

# 中部電力管内におけるスマートメーター及び Critical Peak Pricing 導入の費用便益分析

---

生橋政徳 假屋譲 小森栞 朱冀楽 田幡琢磨

## 目次

Executive Summary .....	4
第 1 章 はじめに.....	6
第 2 章 スマートメーター及び CPP .....	6
第 3 章 分析の設定 .....	8
3-1 ケース設定 .....	8
3-2 対象地域の設定 .....	8
3-3 基準年度、社会的割引率、評価期間 .....	9
第 4 章 費用と便益の項目 .....	12
4-1 先行研究における費用・便益の項目 .....	12
4-2 本分析における便益と費用項目 .....	12
第 5 章 余剰と DWL の減少 .....	13
5-1 推計の概要 .....	13
5-2 需要関数の推定 .....	14
5-3 供給関数の推定 .....	18
第 6 章 他の便益項目 .....	20
6-1 固定費用の削減.....	20
6-2 負の外部性の減少 .....	22
第 7 章 費用.....	23
第 8 章 分析結果.....	24
8-1 結果.....	24
8-2 考察.....	24

第 9 章 感度分析.....	25
9-1 感度分析の要素.....	25
9-2 感度分析結果.....	25
9-3 感度分析結果の評価.....	25
第 10 章 結論.....	26
第 11 章 今後の課題.....	27
参考文献.....	29

## Executive Summary

### <研究の背景と目的>

本研究は、中部電力管内の家庭部門においてスマートメーターと Critical Peak Pricing (以下、CPP)という電力需要に関する政策を導入した場合の費用と便益に関する分析を行ったものである。

現在、中部電力管内では浜岡原子力発電所が政府要請に基づき停止しており、夏季における需給の逼迫が特に発生しやすい地域の 1 つとなっている。そのため、スマートメーターと CPP によって電力需要を抑制し、需要の平準化をもたらす政策が必要となっている。また、この需要の抑制と平準化は中部電力の余剰発電整理も可能とする。

一方で、日本政府は平成 30 年までに全世帯へのスマートメーター導入を目標としている。同政策においては CPP 等の需要平準化の料金政策が同時導入することが望ましいと考えられており、家庭部門の電力小売り自由化後は多くの地域で導入されることが予想される。

以上のような状況を踏まえた際に、本当に両政策は社会的意義が大きいかを判断する際の材料の 1 つとして費用便益分析を用いることが出来ないかと考え、評価を行った。

### <分析手法>

本分析では、スマートメーターと CPP 導入に関してけいはんな地域での実証実験から京都大学の依田教授らが推計した家庭部門の需要の価格上昇に関する反応データを用いて、中部電力管内の家庭部門においてスマートメーターと CPP 導入を導入した場合 (with ケース) と両政策を導入しなかった場合 (without ケース) を仮定した。社会的便益及び費用としては以下を計上した。

便益	プライマリーマーケットでの余剰の減少 (負の便益) セカンダリーマーケットでの DWL の減少 固定費用の削減 検針費用等の削減 不要火力発電所の維持管理費削減 負の外部性減少 (CO <sub>2</sub> )
費用	スマートメーターの導入費用

### <分析結果>

分析結果は以下のとおりであり、社会的純便益は正となり、費用便益比は 1 を上回った。また、社会的純便益の大きさは 170 億円ほどであり、十分に大きいものであると判断できる。各項目の数値に関しては下表のとおりである。

便益

項目	金額 (¥)
検針費用等の削減	83,032,035,610
不要火力発電所のランニングコスト削減	106,141,257,840
DWL の減少	5,004,567,896
余剰の減少	-22,207,085,440
負の外部性の減少	2,251,383,116
合計	174,252,159,000

費用

項目	金額 (¥)
スマートメーター導入費	157,249,569,264
合計	157,249,569,264

評価指標

B/C  $174,252,159,000 \div 157,249,569,264 = 1.10812$

NPB  $174,252,159,000 - 157,249,569,264 = ¥17,002,589,000$

<感度分析>

感度分析として①スマートメーターの価格が一定②原子力発電所の再稼働という 2 つの場合を想定して分析を行った。その結果は以下の通りである。

①NPV=-35.2 億円 B/C=0.98

②NPV=862.6 億円 B/C=1.55

<結論>

ベースケースにおいて社会的純便益は正であり、170 億円という大きさであることから、実施意義はあると考えられる。ただし、結果はスマートメーターの本体価格と不要発電所の維持管理費の削減額に依存していることを考慮すべきである。また、政策提言として①両政策の実施②原子力発電所の再稼働③両政策の企業部門での実施④Off-Peak Hour での料金値下げを提案している。

<課題>

第一に、本分析での CPP の価格設定方法は実証実験に沿ったものであり、改良が必要である。第二に、企業部門への両政策導入時の分析も実施すべきである。第三に、本分析で用いた需要曲線は他地域での実験結果に基づくものであり、中部地域での需要曲線の推定が必要である。第四に、余剰発電設備の処理方法の仮定に関しては再検討がなされるべきである。

## 第1章 はじめに

本分析では、中部電力管内へのスマートメーターと CPP 導入に関して費用と便益を推計し、導入の是非を議論した。推計には費用便益分析の基礎的な手法である、余剰分析を主に用いた。

以降、2 章ではスマートメーターと CPP に関する現状の取り組みや施策を論じ、3 章では費用便益分析を行うに際してケース設定を行う。そして 4 章で推計する費用と便益の項目を挙げる。続いて 5 章で利用者と供給者の便益、6 章では環境への負荷など外部性に伴う便益を求め、7 章で費用を推計する。8 章ではこれらの計算結果を示し、9 章では分析結果の頑健性を確かめるため感度分析を行う。最後に 10 章で本分析の結果と考察を示し、11 章で分析の課題と今後の課題と述べる。

## 第2章 スマートメーター及び CPP

我が国の電力会社は、夏の 8 月における午後 2 時のような最大需要（図 1）のために過大な発電設備を維持しているのが、コストの面から問題である。また、この発電設備維持費に関しては、日本の原価総括式の電気料金においては、電気料金として消費者に転嫁されている。また、日本の電気料金は需要量に関わらず電気料金が一定のため、省エネ意識が低くなってしまっていることは、現在の不安定な電気供給や環境意識の高まっている情勢に鑑みても非常に大きな問題であるといえる。

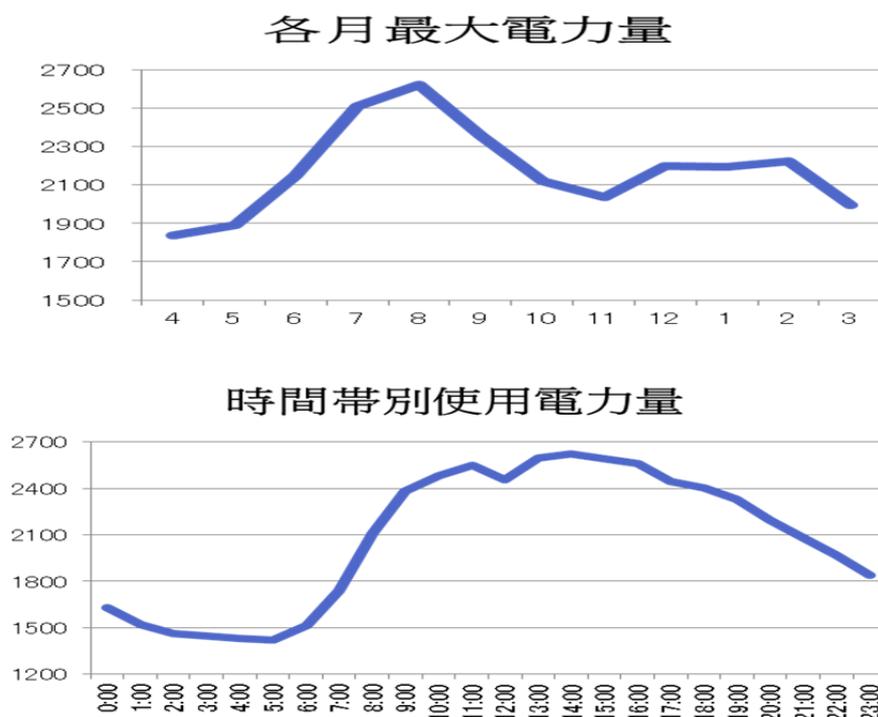


図 1 各月最大電力量および時間帯別使用電力量（万 kWh）

今回の分析では、スマートメーターと CPP を導入によって需要の平準化を行うことで、このような余剰設備の処分や省エネを促進したいと考えている。

なお、スマートメーターとは双方向通信機能を持つ電子式メーターであり、導入により電力の使用量と価格を消費者に「見える化」することが可能となると同時に電力事業者が需要量をリアルタイムに認識可能となる。(図 2)

