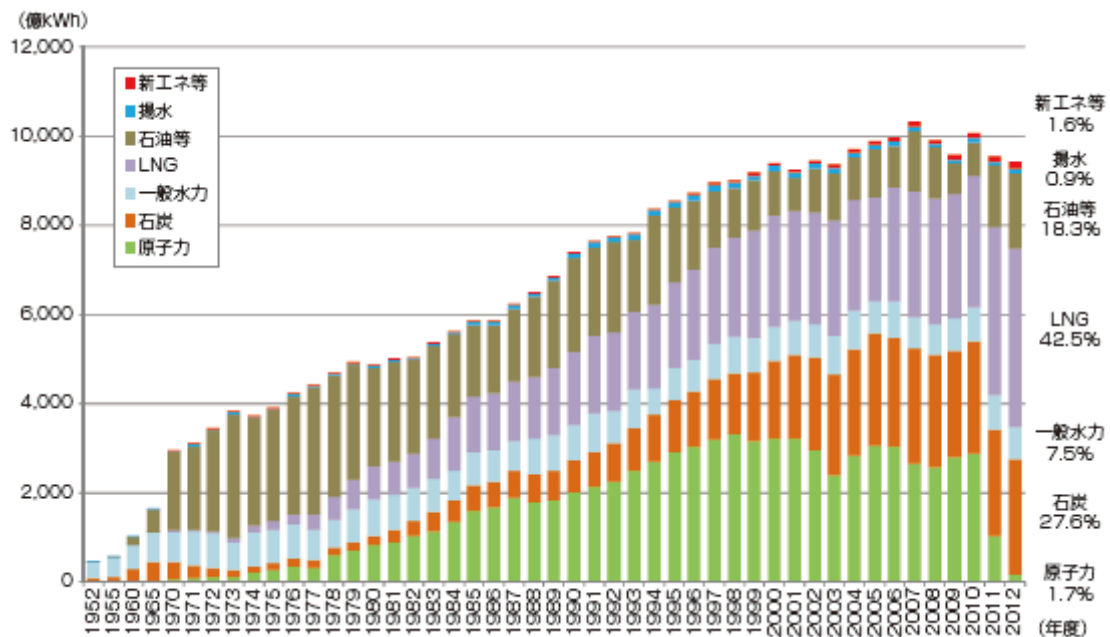


図1 日本の電力消費と電源構成の推移

1-2 燃料価格の変動

過去30年（1985-2014年）の火力発電の各燃料費価格（石炭、LNG、石油）の推移を図2～4、に示した。ここからわかるように、燃料価格の変動が2000年代以降非常に大きいことがわかる

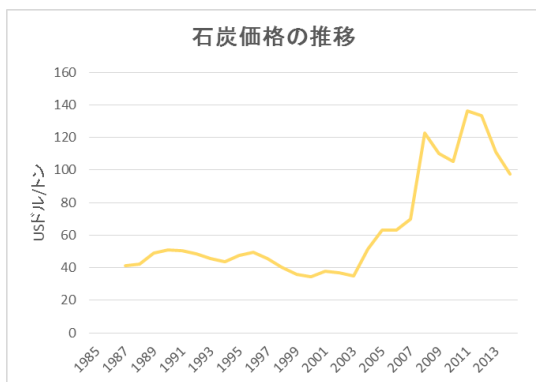


図2 石炭価格の推移

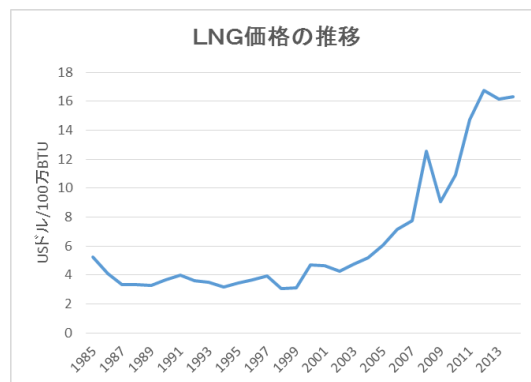


図3 LNG価格の推移

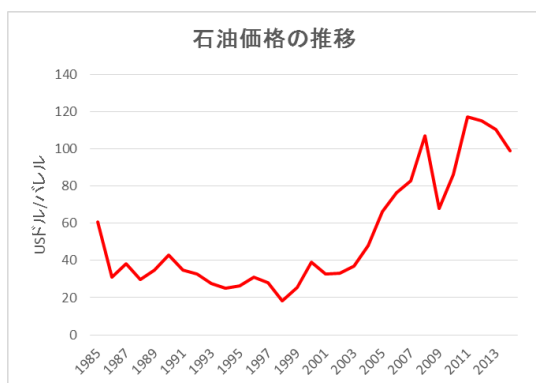


図4 石油価格の推移

(出所：BP Global *Statistical Review of World Energy*2015より作成)

1-3 電源構成に関する政府見解

2015年6月に経済産業省エネルギー資源庁、総合資源エネルギー調査会、長期エネルギー需給見通し小委員会から発表された長期エネルギー需給見通し案では「経済成長等によるエネルギー需要の増加を見込む中、徹底した省エネルギーの推進により、石油危機後並みの大幅なエネルギー効率の改善を見込む。(中略)このうち、電力需給構造については、徹底した省エネルギーの推進、再生可能エネルギーの最大限の導入、火力発電の効率化等を進めつつ、原発依存度を低減した結果、以下のとおり。経済成長等による電力需要の増加を見込む中、徹底した省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの最大限の

導入により約4割を賄うことにより、原発依存度の低減に大きく貢献する。ベースロード電源比率は56%程度となる。(図5)」との発表があった。原発依存度を低減するとの文言はあるが、現状からみると原子力発電の大幅な再稼働なくして達成できない数値を目標として掲げている。

