

ネガワットの費用便益評価に関する一試算 —自律的節電スキームによるピーク火力代替の可能性—

坂東茂^{*1}, 高橋雅仁¹, 天津孝之²

- 1 一般財団法人 電力中央研究所 社会経済研究所
- 2 東京電力株式会社 経営企画本部 グループ事業部

2015年1月22日

要約:

東日本大震災以降の電源構成の変化(原子力発電の停止、老朽火力発電の稼働等)や、再生可能エネルギーの大量導入を踏まえ、ピーク抑制・電力の安定供給に寄与するための需要側における需給状況の改善策として、デマンドレスポンス (DR) が注目されている。我が国のスマートコミュニティ事業などでも家庭や業務用ビル等を対象にしたデマンドレスポンスの実証試験が盛んに行われており、家庭を対象にしたものでは既に5,000軒を超える実証結果が得られつつある。これらの試験では需要の削減量等には大きな注目が寄せられるが、それらの節電の結果が電力システムに及ぼす効果等を考察した研究は少ない。

本稿では、2020年時点の我が国の民生部門・自動車部門におけるピーク電力需要削減可能量と、需要削減に伴う供給側での回避費用 (=老朽石油火力電源の代替) を大まかに見積もり、同部門を対象にしたネガワット事業による供給コスト削減額を試算した。総額としてはおおよそ年間 500 億円から 1,000 億円の規模の事業となる。また、需要削減の不確実性について感度分析したところ、不確実性が高い場合にはコスト削減効果が大きく減る傾向があることが明らかとなった。

経済性が成立しにくい小規模な需要を抑制する仕組みとして、著者らは、DR と比べて、通信手段や計測・制御内容を簡素化する「自律的節電スキーム」を提案した。同スキームでは、DR アグリゲータとの契約によらず、需要家機器がでんき予報等の情報をトリガーとして自律的に節電モードに入ることによってシステムピーク抑制に貢献する。全機器に通信ユニット等何らかの追加コストがかかると考えられるが、機器の耐用年数を 10 年とすると、一機あたり 10 年間でかけられるブレイクイーブンコストは数千円程度であることが分かった。

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、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.

* Corresponding author. bando@criepi.denken.or.jp

■ 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

東日本大震災以降の電源構成の変化(原子力発電の停止、老朽火力発電の稼働等)や、再生可能エネルギーの大量導入を踏まえ、ピーク抑制・電力の安定供給に寄与するためのデマンドサイドにおける需給状況の改善策として、デマンドレスポンス (DR) が注目されている。我が国のスマートコミュニティ事業などでも家庭や業務用ビル等を対象にした DR の実証試験が盛んに行われているが、これらの試験では需要の削減量等には大きな注目が寄せられるものの、それらの節電の結果が電力系統側のコストや信頼度に与える影響を考察した研究は少なく、電力中央研究所の検討¹⁾²⁾や江幡らの検討³⁾ 等がある程度である。

需要側資源の経済的評価を行うためには、①総資源費用テスト、②参加者テスト、③電気料金支払者（非参加者を含む）への影響評価テスト、④プログラム管理者テストの4項目のテストが必要とされている⁴⁾ (表1)。このうち、総資源費用テストでは、社会全体という立場からの評価を行い、プログラムの正味現在価値が0以上である必要がある。

表1 需要側資源の経済性評価テスト

テスト項目	テストの定義
総資源費用テスト	参加者と電力会社の双方を含む需要サイドプログラムの総資源費用を評価するもの。
参加者テスト	プログラムの参加に伴う参加者の便益や費用を定量的に評価するもの。
電気料金支払者への影響評価テスト	プログラムの導入による電力会社の収益や運用コストの変化が、消費者への料金請求や料金単価にどのような影響を与えるかを評価するもの。
プログラム管理者テスト	プログラム管理者が負担する需要サイドプログラムの総コスト（インセンティブ費用を含む）を評価するもの。参加者負担の費用は対象外。

(出所) 文献4)に基づいて著者らが作成

本稿の目的は、総資源費用テストの考えに基づき、需要削減が系統にもたらすコスト削減効果の算出方法と試算例を提示することである。総資源費用テストは、当該プログラムの社会的な意義を考える際によく使われる。検討対象地域は、沖縄を除く全国とし、対象年度は2020年度とした。

まず、民生部門と自動車部門における、需要削減の技術的ポテンシャルを見積もる。検討対象機器は、家庭用エアコン、業務用電気空調、家庭用・業務用電気自動車、プラグインハイブリッド車、家庭用 LED 照明、業務用 LED 照明とした。LED 照明については、調光機能があることを仮定した。2020年度までに導入された上記の全ての機器が、需給ひっ迫時に制御可能と仮定した。その削減量には不確実性があることを考慮する。(第2章)