### スマートメーターの導入で…

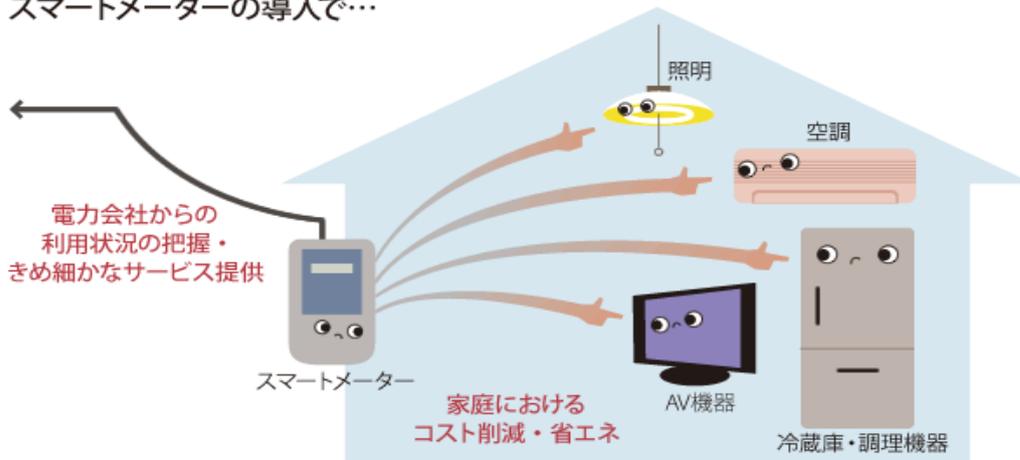


図 2 スマートメーター導入イメージ

(野村総合研究所 「NRI Management Review」 Vol.20 2008

「電力メーターによる顧客接点の変革と新たなビジネスチャンス」より)

また、CPP とは需要が集中する時間帯の電気料金を引き上げることであり、導入によって、最大需要時の需要を他の時間帯に分散することが出来るようになる料金制度のことである。(図 3)

### CPP(Critical Peak Price)

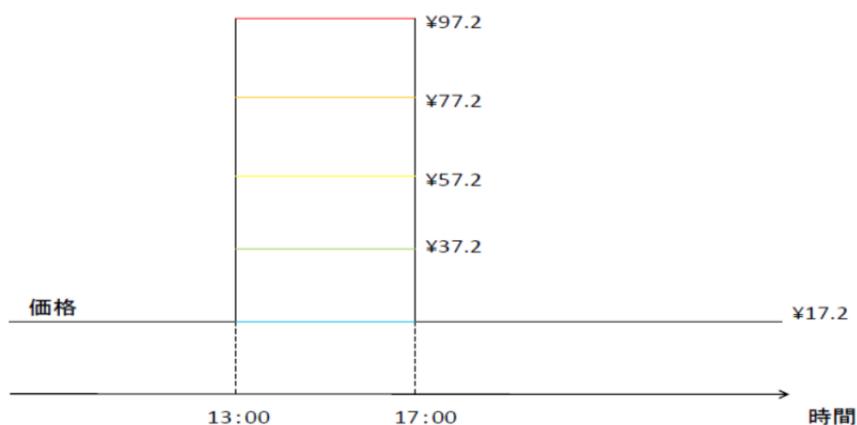


図 3 CPP イメージ

## 第3章 分析の設定

### 3-1 ケース設定

今回の分析では、with/without ケースを次のように設定した。まず without ケースではスマートメーターも CPP も導入せずに、現行の電力料金を維持する。一方で、with ケースではスマートメーターと CPP を導入する。具体的には、平成 30 年までに各家庭にスマートメーターを設置し、平成 30 年から毎年 7-9 月のみ CPP を導入する。そして電力需要抑制によって生まれた過剰電力供給を削減するため、余剰発電設備を廃止する。そして、これらの費用と便益を推計し、スマートメーターと CPP 導入の是非を明らかにする。

なお、本分析では事業者にはスマートメーターを設置せず、事業者の電力需要量は CPP の導入に依存しない、つまり需要の価格弾力性はゼロであると仮定した。その理由は Ida et al.(2013)で用いられているけいはんなでの社会実験で家庭のみに CPP を導入していることと、国内の事例で事業者の需要の弾力性を正確に求めているものが見つからず、事業者の需要曲線の推定は困難と判断したためである。また、CPP の導入を 7-9 月に限定したのは、一般的に CPP は電力需給が逼迫する夏期に導入することで効果を発揮するシステムであるからである。

### 3-2 対象地域の設定

日本にある大手電力会社 10 社から、スマートメーターを導入する対象を選定した。選定する際に考慮した項目は「域内人口」「本社所在地の 8 月最高気温の平均」「1 月最低気温の平均」「所得」「平均世帯人数」「単身世帯の割合」「エアコンの普及率」「2013 年逼迫時数」「ピーク時供給能力」である。選定の際にはスマートメーターと CPP 導入により生じる効果の大きい地域となるようにした。

人口の量に比例して家庭部門における電力使用量の変化が大きくなる。したがって、スマートメーター導入の効果を測るためには一定以上の人口規模が必要であると推定される。

また、先行研究からエアコン普及率と電力使用の間には相関関係がみられるため、この数値も考慮に入れることにした。関連する指標として、最低気温と最高気温も加味した。

一番大きいのは、「2013 年逼迫時数」である。これは、計算を始めた時間における各電力会社の最大発電量を基準に 7~9 月の期間にその基準を超した時数である。逼迫時数が多いほど、供給能力に需要が近づいており、スマートメーターの導入によりピーク時需要を減らすことのメリットが大きいと考えられるからである。

所得の大きさも電力の需要弾力性に影響を与えていると先行研究により明らかになった。需要曲線を先行研究に則って算出せざるを得なかったため、対象となった、けいはんな地域に近い電力会社を選ぶ必要があった。

今回の仮定では、企業は対象とせず、家庭の電力需要のみを対象とすることにした。

このことから、単身世帯では日中に家庭に残っている人が少なくなり、効果が薄いとい

う仮説が立てられたため、単身者世帯の割合の高すぎる場所は対象から外すこととした。以上の観点から、中部電力を今回の分析の対象とした。

### 3-3 基準年度、社会的割引率、評価期間

本分析の対象期間は平成 26 年から平成 49 年と設定した。具体的には、費用はスマートメーターを家庭に設置する平成 26 から平成 30 年の 5 年間に渡って発生し、便益は CPP を開始する平成 30 から平成 49 年の 20 年間に渡って発生する。なお、便益の算定期間である 20 年間はスマートメーターの耐用年数を参考にした。

割引率は社会的割引率として広く一般に用いられている 4% に設定した。この値は対象期間に渡って通時的に一定と仮定する。これらの設定を図示したものが図 4 である。