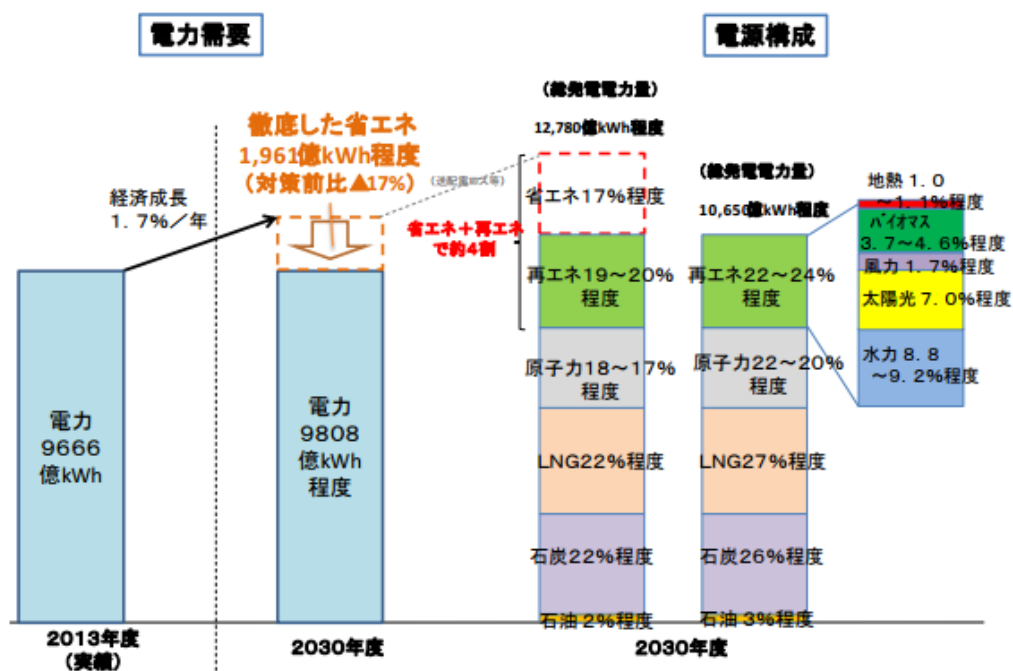


図5 長期エネルギー需給見通し(案)

(出典：総合資源エネルギー調査会 長期エネルギー需給見通し小委員会『長期エネルギー需給見通し骨子(案)』)

1-4 本研究の目的

本事例研究の目的は、電灯価格に大きな影響を与え、かつ不確実性の高い要素であると考えられる「火力発電に用いる燃料価格」と「原子力発電の稼働の程度」の二つが電灯価格と社会的余剰に与える影響を推計、分析を行うことである。分析を行うにあたって、周波数が両地域で異なるためこの設定は非現実的ではあるが、原発稼働と燃料価格の変動の影響を分析する目的で東京電力と関西電力2社による完全競争市場という仮想的な市場を置いた。

2 分析手法

2-1.分析の枠組み

電力市場において不確定要素が変動した場合、電力事業者はどのような価格を設定するのだろうか。本研究では、部分均衡分析を用いて、シナリオ別のシミュレーションを行うこととする。部分均衡分析を用いる理由として、以下の3点が挙げられる。まず、現状の電力市場においては、価格が規制されているため、他の財の消費を考慮する必要がない点。次に、需要曲線と限界費用曲線を推定することにより、部分均衡分析を用いてシミュレーションを行うことが容易である点。そして、蓮池・金本（2005）の研究においても、部分均衡分析を用いて電力の寡占市場を評価している点である。

2-2.使用した手法

本研究では、完全競争市場における部分均衡理論を用いて、電灯価格と余剰の推計と分析を行う。そのため、電力市場の需要曲線と対象電力会社の限界費用曲線をそれぞれ推定する必要があり、本研究では金本・他（2006）と江頭・他（2013）の手法を参考にした。以下、本節で順に手法を述べることとする。

2-2-1 家庭用電灯の逆需要曲線の推計

シミュレーション計算の簡略化のため、次のような線形の逆需要曲線を推定する。

$$p = \alpha - \beta q \quad (p: \text{価格}, q: \text{需要量}, \alpha, \beta: \text{正のパラメータ})$$

各パラメータは

$$\beta = -\frac{\partial p}{\partial q} = -\frac{\partial p}{\partial q} \times \frac{p}{q} = \frac{1}{\varepsilon} \times \frac{p}{q} \quad (\varepsilon: \text{需要の価格弾力性})$$

$$\alpha = p + \beta q$$

と表すことができるので、価格弾力性と価格と需要量のペアを選ぶことによって逆需要曲線が求まる。

実際のデータを用いて東京電力と関西電力の地域の逆需要曲線を導出する。家庭用電灯需要の価格弾力性を求めた先行研究が少なく、今回は演繹的に-0.1と仮定する。価格と需要量のペアとして、2014年度の平均的な1時間あたりの電灯消費量（1年間の電灯消費量を

365（日）×24（時間）で除した値）と従量料金 B 三段階目平均料金を置いた。平均的な 1 時間あたりの電灯消費量を電気事業連合会ホームページの『電力統計情報』から、従量料金 B 三段階目平均料金を東京電力、関西電力ホームページからデータを用いた。

2-2-2 限界費用曲線の推計

以下の仮定のもと限界費用曲線を導出した。

1. 電源として原子力、水力、火力発電（うち石炭、LNG、石油）についてのみ取り上げた。
2. 原子力と水力発電の限界費用は 0 とする。
3. 火力発電の限界費用の算出は燃料費のみ考慮した。⁽¹⁾

限界費用は以下の式で求められる。

$$\text{限界費用} = \frac{\text{燃料単価}}{\text{熱量} \times \text{発電効率} \times (1 - \text{所内率}) \times 2.78 \cdot 10^{-1}}$$

発熱量は『資源エネルギー庁エネルギー源別標準発熱量一覧 2013 年』から、所内率と発電効率は東京電力、関西電力ホームページから、そして燃料単価は財務省貿易統計からデータを用いた。

2-2-3 現状の余剰分析

以上で求めた需要曲線と限界費用曲線から、東京電力・関西電力各地域の現状の余剰分析を行う。

(1) 本研究では金本・他（2006）の手法と参考にして燃料価格のみ考慮したが、限界費用を燃料費のみであるとするのは不適切であり、火力発電の限界費用には廃棄物処理費や消耗品費等含めることが必要である。