次いで、ピーク需要削減量は、老朽石油火力の起動停止計画(日間)に反映されると考え、老朽石油火力のうち何基かを長期計画停止でき、その運転維持費を節約できると仮定する。

需給逼迫時における需要削減による系統側費用削減要素として、ピーク対応火力発電の燃料焼き減らし効果、ピーク対応機の起動回数の減少による起動費の削減効果、供給予備力として使わなくなった火力発電のメンテナンス費の削減効果の3点を考え、それぞれ費用を見積もった。需要抑制の対象日としては、夏と冬両方を対象とした。最後に、総資源費用テストの視点から、ネガワット（需要削減量）に支払われるべきブレークイーブンコストを見積もった。

また本研究では、経済性が成立しにくい需要側資源を制御する仕組みとして、通信手段や計測・制御内容を簡素化する「自律的節電スキーム」を提案した。同スキームでは、DRアグリゲータとの契約によらず、需要家機器がでんき予報等の情報をトリガーとして自律的に節電モードに入ることで系統ピーク抑制に貢献する。第5章では本スキームを例として1設備あたりに掛けられるコストを見積もった。

第2章において民生部門と自動車部門における需要削減量の見積もりについて述べる。第3章において系統側の費用削減の試算方法について説明し、第4章においてコスト削減額の感度分析の結果について述べる。第5章において、著者が提案する自律的節電スキームについて説明し、節電スキームとDRとの相違点等について述べる。

2. 民生部門と自動車部門における需要削減量の見積もり

2.1. 各機器におけるピーク削減量

本章では、民生部門と自動車部門の検討対象機器の2020年におけるストック量を推計し、それぞれにピーク時間帯（夏季14時頃、冬季17時頃）の負荷削減率を設定して、需要家機器毎の負荷削減量を算定した。対象エリアは日本全体である。試算値は、需要削減可能な機器は全て需要削減を行うという技術的ポテンシャルであることに留意されたい。なお、本章では、筆者らが関わった実証試験の自動DR制御の結果（文献5）などを参照し空調負荷の削減率を2割として仮定しているが、第4章において、削減率が1割となった場合の感度分析を行った。

2.1.1. 家庭用エアコン

家庭用エアコンの削減量算出については、

- ・ 日本全国のピーク時の在宅軒数
- ・ ピーク時の世帯消費電力
- ・ ピーク時の世帯消費電力に対するエアコン消費割合

の夏季・冬季の各データを掛け合わせて家庭用エアコンの全国電力負荷総計を推定し、削減率2割で計算した。なお、上記の3つのパラメータを計算するために文献データ5),6),7),8),9),10),11)を用いた。

- 夏季 kW 削減量=日本の世帯数(4800万世帯)*エアコン普及率(90%)*昼間在宅率(50%)*昼間消費電力(1,200W/世帯)*世帯消費電力におけるエアコン消費電力の割合(53%)*削減率(2割) =2.74 [GW]
- 冬季 kW 削減量=日本の世帯数(4800万世帯)*エアコン普及率(90%)*エアコン暖房利用率(50%)*夕方在宅率(75%)*夕方ピーク消費電力(1,400W/世帯)*世帯消費電力におけるエアコン消費電力の割合(30%)*削減率(2割) =1.36[GW]

2.1.2. 業務用空調システム (パッケージエアコン、チリングユニット)

業務用電気駆動空調機の削減量算出については、

- ・ 日本全国の普及台数 (パッケージエアコン、チリングユニットのみ)
- ・ 出荷機器の平均定格容量
- ・ 2020年の推定 COP

の各データを掛け合わせて資源量を求め、さらに稼働率を設定して求めた。上記のデータを推計するにあたり、文献データ12),13),14),15)を用いた。稼働率に関しては、オフィスにおいて人員が少ない時間帯であっても空調を停止させることはないとして、100%の稼働率を設定している。なお、セントラル空調は評価対象とはしなかった。

$$\text{○ kW 削減量} = \text{資源量}(29.3[\text{GW}]) * \text{稼働率}(100\%) * \text{定格運転}(100\%) * \text{単位削減量}(2割) = 5.86 [\text{GW}]$$

2.1.3. 電気自動車(EV)・プラグインハイブリッド車(PHV)