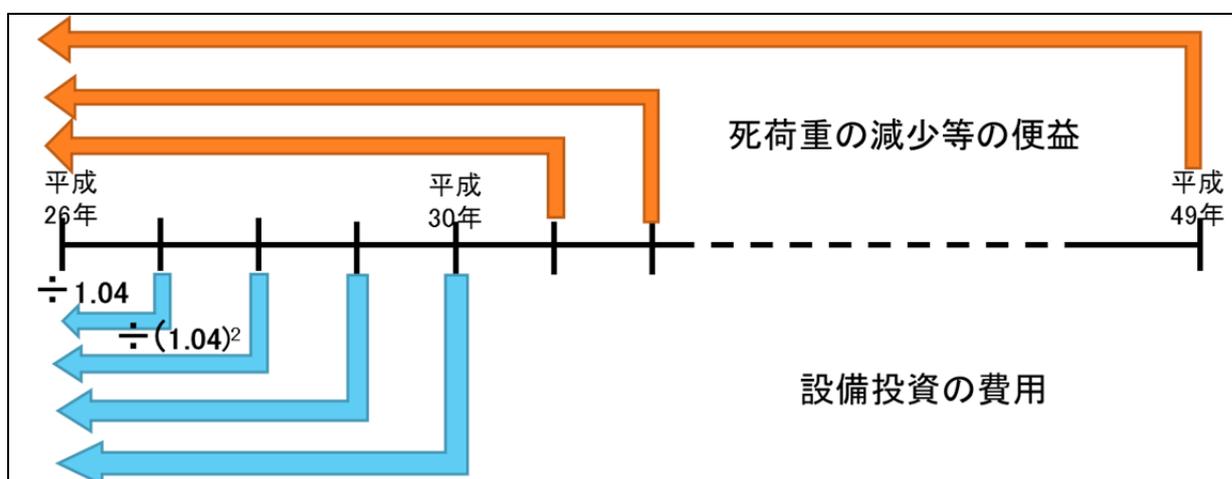


図 4 費用と便益の発生期間

### 3-4 CPP の設定

電力市場の分析に入る前に、CPP の設定を述べる。まず図 5 のように 1 日 24 時間を 5 つの時間帯に分類し、各時間帯をプライマリーマーケットとセカンダリーマーケットに分けた。ここで、プライマリーマーケットとは政策が直接的に影響を与える市場であり、セカンダリーマーケットは政策が間接的に影響を与える市場を意味する。<sup>1</sup>よってセカンダリーマーケットを分析することによって、プライマリーマーケットでの余剰分析に表れない政策の波及効果を計測出来る。

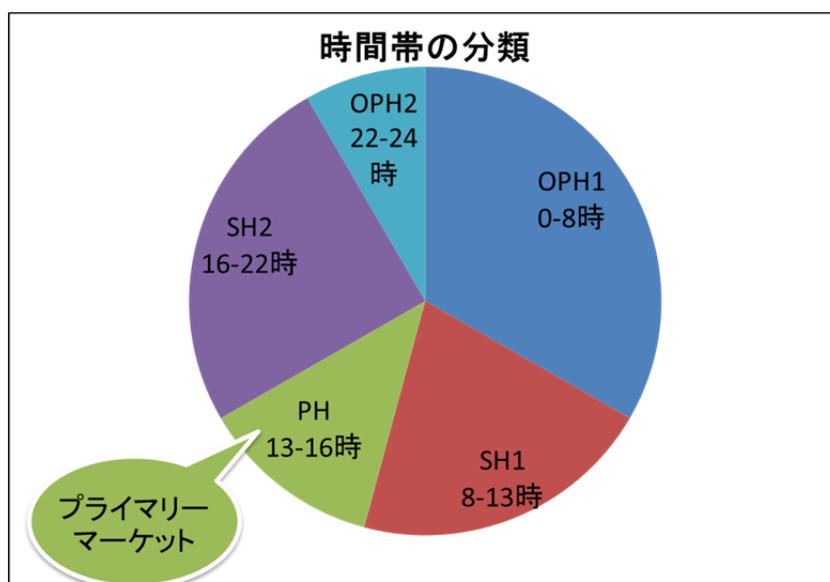


図 5 CPP の時間帯設定

電力需要が最も高いと思われるピークアワー(以下、「PH」)をプライマリーマーケットとし、その前後の時間帯であるショルダーアワー(以下、「SH」)と電力需要が相対的に低いであろうオフピークアワー(以下、「OPH」)をそれぞれセカンダリーマーケットと定義した。つまり 1 日 24 時間の中で、PH というプライマリーマーケットと PH1、PH2、OPH1、OPH2 という 4 つのセカンダリーマーケットが存在する。このように定義した理由は、例えば PH での電力需要が減少すると、SH での電力需要が増加するというように、プライマリーマーケットと各セカンダリーマーケットの電力需要は代替的であると考えられるからである。

しかし、例えば SH での電力需要が増加すると、OPH での電力需要が減少する可能性もある。このようなセカンダリーマーケット同士の代替関係は、本分析では個別に仮定しないこととする。よって、with ケースと without ケースにおける各セカンダリーマーケット

<sup>1</sup> 費用便益分析の基礎については Boardman et al. “Cost-benefit analysis” 4<sup>th</sup> ed.を参照のこと。なお、以降、本レポートにおける費用と便益の推定方法の理論的背景は全てこの本に基づくことに留意されたい。

の電力需要の差は、プライマリーマーケットと各セカンダリーマーケットの代替性のみでなく、他の3つのセカンダリーマーケットの代替性の全てを含んだネットの増減を示す。

続いて CPP 導入時における電力料金を設定する。まず現在の基本料金は 17.2 円/kWh であり、これをベースに CPP の料金を定めた。今回は 2012 年度の最高気温の実績を元に、最高気温が 32 度以上の日は PH の時間帯のみ CPP を導入し、需要抑制のために電力料金を値上げすると設定する。今回は、気温が 1 度上がることに 20 円の値上げし、35 度以上は 97.2 円で一定とした。PH 以外の時間帯は一律で基本料金の 17.2 円/kWh である。以下、我々が設定した CPP の料金設定と CPP を導入した際の 1 日の電気料金の推移を示す。次章ではこの枠組みの下で費用と便益を測定し、政策提言を行う。

最高気温	CPPの価格設定 (円/kWh)	2012年7-9月の実績日数(平日)
32-33°C	37.2円	6日
33-34°C	57.2円	8日
34-35°C	77.2円	3日
35°C以上	97.2円	17日