2-2-4 シミュレーションによる余剰分析

「原子力発電所の稼働の程度」と「燃料価格の変動」により場合分けを行い、2-2-3で行った余剰分析を様々な仮想条件下で行う。以下に場合分けの方法について述べる。

2-2-4-1. 原子力発電所

東京電力に関しては柏崎刈羽原発、関西電力に関しては高浜・大飯・美浜原発を考慮して以下の表 1 の通り場合分けした。原子力発電所を完全に停止した場合、関西電力管内で供給不足が生じる可能性があるため、高浜原子力発電所を停止させるシナリオは考慮から外した。また、東京電力管内における福島第二原子力発電所の再稼働は現実的ではないと考え、東京電力では柏崎刈羽原子力発電所の稼働率のみに着目した。

表 1 原子力発電所の稼働に関する場合分け

原子力発電所		東京		関西		
		稼働率(%) 柏崎刈羽	供給力(万kWh)	稼働率(%)		供給力(万kWh)
				高浜	大飯・美浜	
稼働段階	低	0%	0	100%	0%	129.80
	中	50%	107.25	100%	50%	233.25
	高	100%	214.50	100%	100%	336.70

2-2-4-2. 燃料価格

燃料価格を 1/3 倍、現状維持、3 倍に変化した場合について場合分けを行った。

2-2-4-3

「各電力会社がプライステイカーとなり完全競争市場が実現した場合」と「東京電力と関西電力の地域で(仮想的に)完全競争市場が実現した場合」についてそれぞれ推計を行った。

3 結果

3-1 家庭用電灯の逆需要曲線の推計結果

東京電力管内地域、関西電力管内地域における家庭用電灯の逆需要曲線は以下の(表 2)の通りとなった。

表 2 各電力会社における家庭用電灯の逆需要曲線の推計結果

	東京	関西
需要の価格弾力性	0.1	
年間電灯消費量 (万kWh)	9068268.90	4585755.70
1時間あたりの電灯需要量 (万kWh)	1038.03	523.49
従量料金Bの平均価格 (円/kWh)	25.09	22.45
導出された逆需要曲線	$p=275.99-0.24q$	$p=246.91-0.43q$

3-2 限界費用曲線の推計結果

東京電力、関西電力の各会社の限界費用曲線は以下の(表 3)の通りとなった。

表 3 各電力会社における限界費用曲線の推計結果

		東京	関西
原子力発電		0	0
水力発電		0	0
火力発電	石炭(円/kWh)	3.28	3.34
	LNG(円/kWh)	7.99	8.14
	石油(円/kWh)	11.04	11.24

3-3 現状の余剰分析の結果

2014年現在の需要曲線・限界費用を(別掲図 3,4)に、また数値をまとめて(表 4)に示した。

表 4 各電力会社における現状余剰の推計結果

	東京		関西	
	現状	完全競争市場	現状	完全競争市場
価格(円/kWh)	25.09	7.99	22.45	8.14
マークアップ率(%)	68.15		63.74	
需給量(万kWh)	1038.03	1108.78	523.49	556.85
消費者余剰(万円)	130221.42	148576.70	58752.81	66480.86
生産者余剰(万円)	20065.47	2315.08	10088.63	2599.26
総余剰(万円)	150286.89	150891.77	68841.44	69080.11
死荷重(万円)	604.89	0	238.67	0

仮想的に東京電力・関西電力がプライステイカーとして行動し、完全競争的な市場が行われた場合と比較して現状価格は東京で 3.1 倍、関西で 2.8 倍となっている。

3-4 シミュレーションによる余剰分析の結果

3-4-1 各電力会社がプライステイカーとなり完全競争市場が実現した場合

東京電力の結果を(表 5)、関西電力の結果を(表 6)に示した。

原子力発電の稼働段階や燃料価格の変動の影響を図に表したものが(別掲図 5~8)である。

表 5 東京電力におけるシミュレーション余剰分析の推計結果

		燃料価格(LNG、石油、石炭)					
		1/3倍		現状維持		3倍	
原子力発電の稼働段階	低	価格	2.7	価格	8.0	価格	24.0
		CS	154541.5	CS	148576.7	CS	131386.6
		PS	771.7	PS	2315.1	PS	6945.2
		TS	155313.2	TS	150891.8	TS	138331.9
	中	価格	2.7	価格	8.0	価格	24.0
		CS	154541.5	CS	148576.7	CS	131386.6
		PS	1057.3	PS	3172.0	PS	9516.0
		TS	155598.8	TS	151748.7	TS	140902.6
	高	価格	2.7	価格	8.0	価格	24.0
		CS	154541.5	CS	148576.7	CS	131386.6
		PS	1343.0	PS	4028.9	PS	12086.8
		TS	155884.5	TS	152605.6	TS	143473.4

表 6 関西電力におけるシミュレーション余剰分析の推計結果

		燃料価格(LNG、石油、石炭)					
		1/3倍		現状維持		3倍	
原子力発電の稼働段階	低	価格	2.7	価格	8.1	価格	24.4
		CS	69537.1	CS	66480.9	CS	57724.3
		PS	866.4	PS	3655.8	PS	10967.5
		TS	70403.5	TS	70136.7	TS	68691.8
	中	価格	1.1	価格	3.3	価格	10.0
		CS	70451.3	CS	69180.6	CS	65438.1
		PS	574.4	PS	1723.3	PS	5169.8
		TS	71025.7	TS	70903.9	TS	70607.9
	高	価格	0.0	価格	0.0	価格	0.0
		CS	71090.9	CS	71090.9	CS	71090.9
		PS	0.0	PS	0.0	PS	0.0
		TS	71090.9	TS	71090.9	TS	71090.9