EV、PHV によるピーク電力の削減量算出については、

- ・ 2012年現在登録自動車台数
- ・ 家庭用・業務用自動車台数
- ・ EV/PHV の普及見通し
- ・ 充電器インバータ容量

の各データを推計し掛け合わせて資源量を求めた。夏季の昼間ピーク時間は、家庭用 EV の充電回避による需要削減を、冬季の夕方ピーク時間は、家庭用・業務用 EV の充電回避による需要削減を見積もった。夏季の業務用 EV は営業時間中で充電されている確率は低いと考えられ、今回の需要削減量には考慮しなかった。夏季ピーク時間帯の充電のピーク時間帯の充電による電力消費量については米国の実証試験のデータを参照し、上記のデータを推計するにあたり、文献データ16),17),18),19),20)を用いた。

- 冬季業務用 EV 回避可能充電 kW=14百万台(2020年 EV、PHV 導入目標)×18%(業務自動車割合)×普通充電3[kW]= 7.56[GW]
- 夏季・冬季の家庭用 EV 回避可能充電 kW=(14[百万台]×家庭自動車割合78%)×米国

実証試験における充電電力量0.125[kW/台]=1.37[GW]

2.1.4. LED 照明

家庭：居間天井 LED 照明が消灯する(47W→0W)(夏季のみ)

業務：天井照明の照度が抑制される(600lx→300lx)(夏季冬季)

と仮定して、LED の節電量を見積もった。データを推計するにあたり、文献データ5), 21),22),23),24),25)を用いた。

- 家庭部門の kW 削減量=全世帯数(4800万世帯)*LED 照明ストック普及率(57.9%)*昼間在宅率(50%)*昼間点灯率(50%)*単位削減量(75W/世帯, 通常時47W→節電コア時0W)=0.33[GW](夏季)
- 業務部門の kW 削減量=全国ビルストック量(17.4億㎡, 病院・福祉施設除く)*LED 照明ストック普及率(50.3%)*昼間の照明負荷原単位(6.27W/㎡, 全業種平均)*削減率(50%, 通常時600lx→節電時300lx)=2.74 [GW]

2.2. 夏季冬季の総削減電力

以上の負荷削減量を合計すると、夏季ピーク時には約13GW、冬季ピーク時には約19GWの負荷削減量という試算結果となった。(表2)

表2 夏季と冬季のピーク時削減電力量(技術的ポテンシャル)

	夏季ピーク (平日14時頃)	冬季ピーク (平日17時頃)
家庭用エアコン	2.74GW	1.36GW
業務用電気空調	5.86GW	5.86GW
家庭用EV・PHEV	1.37GW	1.37GW
業務用EV・PHEV	-	7.56GW
家庭用LED	0.33GW	-
業務用LED	2.74GW	2.74GW
合計	13.04GW	18.89GW

3. 電力システム側のピーク予備力の削減量、削減コストの評価

本章ではピーク時間帯の負荷削減により、石油ピーク火力代替による削減可能コスト(=回避コスト)を試算した。

供給コストの削減効果には次の3点を考慮した。

- ① ピーク期の需要を削減した時の発電回避量[kWh]
→化石燃料燃え減らし効果

- ② 発電が一部回避された日数
→起動費削減効果
- ③ 発電機会のない古い火力発電
→運転維持費削減効果

想定した2020年の負荷として、2010年の負荷を用いた。2012年の需要カーブに需要伸び率を考慮する方法もあるが、供給予備率を考える上では数年の傾向を見て決める必要があり、近年最も需要の大きい年を考慮することも必要と判断したためである。2010年の電力需要最大上位32位は夏季であった。