表 1 CPP の料金設定

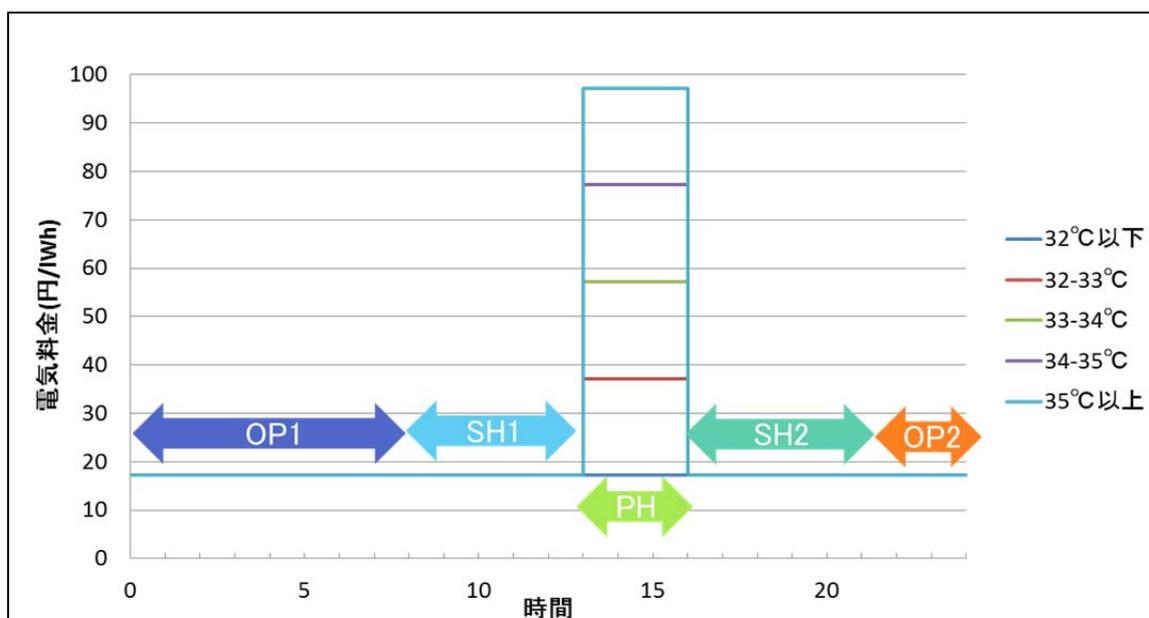


図 6 CPP 導入時の電気料金

## 第4章 費用と便益の項目

### 4-1 先行研究における費用・便益の項目

ヨーロッパやアメリカにおける電力会社に関する先行研究により、スマートメーター導入に関する便益と費用の項目を調査した結果、便益と費用に関して以下のようにまとめられる。

〈便益〉

- ① 需要反応
- ② 検針費用の削減
- ③ オペレーションの効率化
- ④ 料金請求の効率化
- ⑤ 負の外部性減少 (CO<sub>2</sub>、浮遊粒子状物質、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub> 等)
- ⑥ 停電リスク軽減及び停電時コスト削減

〈費用〉

- ① 運用管理
- ② メーター本体
- ③ ネットワーク
- ④ 設置費用
- ⑤ IT システム
- ⑥ システム統合
- ⑦ プロジェクト管理

### 4-2 本分析における便益と費用項目

今回の分析では、日本においてスマートメーターと CPP を導入するに際しての便益と費用を考案する。

他国と比べると、日本の電力供給が非常に安定しており、先進国の中でも突出している。そのため、本分析では、停電リスク軽減及び停電時コスト削減という便益を除外することができる。また、外部性の減少に関しても、日本の発電設備には CO<sub>2</sub> 以外の有害な排出物質に対するフィルターの設置が義務付けられていることから、CO<sub>2</sub> の排出量削減のみを考慮すればよいと考える。

さらに今回の分析ではスマートメーターの導入のみの費用と便益を考えている先行研究とは異なり、CPP の同時導入も想定している。そのため、先行研究では扱われていないプライマリーマーケットでの余剰の減少（負の便益）やセカンダリーマーケットでの DWL の減少、固定費用の削減を便益の項目として追加している。また、費用に関してはスマートメーターの導入費用として一括で示している。

以下の便益・費用諸項目を表 2 に表した。

便益	プライマリーマーケットでの余剰の減少（負の便益） セカンダリーマーケットでの DWL の減少 固定費用の削減 検針費用等の削減 不要火力発電所の維持管理費削減 負の外部性減少（CO <sub>2</sub> ）
費用	スマートメーターの導入費用

表 2 便益・費用項目

## 第5章 余剰と DWL の減少

### 5-1 推計の概要

本節では経済学における余剰分析の手法を用いて、電力市場における死荷重の変化を推計する。まず PH のプライマリーマーケットにおいて、CPP の導入で電気料金が上昇することにより、電力使用量は減少し、総余剰が減少する。ここで、費用便益分析において余剰分析を行う場合、セカンダリーマーケットが価格と限界費用が一致する完全市場であるならば、プライマリーマーケットで一般均衡需要曲線を用いることで、セカンダリーマーケットに与える影響を考慮した便益評価が出来る。しかし、電力市場は価格が限界費用よりも高い不完全競争市場であるため、with/without ケースの総余剰の差を見るには、セカンダリーマーケットの死荷重の変化をプライマリーマーケットの総余剰の変化に加えなければならない。セカンダリーマーケットにおいては CPP の導入に関わらず電気料金は 17.2 円で一定であるが、プライマリーマーケットでの需要減少を受けて需要が増加し、死荷重が増加する。単純化のために限界費用を一定と仮定すると、本分析の余剰分析は以下の図で表される。

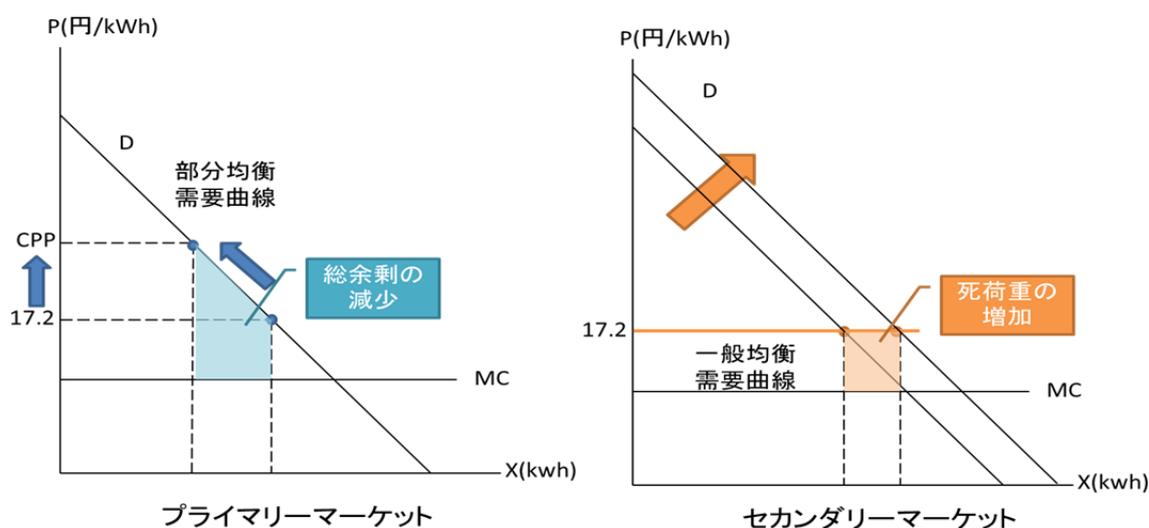


図 7 余剰分析のイメージ図

まず、プライマリーマーケットの部分均衡需要曲線は Ida et al. (2013)にて社会実験の結果を用いて推定された需要関数を元にしており、一般均衡需要曲線と一致する。なぜなら社会実験の結果は CPP 導入によるセカンダリーマーケットの変化を織り込んだ電力需要量であるため、CPP 導入の前後共に電力需給の均衡点は部分均衡需要曲線上にある。これらの均衡点を結んだものが一般均衡需要曲線であるため、結果的に部分均衡需要曲線と一般均衡需要曲線が一致する。そして一般均衡需要曲線と限界費用曲線の差、つまり上図で青く塗られた部分がプライマリーマーケットでの総余剰の減少分を示す。

一方でセカンダリーマーケットでは一般的に、部分均衡需要曲線と一般均衡需要曲線が一致しない。CPP の導入によってセカンダリーマーケットで直面する価格は変化しないが、需要曲線はセカンダリーマーケットの価格変更を受けて、上方シフトする。シフトの前後で供給曲線との均衡点を結んだものが一般均衡需要曲線であり、図におけるオレンジの直線がそれを示している。そして一般均衡需要曲線と限界費用曲線の差、つまりオレンジで塗られた面積が死荷重となる。ここで需要関数がどれだけシフトするかは、プライマリーマーケットで直面する CPP の価格によって変化する。そして CPP の価格は最高気温によって定まることから、ある日のセカンダリーマーケットにおける需要関数のシフト幅は、その日の最高気温によって 4 種類存在する。