3-4-2. 東京電力と関西電力の地域で(仮想的に)完全競争市場が実現した場合
結果の一覧は(表 7)に示す

原子力発電の稼働段階や燃料価格の変動の影響を図に表したものが(別掲図 9,10)である。

表 7 完全競争市場におけるシミュレーション余剰分析の推計結果

		燃料価格(LNG、石油、石炭)					
		1/3倍		現状維持		3倍	
原子力発電の稼働段階	低	価格	2.7	価格	8.0	価格	24.0
		CS	223476.6	CS	214510.6	CS	188714.2
		PS	1966.6	PS	5899.7	PS	17699.2
		TS	225443.1	TS	220410.4	TS	206413.4
	中	価格	2.7	価格	8.0	価格	24.0
		CS	223476.6	CS	214510.6	CS	188714.2
		PS	2527.7	PS	7583.2	PS	22749.6
		TS	226004.3	TS	222093.9	TS	211463.9
	高	価格	2.7	価格	8.0	価格	24.0
		CS	223476.6	CS	214510.6	CS	188714.2
		PS	3088.9	PS	9266.7	PS	27800.1
		TS	226565.5	TS	223777.3	TS	216514.3

4 考察

4-1 東京電力

現在可能な原発をすべて再稼働したとしても、価格の低下は望めず、生産者余剰を増加させるのみという結果になった。これは東京電力における発電量の大部分を占める LNG 火力発電の限界費用が重要な要因であり、原子力発電の供給量は全体からみるとあまり大きくないためだと考えられる。したがって、東京電力に限定するならば、LNG や石油、石炭などの燃料価格高騰の影響を緩和するために原発稼働するという政策は妥当ではないと考えられる。

4-2 関西電力

東京電力と比較して再稼働可能な原発の規模が大きいいため、再稼働によって価格低下が期待できる。燃料価格が 3 倍になってしまうと、原発稼働が低い段階では完全市場が実現した場合でも現状よりも高くなるため、再稼働の規模をさらに拡大することが望ましい。また燃料価格が 1/3 倍の時と比較して、3 倍の時の方が原発稼働によって見込める価格低下の程度は大きい。これは原子力発電所の再稼働と燃料価格の変動の間に交互作用が存在することを示唆する結果である。したがって、関西電力に限定するならば、LNG や石油、石炭などの燃料価格高騰の影響を緩和するために原発稼働するという政策は現実的かつ妥当であると考えられる。しかし、いまもなお高浜原子力発電所で再稼働の是非について議論が紛糾している。これは経済的側面だけでなく、環境負荷的側面や安全リスク面といった別の側面からの要請が議論を複雑にしているためだと考えられる。

4-3 東京電力と関西電力による完全競争市場

燃料価格が 3 倍になると、たとえ完全競争市場が実現した場合でも価格の低下は見込めず、関西に至っては現状よりも高くなった。全体の供給力と比較して、原発の供給力はたいして大きくないので、原発再稼働による効果は期待できない。

5 課題とまとめ

5-1 本事例研究の課題

東京電力と関西電力の完全競争市場をシミュレーションするうえで、周波数の問題を考えていないことがあげられる。実際には関西と関東の間で電力を融通するには周波数変換所によるキャパシティーがボトルネックとなるため、完全競争は実現しないと考えられる。しかし本研究では取り扱わなかったが、東北電力等の東日本の地域は東京電力と、また中部電力等の西日本の地域は関西電力と周波数が同じであるため、それらの地域の間で完全競争が実現する可能性はあり得る。今後の研究では東京電力・関西電力以外の地域についても扱いたい。

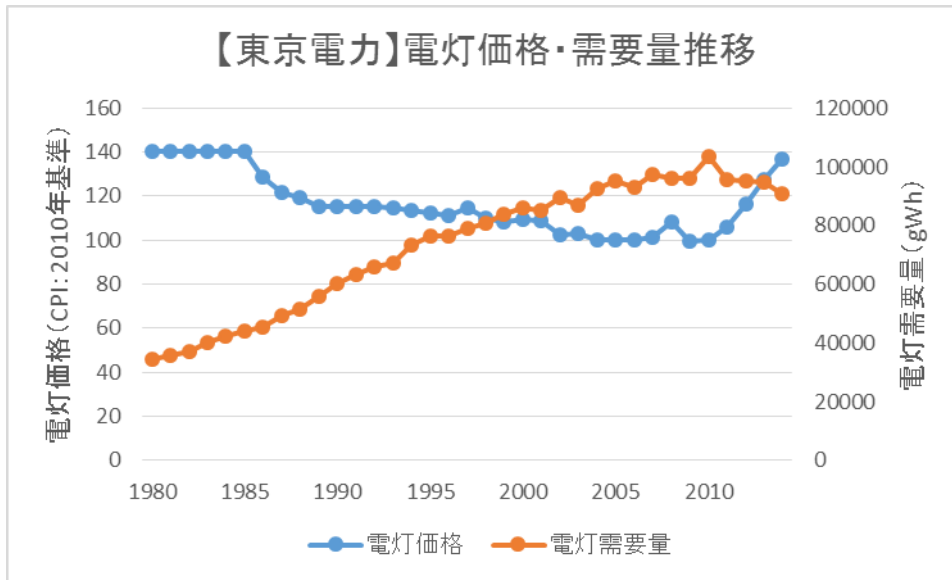
次にシミュレーションで、市場に東京電力・関西電力 1 社のみが市場に参加していてプライステイカーになることを想定したが、現実的にそのようなことは政府が規制する以外に不可能である。本研究でもフリッジプレイヤーである PPS の存在を考慮すべきではあったが、今回はフリッジプレイヤーの参入が市場に与える影響は大きくないと想定して分析した。また、シミュレーションの際に用いた電灯需要の価格弾力性の設定値は演繹的に仮定したものであり、設定値に対して感度分析を行うことが必要である。

関西電力に関する考察の章でも述べたが、原子力発電や火力発電といった電源構成の議論は経済的側面だけでなく、環境負荷的側面や安全リスク面といった別の側面からの要請が議論を複雑にしている。そのため別の側面からも評価を行う項目を加えた方がより実際の議論に近づけたのではないだろうか。また、経済的側面に関しても、限界費用算出の際に燃料費以外の資本費や人件費、運営維持費、政策経費等その他の要素を取り扱っておらず、現実的に妥当ではない。これらの要素を考慮すると限界費用の値も大きく変化すると予想されるため、価格の上昇が予想される。