なお、上図 4 における各市場はある日の 1 時間あたりの電力需給を表している。よってこの図を用いて時間帯別の各 CPP の価格における 1 時間あたりの総余剰を求め、1 時間あたり総余剰×時間帯の時間数×最高気温を記録した日数で、対象期間内の総余剰の増減を求められる。

次節以降は需要関数と供給関数を推定し、実際に余剰分析を行う。

## 5-2 需要関数の推定

### (1) 需要曲線の推定

まず需要曲線の導出に当たり、需要量の推定を行った。

需要量に関しては以下の通り、家庭部門とそれ以外の部門に分けて推計した。ただしこの需要量は最高気温 35 度のときの数値である。

#### ① 家庭部門

資源エネルギー庁資料「夏季最大電力使用日の需要構造推計（東京電力管内）」における「全世帯平均の需要カーブ（在宅・非在宅別）」と「個人在宅率の推移（推定）」のデータを基に、以下の式より家庭部門の需要量を推定した。

家庭部門の需要量

= (中部電力管内従量電灯 A・B 契約戸数)

× {在宅率×在宅世帯電気使用量 + (1-在宅率) × 非在宅世帯電気使用量}

同式により求められた各時間帯の推計量に、Ida・Ito・Tanaka(2013)の「Using Dynamic Electric Pricing to Address Energy Crises Evidence from Randomized Field Experiments\*」で推計されている CPP 導入時の各時間帯の反応（下表 3）を加味し、価格変化時（変化前：¥17.2 変化後：¥37.2, ¥57.2, ¥77.2, ¥97.2）の Peak Hour の家庭部門での使用量を推計した。

電気代上昇分	PH の需要量変動割合	SH の需要量変動割合	OPH の需要量変動割合
20(PP=¥37.2)	-0.059	-0.005	0.026
40(PP=¥57.2)	-0.15	-0.009	0.031
60(PP=¥77.2)	-0.172	-0.003	0.041
80(PP=¥97.2)	-0.184	-0.01	0.043

表 3 CPP 導入時の各時間帯の反応

## ②家庭以外の部門

家庭以外の部門の電力需要量は定額電灯契約使用量と産業・業務部門を合算している。ここで定額電灯契約使用量とは、ビルの共用部分照明や街頭の看板用照明などのきわめて小さく限定的な場所で長時間使用される照明などに対する契約での電気使用量を指す。

まず定額電灯契約使用量は 2013 年 8 月の中部電力管内実績をベースに算出し、一か月で 1407386000kWh である。これをもとに 1 時間分を算出すると、  
 $140738600 \div 31 \div 24 = 1891647.849\text{kWh}$   
 となる。

つぎに産業・業務部門使用量であるが、以下の通りである。

産業・業務部門使用量（1 日当たり）  
 $= \{ \text{中部電力管内総電力使用量} - (\text{従量電灯契約使用量} + \text{定額電灯契約使用量}) \} \div 27$   
 $= 261356129\text{kWh}$

ただし、土日やお盆の周辺の期間は産業・業務部門の使用量が約 25%減少すると仮定しているため、27 日で割っている。

この数値に、資源エネルギー庁資料「夏季最大電力使用日の需要構造推計（東京電力管内）」における「夏季最大ピーク日の需要構造推計」から、算出した 1 日における各時間のウェイトを積算した。

両者を足し合わせ、Peak Hour 平均を求め、これを Peak Hour における家庭部門以外の需要量とした。

①、②を合算し、各価格での需要量は表 4 の通りとなった。

価格(¥)	需要量(kWh)
17.2	24440687.1
37.2	24328219.8
57.2	23949163.5
77.2	23857523.6
97.2	23807538.1

表 4 各価格での需要量

この各価格における需要量から、線形近似によって需要曲線を導出した。需要曲線の形状は気温や時間帯によらず一定であると仮定し、他の気温と時間帯での需要曲線を扱う。需要曲線は図 8 のような形状となっている。

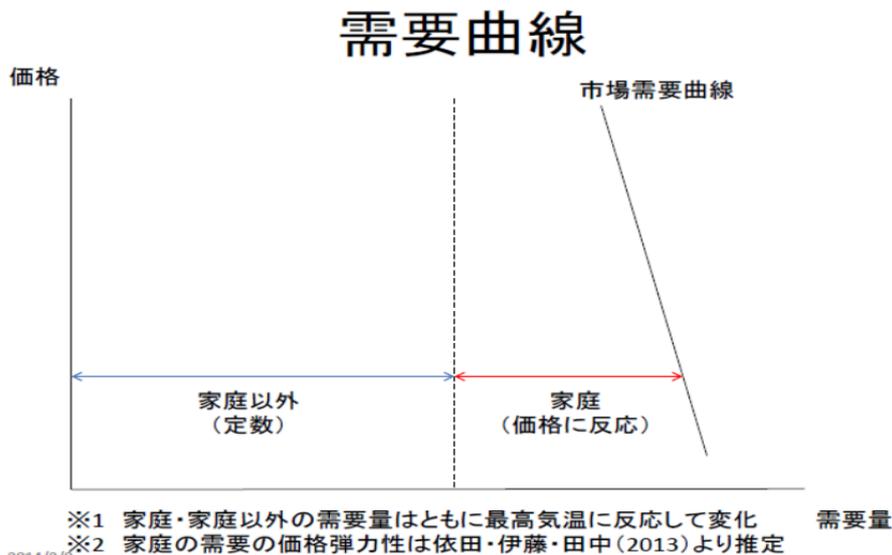


図 8 需要曲線イメージ図

## (2) 需要曲線の変化

後述の通り、CPP 導入時に需要曲線は Peak Hour 以外の時間帯において、形状は一定のまま平行移動すると考えている。また需要曲線は気温にも依存し全時間帯において平行移動する。

### ① PH の PP による Shoulder、Off-peak の需要曲線の平行移動

依田論文における CPP に対する各時間帯の反応をもとに需要量の変化を算出し、需要曲線の平行移動の大きさと方向を推定する。

### ② 気温による全時間帯の需要曲線の平行移動

名古屋市の最高気温と各時間帯の電力使用量の相関を調べ、気温 1℃ 上昇時の需要量の増加量を調べる。この増加量から、各時間帯の需要曲線の平行移動の大きさを推定する。

また、With Case と Without Case における需要曲線の位置は①・②をどのように考慮するかにより決定される。

With Case →①、②の両方を考慮に入れる。

Without Case →②のみを考慮に入れる。

ただし、Peak Hour に関しては With Case 、Without Case に関わらず②のみを考慮する。

平行移動の方向と大きさを決める With Case と Without Case における時間帯ごとの各気温・PH の PP における電力需要量は以下表 5 の通りとなる。この需要量の差分だけ需要曲線は平行移動する。ただし、PH における料金は CPP なのに対し、SH・OPH に関しては 17.05 円で固定である。

	CPP=37.2 (32°C~32.9°C)		CPP=57.2 (33°C~33.9°C)	
	W	WO	W	WO
Peak	22184090.79	22247068.3	22598653.26	22873888.3
Shoulder1	22111721.71	22106215.67	22679833.64	22685339.67
Shoulder2	20208890.79	20158997.57	20769544.36	20751674.24
Off-peak1	14921557.55	14805237.38	15219106.32	15084611.13
Off-peak2	17452237.42	17261507.81	17949748.92	17729217.81

	CPP=77.2 (34°C~34.9°C)		CPP=97.2 (35°C~)	
	W	WO	W	WO
Peak	23174158.25	23500708.3	23772988.25	24127528.3
Shoulder1	23275475.74	23264463.67	23835328.62	23843587.67
Shoulder2	20885185.59	21344350.91	21923174.75	21937027.57
Off-peak1	15534830.12	15363984.88	15821473.88	15643358.63
Off-peak2	18477061.93	18196927.81	18956692.53	18664637.81

表 5 時間帯ごとの各気温・PH の PP における電力需要量

### 5-3 供給関数の推定

本分析では発電所別に限界費用を算定し、限界費用が低い順に発電所を稼働させると仮定して供給曲線を作成した。なお分析対象に含む発電所は、CPPを導入する平成30年時点で稼働が見込まれている発電所に限定した。つまり平成30年までに新設や増設が予定されているプラントは含める一方で、既に廃止されたものや長期計画停止中の発電所は除外した。<sup>2</sup>なお浜岡原子力発電所に関しては、平成30年時点でも運転を停止していると仮定した。後述の感度分析では運転を再開したケースを想定し、原子力発電所の電力供給量も含めた供給曲線を作成した。

発電所別の限界費用の算定には、蓮池・金本(2005)の算定式を用いた。まず発電方法は火力発電・水力発電・原子力発電の3種類に限定し、太陽光発電などは含めないこととした。次に発電のコストには、燃料費・修繕費・減価償却費・外注費・労務費等が含まれるが、燃料費以外は大部分が固定費であると考えられる上に、正確なコストが算定出来ないことから、今回は燃料費のみを変動費として捉えた。最後に水力発電は燃料費がかからず、原子力発電は発電の有無に関わらず燃料を消耗するため、水力発電と原子力発電の限界費用はゼロと仮定した。

これらの仮定を用いて、先行研究では以下の算定式によって燃料別の限界費用を求めている。我々の分析では、火力発電所の燃料は石炭、LNG、原油の3種類を仮定した。

$$\text{限界費用(円/kWh)} = \frac{\text{燃料価格(円/t, kl)}}{\text{熱量(MJ/kg, l)} \times \text{発電効率} \times (1 - \text{所内率})}$$

(ただし1MJ = 0.278kWh)

この算定式を用いて発電所別の限界費用を求めた。この式に用いたデータは次の通りである。まず燃料費用は日本エネルギー経済研究所による2014年度のエネルギーCIF価格の予測を用いた。なお、為替レートは2013年12月末時点の1ドル104円とした。これらより燃料価格は、石炭が11440円/t・LNGが81536円/t・原油が68680円/klと算定された。熱量は資源エネルギー庁が制定した標準発熱量より、石炭が25.7MJ/kg・LNGが54.6MJ/kg・原油が41.2MJ/lとした。発電効率は中部電力が公表している各発電所の発電方式や熱効率を参考にして、データを収集した。最後に、所内率は発電した電力のうち発電所内で使用している電力の割合を示すが、これは発電所別のデータが見つからなかったため、簡便化のため中部電力全体の所内率を適用した。中部電力全体の所内率は、電気事

<sup>2</sup> この仮定により、中部電力が公表している総出力は長期計画停止中の発電所を含んでいるため、本分析における供給力とは一致しない。

業連合会の『電力統計情報』における自社発電所所内用(火力発電)を火力発電所の発電総量で割り、3.8%と算定した。

図 5 はこの数値を元に算定した供給曲線とその発電方式と燃料を図示したものである。平成 30 年時点での最大出力は原子力発電所を除いて 3084.6 万 kW となった。なお他社発電の購入に関しては、中部電力の購入価格が分からなかったため、燃料別に最も高い限界費用で電力を購入すると仮定した。例えば LNG 発電の他社から中部電力が購入している場合、理論上は自社の原油発電の限界費用よりも他社発電の購入価格が安いと考えられる。しかし購入価格は分からないため、この場合は自社の LNG 発電における最も高い限界費用を LNG 発電の購入価格であると仮定した。

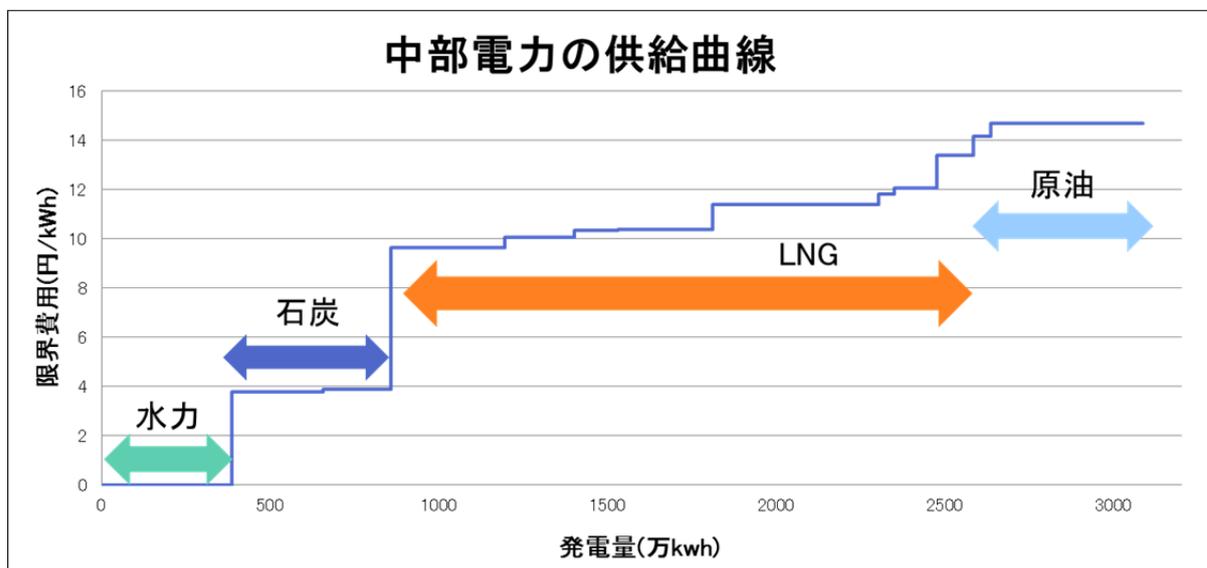


図 9 中部電力の供給曲線

## 第6章 他の便益項目

### 6-1 固定費用の削減

固定費用の削減に関しては、(1)スマートメーター導入に伴う削減と(2)CPP導入に伴う削減の2種類に分けられる。以下この2種類の固定費用削減の各項目に関して詳述する。

#### (1)スマートメーター導入に伴う削減

スマートメーター導入に伴う固定費用の削減項目としては以下の3つが主に挙げられる。これらは中部電力が2013年12月に公表した「スマートメーターの原価算入において」の「長期的な費用対効果」によるものである。

##### ①検針出向関連業務費用

従来の電気メーター使用時は、各家庭・事業所等の電気使用地に人員を派遣して直接使用量を目視で検針していたため、1年間に相当額の人件費などの検針出向関連業務費用が発生していた。スマートメーターの導入によって使用量の把握が自動化されるのに伴い、これらの検針出向業務費用が削減できる。その年間削減額は50億円である。

##### ②設備管理関連業務費用

スマートメーターにより系統安定能力が大幅に上昇されることが見込まれる。このため、従来は需要量の大幅な増減に対応するため必要とされていた、変圧器の容量の最適化等の設備投資が抑制されると考えられている。その年間削減額は4億円である。

##### ③その他費用

これは従来の電気メーターにおいて必要であった祝日法改正時の計器内カレンダー設定変更作業が、スマートメーターの導入により自動化されることによる費用削減が主に挙げられている。その年間削減額は18億円である。

①～③の合計額72億円/年の費用削減がスマートメーターの導入により見込まれる。

#### (2)CPP導入に伴う削減

CPP導入時に削減される固定費用としては不要となった火力発電所の維持・管理費等の削減が考えられる。この不要火力発電所の維持・管理費の項目としては以下が挙げられる。また、火力発電所の建設費に関してはコスト等検証委員会が2011年12月公表した「発電コスト計算シート」より、石油火力19万円/kW、LNG火力12万円/kWである。以下の横目に関しても同計算シートの数値より算出している。