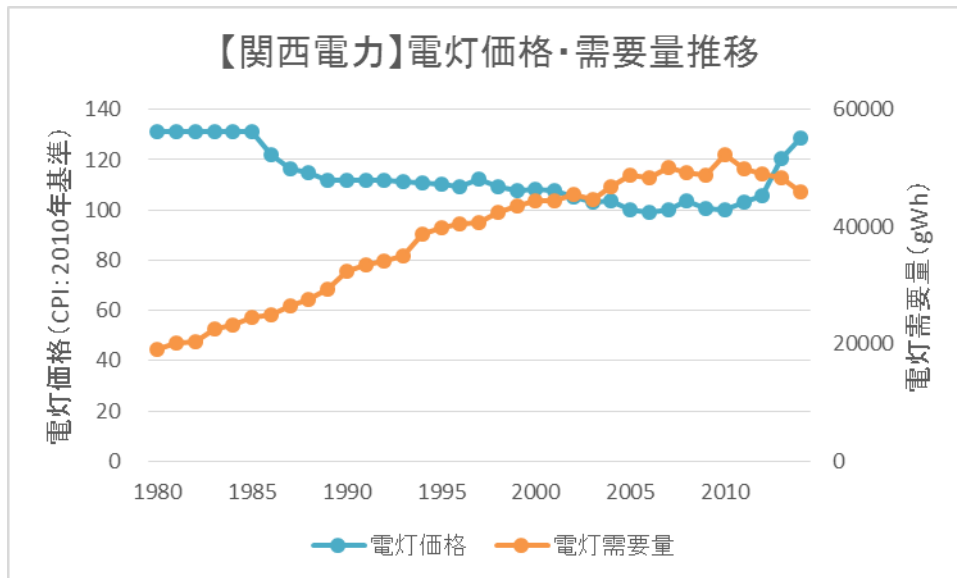
5-2 まとめ

本研究が焦点を当てた東京電力・関西電力の両地域の間で、実際に電力が自由化したとしても、両地域で周波数が異なる上変換所の容量制約があるため完全競争市場が実現する可能性は低い。しかし、実際に起こる状態は現在の状態と今回のシミュレーション結果の間にあるものであるため、この結果からも一定の方向性について示唆することはできるだろう。今回の結果をまとめると、電灯価格は「燃料価格の変動」によって大きく左右され、「原子力発電所の稼働の程度」にはあまり影響を受けないというものであった。このことから火力発電の割合を下げるのが非常に重要であることと言える。今回の研究で注目した原子力発電だけでなく、再生エネルギーなどの電源構成比率をより高めていくことが「燃料価格の変動」に対するレジリエンスを確保する方策である。