##### ①人件費

石油火力発電所では2.1億円/年、LNG火力発電所では7.3億円/年となっている。この人件費分の削減がそれぞれ見込まれる。

②修繕費

石油火力発電所では建設費の 1.7%/年、LNG 火力発電所では建設費の 2%/年となっている。この修繕費用の削減が見込まれる。

③諸費

石油火力発電所では建設費の 1.2%/年、LNG 火力発電所では建設費の 0.9%/年となっている。この諸費用の削減が見込まれる。

④業務分担費(一般管理費)

①～③の費用の合計額の 10.3%/年（石油火力）、14.6%/年（LNG 火力）となっている。同費用も削減が見込まれる。

①～④を今回の With Case 時に運転停止及び廃止されると想定した尾鷲三田火力発電所（石油火力、50 万 kW）と知多火力発電所（LNG 火力、108 万 kW）の廃止による削減額の合計は 1 年間当たり 91 億 3666 万 5000 円である。

## 6-2 負の外部性の減少

外部性に関しては4-2で述べた通り、火力発電による化石燃料使用の増減に伴うCO<sub>2</sub>排出量の変化に基づいて算出する。今回の分析において、火力発電量の変化によって使用量が増減する燃料は全て天然ガスである。そのため、本分析においては天然ガスの使用量の変化に伴う外部性についてのみ扱うものとする。

独立石油天然ガス・金属鉱物資源機構「天然ガス資料年報」、経済産業省「資源・エネルギー統計年報」、国土交通省（2007）「CO<sub>2</sub>の貨幣価値原単位について」によると、1kwh発電するのに必要な天然ガスの量は0.1Lであり、天然ガス1Lを燃焼させた時のCO<sub>2</sub>排出量が6.08kgであることから、1kwh削減したときのCO<sub>2</sub>削減量は、0.608kgとなった。また、これらの資料からCO<sub>2</sub>の市場価格を¥2,365/kgとして考える。

以下は今回の分析で用いた負の外部性の変化に関する計算式である。

<b>負の外部性の削減額(円)</b>					
<b>=</b>	<b>電力削減量 (13461万 kWh)</b>	<b>×</b>	<b>発電に伴う CO<sub>2</sub>発生量 (0.608kg/kWh)</b>	<b>×</b>	<b>CO<sub>2</sub>の 市場価格 (¥2.365/kg)</b>

注1) CO<sub>2</sub>価格は市場価格の中央値で評価  
注2) CO<sub>2</sub>以外のNox, Soxなどの負の外部性は大きさが小さいため、今回は考慮に入れなかった。

以上の計算式より、求める負の外部性の削減額は2,251,383,116円となった。

## 第7章 費用

費用に関しては、今回の分析においてはスマートメーターの導入に関する費用のみを想定している。

また、同費用に関しては

- ①スマートメーター本体
  - ②取付工事作業費
  - ③サーバー設置費等の諸費用
- を想定している。

また、①スマートメーター本体の価格に関しては、現在の 17600 円から年率約 14%で下落すると仮定し、平成 30 年時には 10300 円となる。この数値は中部電力（2013）の想定と現在のスマートメーターの価格差を考慮したうえで、その中間となる仮定をおくこととした。ただし、現行の電気メーターの取り換えに代わってスマートメーターを取りつけると考えるため、スマートメーター価格から現行メーター価格（=7300 円）を差し引いたものを①とする。

さらに費用の発生に関しては

- ①→全世帯（6404449 世帯）に 4 年間かけて取り付けるため、台数は各年全世帯数の 1/4 ずつ（1601112 世帯）となる。ただし、価格は上述の通り毎年下落する。
- ②・③→全発生額（843 億円）を 4 年間で均等に割った額（281 億円）が、平成 26 年から 4 年間毎年発生すると考える。

①~③の総費用額の割引現在価値は 1572 億 4956 万 9300 円である。

## 第8章 分析結果

### 8-1 結果

まず、費用と便益のそれぞれの結果と B/C 及び NPB に関して明記する。

便益

項目	金額 (¥)
検針費用等の削減	83,032,035,610
不要火力発電所のランニングコスト削減	106,141,257,840
DWL の減少	5,004,567,896
余剰の減少	-22,207,085,440
負の外部性の減少	2,251,383,116
合計	174,252,159,000

費用

項目	金額 (¥)
スマートメーター導入費	157,249,569,264
合計	157,249,569,264

B/C

$$174,252,159,000 \div 157,249,569,264 = 1.10812$$

NPB

$$174,252,159,000 - 157,249,569,264 = ¥17,002,589,000$$

### 8-2 考察

このベースケースの結果に関しては、便益面では不要火力発電所のランニングコストに、費用面ではスマートメーターの導入費に大きく依存している。とくに不要火力発電所については、完全に廃止し最低限の維持を行わないのかといった点や他社に売却を行わないのかという点を考慮すると、結果を大きく左右しうる。また、スマートメーターの導入費についても、スマートメーターの本体価格が我々の想定通りに下落するかどうかによって、B/C が 1 を下回る (NPB が負となる) 可能性が生じる。

不要火力発電所の扱いに関しては、日本における前例がほとんど見られないことから今回は、我々の仮定通りに完全廃止で最低限度の維持や他社への売却は行わないと扱わざるを得ない。しかしながら、スマートメーターの本体価格に関しては、次章の感度分析において分析を行う。

## 第9章 感度分析

### 9-1 感度分析の要素

感度分析の際に、スマートメーターの費用と原子力発電所の稼働状況を変数として取り上げた。スマートメーターの費用に関しては、量産化による価格低下の幅が不透明な状態にある。例えば中部電力と四国電力では今後の価格低下の見積もりにおいて大きな違いがある<sup>3</sup>。感度分析においては、スマートメーターの価格が導入初年の1.76万円から低下しないという仮定の下で計算を行った。

原子力発電所について、中部電力管内には浜岡原子力発電所が存在するが、2011年5月14日以降稼働させていない。この原子力発電所を稼働させた上で、スマートメーターを導入した場合、既存の火力発電所施設をどの程度維持する必要があるのか変化が生じると考え分析を行った。

### 9-2 感度分析結果

#### ①スマートメーターの価格が一定の場合

ベースケースでは、初年時に1.76万円であり、3年後には1.02万円まで低下すると仮定していた。この仮定を17.6万円で変化しないとした場合、205.2億円の費用増加となる。この場合、合計した費用が1777.7億円、便益が1742.5億円となり、NPV=-35.2億円、B/C=0.98となる。

#### ②浜岡原子力発電所を稼働させた場合

便益が1742.5億円から2435.1億円に上昇する。費用は変化せずに1572.5億円であるため、NPV=170.0億円から862.6億円に上昇し、B/C=1.10から=1.55へ変化する。

### 9-3 感度分析結果の評価

①スマートメーターの価格が一定であれば、NPVが負に転じるという算出がなされた。スマートメーターの導入を進める際には、メーターの費用をどの程度下げられるかということが政策としての成否を分けるとすら言える。メーカーと電力会社の協力により最低限必要な機能を持ったメーターを、安く、大量に生産することが必要である。

②原子力発電所の稼働については、直接的にスマートメーターの導入と関係があるわけではない。しかし、スマートメーター導入による利点は最大需要時の際の電力需要を他の時間帯に分散させることにあるため、基礎的な発電量が大きくなり、最大需要との差が小さくなることの意義は大きいと考えられる。なお、本分析で捉えられていない点については後の今後の課題のところで取り上げる。

---

<sup>3</sup> 四国電力「スマートメーターの原価算入について」  
[http://www.yonden.co.jp/publish/pdf/ryoukin\\_20130425\\_4.pdf](http://www.yonden.co.jp/publish/pdf/ryoukin_20130425_4.pdf)