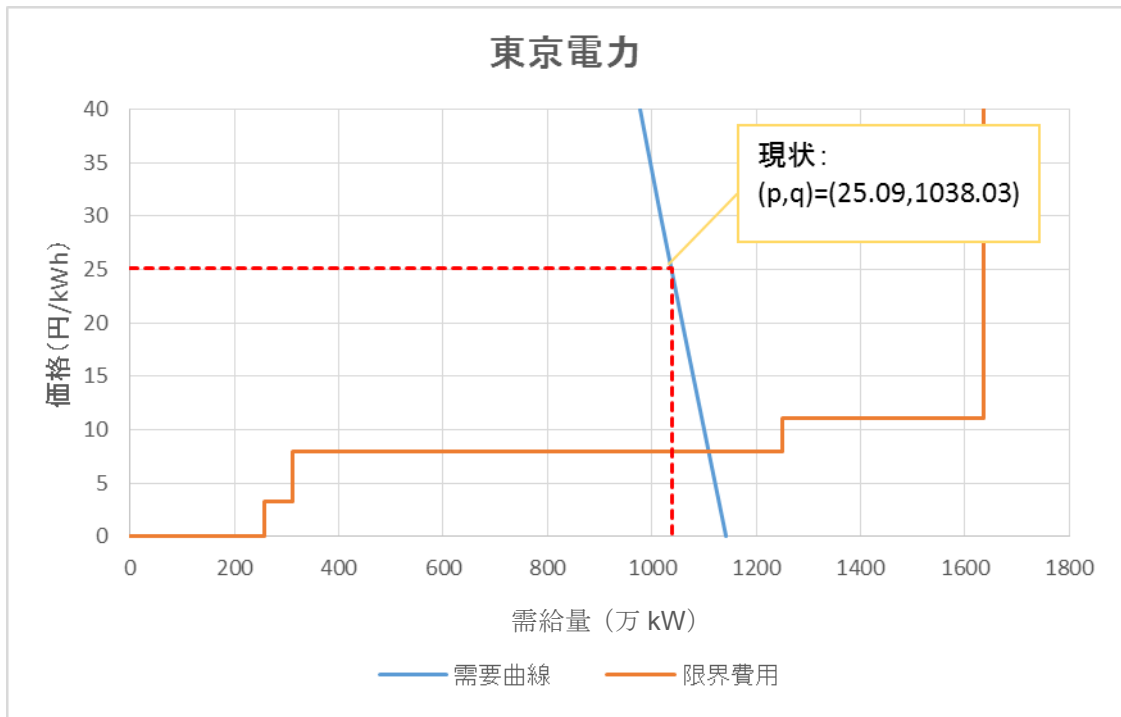
6 別掲図表集



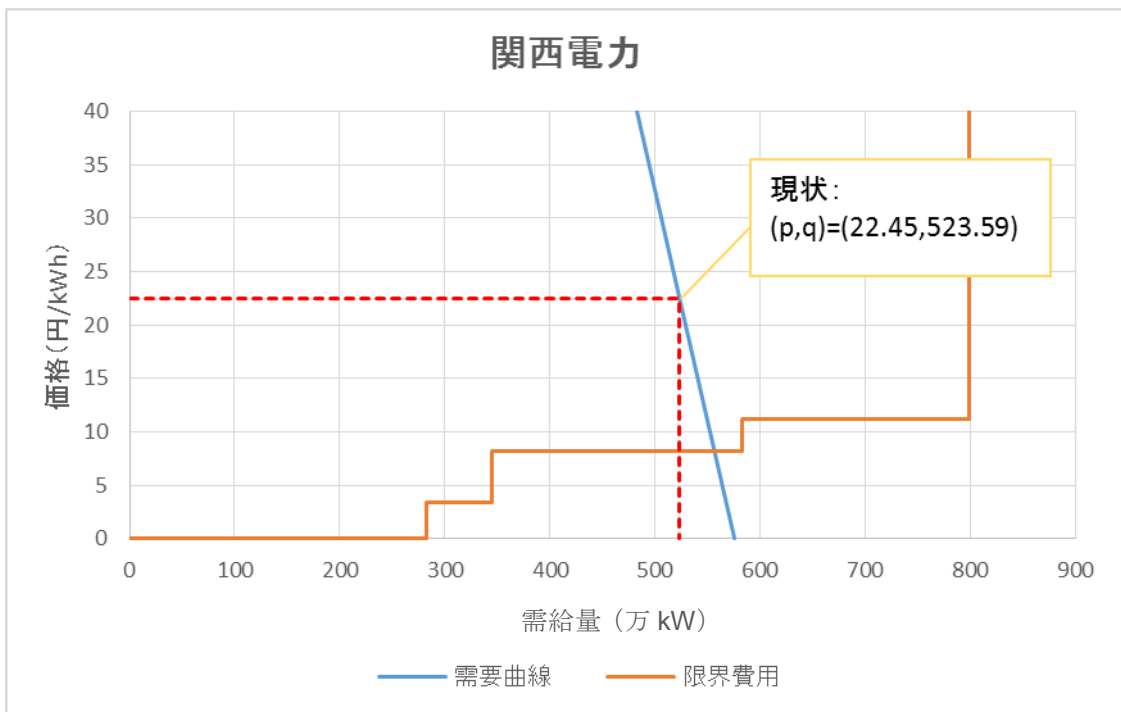
別掲図1 東京電力の電灯価格・需要量の推移
(出典：電気事業連合会『電力統計情報』より作成)



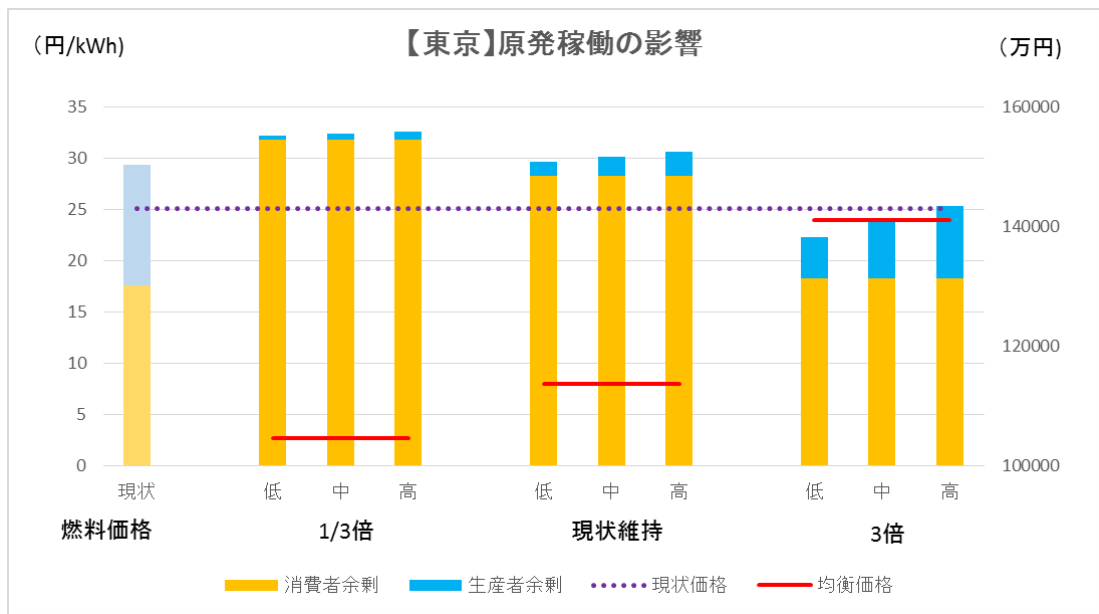
別掲図2 関西電力の電灯価格・需要量の推移
(出典：電気事業連合会『電力統計情報』より作成)



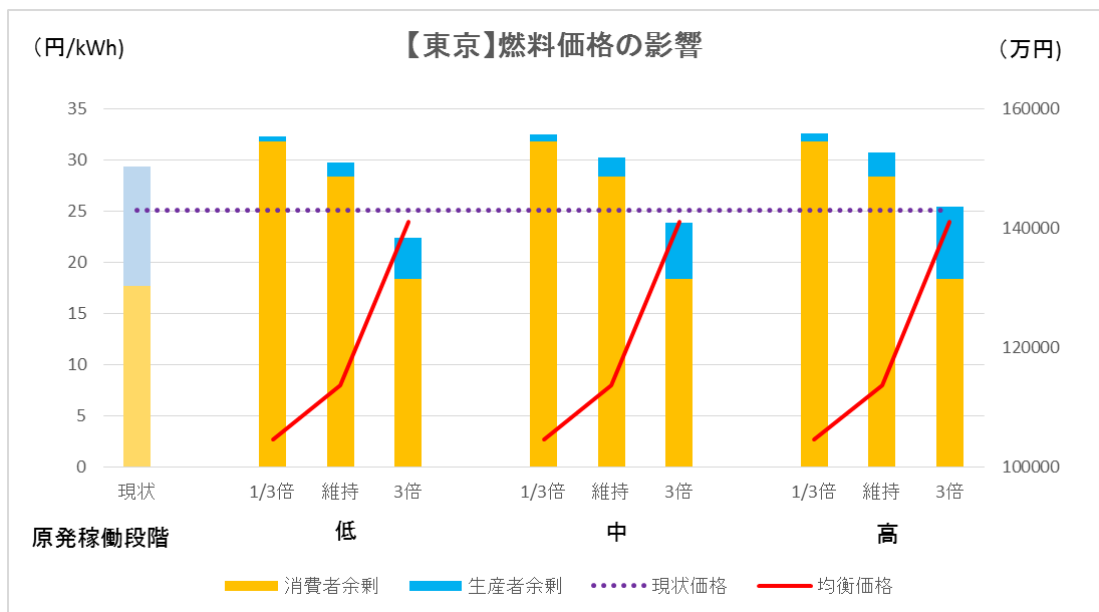
別掲図 3 東京電力の 2014 年現在の需要曲線・限界費用



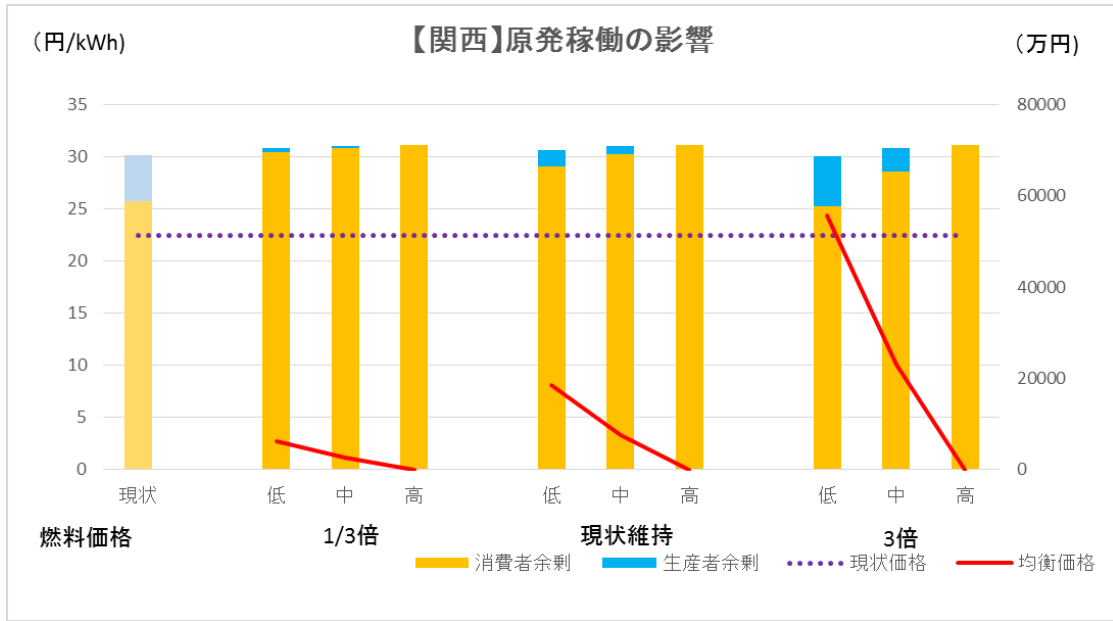
別掲図 4 関西電力の 2014 年現在の需要曲線・限界費用



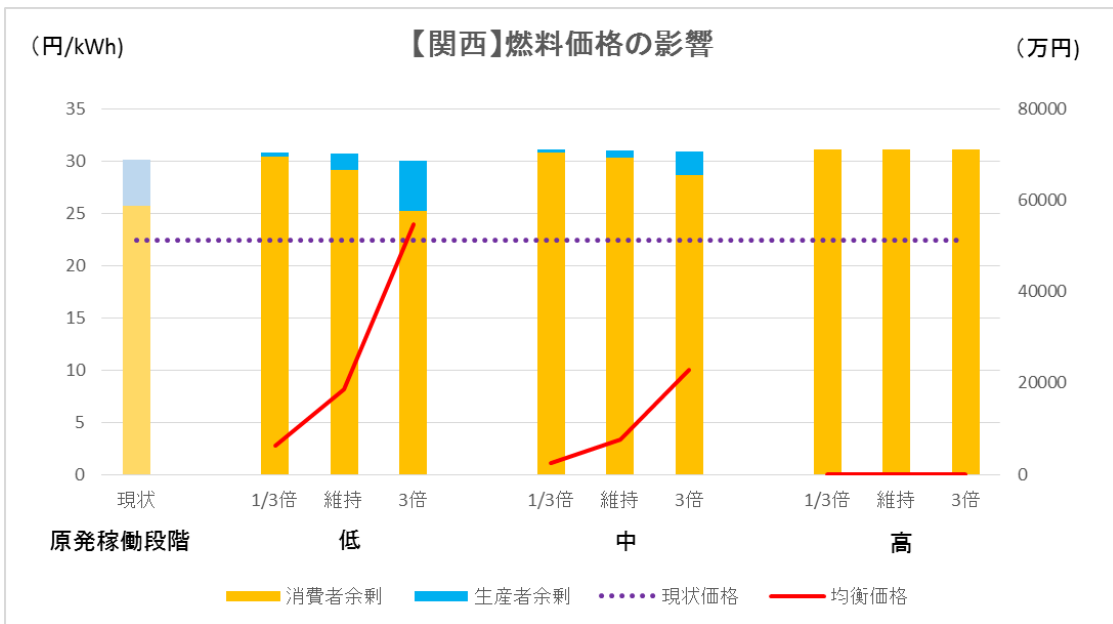
別掲図 5 東京電力におけるシミュレーション余剰分析の結果 1



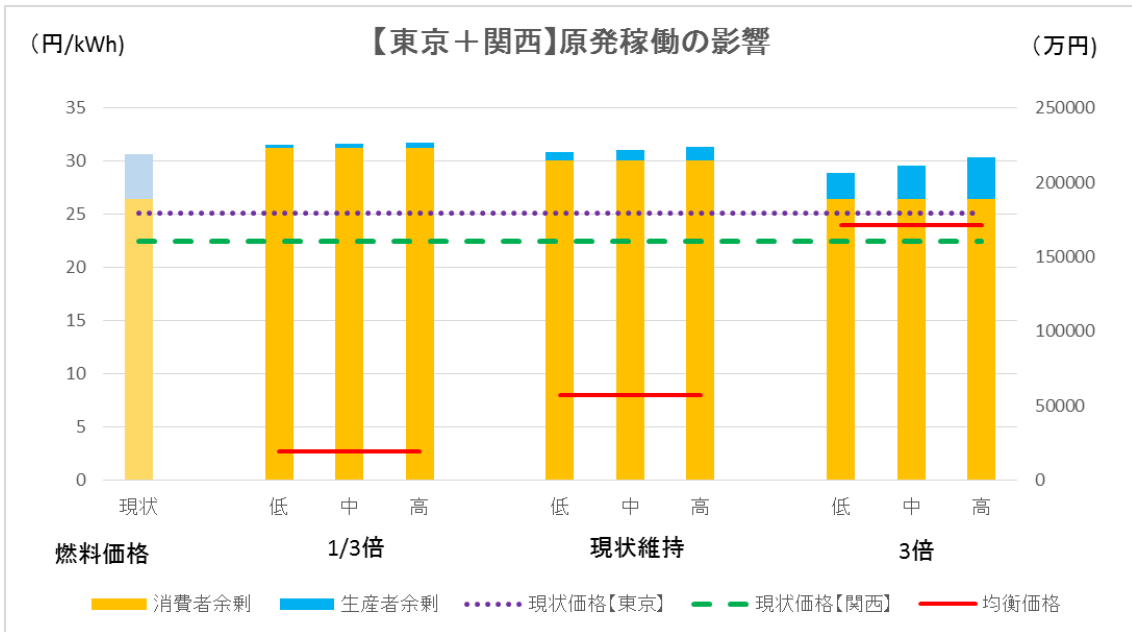
別掲図 6 東京電力におけるシミュレーション余剰分析の結果 2



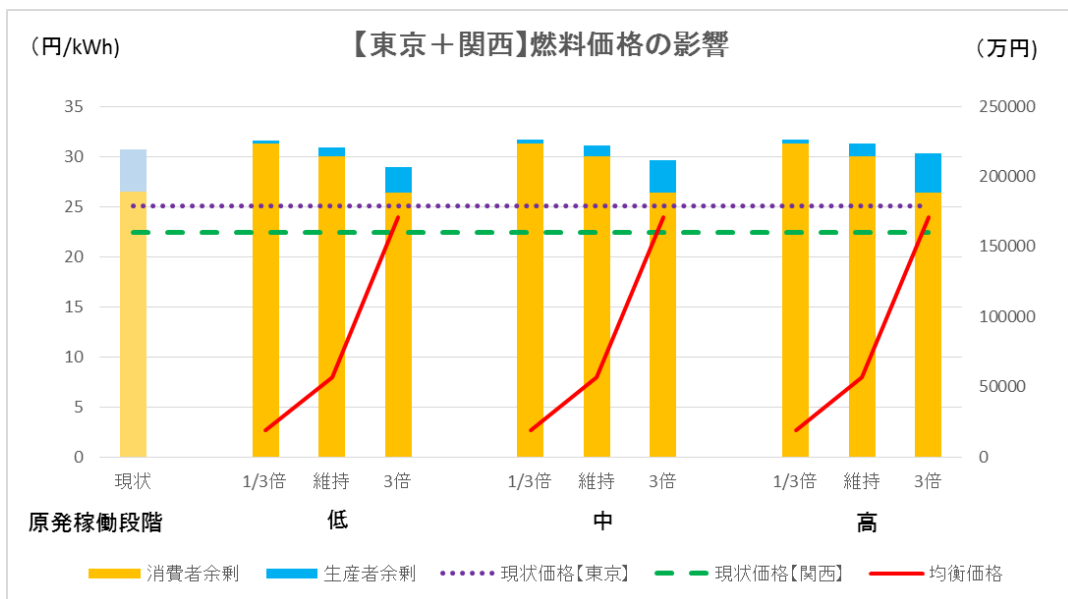
別掲図 7 関西電力におけるシミュレーション余剰分析の結果 1



別掲図 8 関西電力におけるシミュレーション余剰分析の結果 2



別掲図 9 仮想完全競争市場におけるシミュレーション余剰分析の結果 1



別掲図 10 仮想完全競争市場におけるシミュレーション余剰分析の結果 2

7 参考文献

統計資料

関西電力ホームページ (<http://www.kepcoco.jp/>)

財務省貿易統計 (<http://www.customs.go.jp/toukei/info/>)

資源エネルギー庁エネルギー源別標準発熱量一覧 2013 年

電気事業連合会『電力統計情報』(<http://www.fepc.or.jp/library/data/tokei/index.html>)

東京電力ホームページ (<http://www.tepcoco.jp/index-j.html>)

日本エネルギー経済研究所『EDMC/エネルギー・経済統計要覧 (2015 年度版)』

BP Global, Statistical Review of World Energy2015

(<http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>)

参考文献

江頭勇太・他 (2013) 『家庭向け電力の小売り自由化シミュレーション』 東京大学公共政策 大学院 (<http://web.iss.u-tokyo.ac.jp/~matsumur/cs2012-1.pdf>) .

金本良嗣・他 (2006) 『政策評価ミクロモデル』 東洋経済新報社.

総合資源エネルギー調査会 長期エネルギー需給見通し小委員会『長期エネルギー需給見通し骨子 (案)』.

蓮池勝人・金本良嗣 (2005) 『寡占市場に関する政策評価－卸電力取引市場の評価－』 経済産業研究所 (RIETI).

謝辞

本稿の執筆にあたり，東京大学公共政策大学院・戒能一成非常勤講師，東京大学社会科学研究所・松村敏弘教授から熱意ある御指導を頂いたことを，この場を借りて厚く御礼申し上げます。