## 第10章 結論

本費用便益分析では、中部電力管内においてスマートメーターと CPP を導入する場合の費用便益分析を行った。結論として、スマートメーターと CPP は導入すべきである。

費用便益分析の結果について、ベースケースにおいて、総便益が総費用を上回ることが明らかになった。総便益が約 1742 億円、総費用が約 1572 億円であることから、NPV が約 170 億円と判明した。このときの B/C は約 1.1 である。また感度分析を行った結果、スマートメーターの価格が下がらない場合を除いて、純便益は正及び B/C は 1 以上となっている。

したがって、感度分析等を踏まえた上で本分析から導き出される政策提言として以下の 4 点を述べたい。

一点目として、中部電力管内のスマートメーターと CPP の導入である。B/C が 1 を超えるとともに、純便益の 170 億円という大きさを考慮に入れると、中部電力は管内でスマートメーターと CPP を導入することが望ましい。ただし、これはスマートメーターの価格がベースケースの仮定通りに下落する場合においてである。もしも、感度分析で取り上げたようにスマートメーターの価格が一定だったならば、純便益は負となることから本政策は実施が望ましくないと考えられる。

二点目として、原子力発電所の再稼働を挙げる。感度分析の結果からもわかるように、原子力発電所の再稼働により B/C および純便益は大きく上昇する。一方で、今回の分析では原子力発電所の事故リスク等は捨象して分析を行っているため、事故による社会的損害の大きさや事故の発生確率の高さによって大きく結果が異なりうることは考慮に入れなければならない。

三点目として、企業への導入である。今回の分析の対象は家庭のみを対象とした分析であったが、中部電力管内の企業にもスマートメーターと CPP を導入することで、さらに純便益が向上する可能性がある。なぜならば、企業の電気に関する需要の価格弾力性を本分析では 0 と扱っているが、本来は企業の価格弾力性は仮定のものよりも大きいと考えることが自然である。そのため、企業部門への本政策の導入により需要量の平準化が大きく促進されることが見込まれる。また、最大需要量の減少に伴い、限界費用が低下し、スマートメーター導入時の社会的純便益の変化も大きくなると考えられる。

四点目として、オフピークアワーの価格設定の変更も必要である。オフピークアワーの価格を現在の 17.2 円よりもさらに低く設定することで、PH における需要の更なる減少と需要の平準化がより進行し、純便益の増加が見込まれる。

## 第11章 今後の課題

本分析の結果を踏まえて、分析の限界と今後の課題を示す。

まず、本分析の結果では余剰分析における純便益が少なかったが、これは次の 2 点の仮定によると考えている。1 点目は CPP の価格設定である。今回は最高気温が 32 度未満の日は PH において基本料金の 17.2 円とし、気温が 1 度上昇するごとに 20 円の加算とした。そして 35 度以上は 97.2 円で据え置きとした。しかし、実際には 2012 年の 7-9 月に中部電力管内で最高気温が 38 度を超える日もあり、最高気温が 35 度の日と 38 度の日で同じ CPP の 97.2 円を導入することに対して疑問が残る。よって、CPP の料金設定を本分析の 5 段階からさらに細分化する、あるいは最高気温と CPP の比例的な相関を改めるなど、CPP の料金設定の見直しと妥当性の検証が求められる。この点を改善することで、CPP 導入による更なる電力需要の抑制が期待でき、余剰分析の純便益が増加すると考える。2 点目は家庭のみへの CPP 導入である。今回は家庭のみにスマートメーターと CPP を導入し、事業者の電力需要は気温のみに依存し価格弾力性はゼロと仮定した。しかしながら、実際には中部電力管内における総電力需要量に占める事業者の使用量の割合が高いため、家庭よりも企業に CPP を導入した方が、電力需要は大きく削減出来ると思われる。よって、今後は企業への CPP 導入による効果の算定を行うべきである。

次にデータ上の制約から本分析で扱えなかった事項を 2 点挙げる。

まず先述の通り、今回は需要関数の推定の際に Ida et al.(2013)で用いたけいはんなでの社会実験のデータによる電力需要の推計結果を用いた。この推計結果は 2012 年 7 月から 9 月の 3 か月間の家庭電力需要量を用いているが、我々の分析ではこの推定結果をベースにして、中部電力管内の家庭電力需要関数を推定した。しかし今回は地域特性をコントロールしていないため、本分析ではけいはんなの需要関数と中部電力管内の需要曲線が同じであることを暗黙に仮定している。よって中部電力管内と関西電力管内の地域特性をコントロールした需要関数を推定することで、他の地域におけるスマートメーターと CPP の導入の費用便益分析を行うことが出来る。

最後に余剰設備の廃止に係る費用便益の測定に関して述べる。今回は CPP 導入によって供給過剰となった発電設備は運転を停止し、廃止すると仮定した。そして廃止した設備の運転費用を便益に算入した。しかし設備を廃止し外部に売却することで、スクラップ価値や残存価値の分だけ収入を得る場合も考えられる。そのためには、発電所の売却額や売却への入札額を便益に算入することが考えられる。しかし国内の事例では正確な金額をすることが出来ず、本分析では捨象した。

## 謝辞

本分析を行うにあたり、多くの方々からご指導ご助力を頂いた。この場を借りてお礼申し上げます。岩本康志先生、北野泰樹先生には費用便益分析の基礎理論を教わり、テーマ設定から分析手法の考案に至るまで様々なご指導を頂いた。八田達夫先生、鎌江伊三夫先生には諸外国の事例や国内の施策などを踏まえて、詳細なアドバイスを頂いた。以上の方々のご助力なしでは本分析は完成を見ることがなかった。ここに重ねてお礼申し上げます。なお、本稿で示した見解は全て筆者たち個人の見解であり、所属する組織やご協力頂いた方々の見解を示すものではない。また本稿にあり得る誤り、主張の一切の責任は全て筆者たちに帰するものである。

## 参考文献

- 財団法人電力中央研究所（2010）、「スマートメーター導入に関する米国の動向とわが国における便益評価の課題」
- 資源エネルギー庁(2007)、「2005年度以降適用する標準発熱量の検討結果と改訂値について」
- 日本エネルギー経済研究所(2013)、「2014年度のわが国の経済・エネルギー需給見通し」
- 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－」  
RIETI DISCUSSION PAPER SERIES 05-J-024
- BOARDMAN, GREENBERG, VINING AND WEIMER “COST-BENEFIT ANALYSIS” 4TH ED.  
(UPPER SADDLE RIVER, NJ: PRENTICE HALL, 2011)
- 電気事業連合会『電力統計情報』
- 日本電気協会『電気事業便覧』
- 中部電力 [HTTP://WWW.CHUDEN.CO.JP/](http://www.chuden.co.jp/)
- NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY (2007), “MODERN GRID BENEFITS”
- PACIFIC GAS AND ELECTRIC COMPANY (2011), “SMART GRID DEPLOYMENT PLAN 2011 – 2020”
- VINCENZO G (2012), “GUIDELINES FOR COST BENEFIT ANALYSIS OF SMART METERING DEPLOYMENT”
- 中部電力(株) (2013) 「スマートメーターの原価算入について」
- コスト等検証委員会 (2010) 「発電コスト計算シート」
- 石油連盟 (2012) 「コスト等検証委員会報告書への意見」
- TAKANORI IDA, KOICHIRO ITO, MAKOTO TANAKA(2013) “USING DYNAMIC ELECTRICITY PRICING TO ADDRESS ENERGY CRISES EVIDENCE FROM RANDOMIZED FIELD EXPERIMENTS\*”
- 資源エネルギー庁 (2011) 「夏季最大電力使用日の需要構造推計（東京電力管内）」
- 独立石油天然ガス・金属鉱物資源機構 「天然ガス資料年報」
- 経済産業省 「資源・エネルギー統計年報」
- 国土交通省 (2007) 「CO2の貨幣価値原単位について」