需要削減により発電回避できた電力量は、図1の持続曲線より、846[GWh]となり、持続時間は167時間、日数は27日となった。

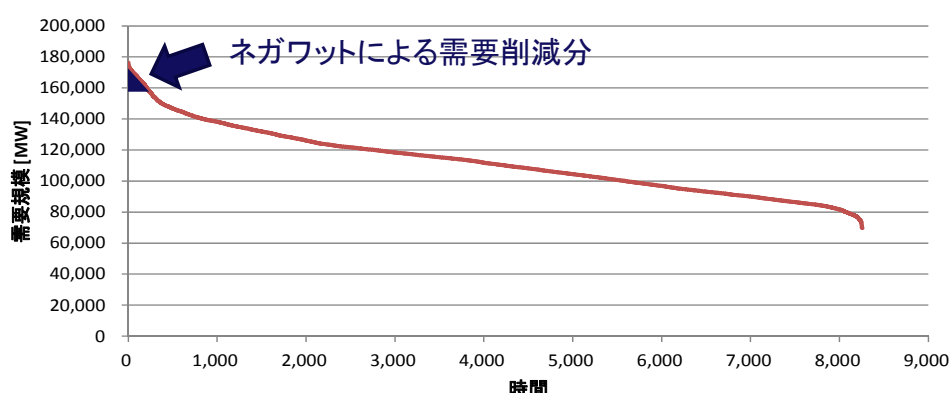


図1 想定した2020年の負荷持続曲線

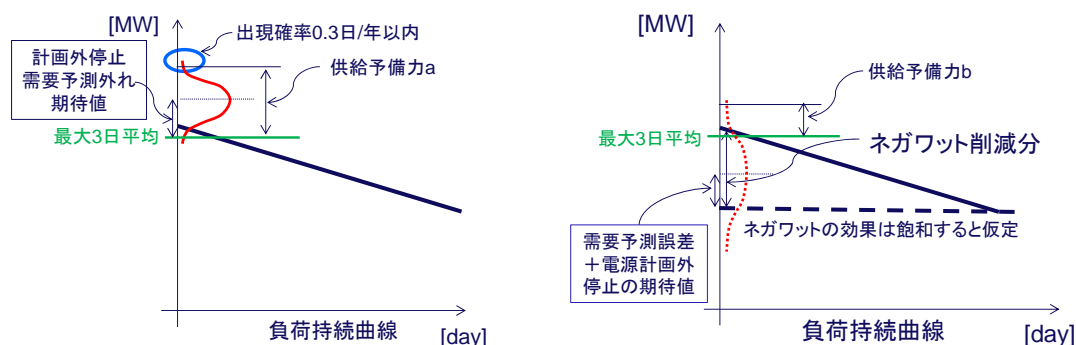
3.1. ネガワット導入によって発電機会がなくなる古い火力発電容量の算出

3.1.1. ネガワットがない場合の供給予備力の見積もり

発電機会のない古い火力発電の容量を、ピーク期の予備力削減可能量と定義する。供給予備力の適正保有量を決定する際の指標として、本研究では供給不足確率(LOLP: Loss of Load Probability)を用いて評価を行う。予備力の必要量は需要予測に含まれない変動、火力発電や水力発電の計画外停止のそれぞれの発生確率と発電機数に依存しており、それらを勘案した年間の供給不足日数が0.3日以下になるように設定されている(図2(a)の赤実線)²⁶⁾。なお、供給不足日数の大部分は若干の周波数低下にとどまる程度の軽微な供給力不足も含まれる。本研究では、これらの確率分布を全て正規分布として設定し、正規分布の平均値と分散の和を用いて評価した。

文献27),28)より、火力発電ではおよそ年間3~5%程度の確率で計画外停止が発生し、水力発電は0.8%程度の確率で計画外停止が発生し、それぞれ基数を基に、標準偏差を求めた。需要の変動に関しては、標準偏差が必要規模の3% (文献29))と設定した。各発電機の基数を勘案すると日本全国では供給不足発生平均値は440万 kW であり、標準偏差は490万 kW となる。従って、ネガワットがない場合に全国で必要な予備力保持量は、1,275万 kW

である（図2(a)の供給予備力 a）。



(a) 需要予測の不確実性と電源の計画外停止を考慮 (b) 需要予測と需要削減の不確実性、電源の計画外停止を考慮

図2 電源の計画外停止確率と需要予測の不確実性の重量と予備力の関係

3.1.2. ネガワットがある場合の供給予備力の見積もり：需要削減量の不確実性の考慮

従来電源と比べて、需要削減には不確実性がある。そこで、本試算では、需要削減の不確実性については、3つの設定で計算した。すなわち需要削減の変動幅（99%信頼区間）を、削減量のプラスマイナス20%（ケース1）、同50%（ケース2）、同80%（ケース3）の3ケースである。ケース1からケース3になるほど、需要削減の不確実性が高い。以下の検討では、ケース2を仮に基準ケースと置いて、計算方法を説明する。

表2の需要削減の効果によって、図2(b)の「ネガワット削減分」の量だけ、ピーク需要は抑制される。LOLPの確率分布に需要削減の不確実性を考慮すると、図2(a)と比べて標準偏差の大きな確率分布関数となる(図2(b)赤点線)。最大3日平均を基準とした供給不足発生平均値は-868万 kW であり、標準偏差は564万 kW となる。従って、ネガワットがない場合に全国に必要な予備力保持量（電源）は126万 kW となる（図2(b)の供給予備力 b）。図3にネガワットなしの場合とネガワットありの場合（ケース2）の予備力必要量の試算例を再掲する。ネガワットを考慮することで1,150万 kW (=1,275万 kW-126万 kW)のピーク火力発電の発電機会がなくなるという結果となった。

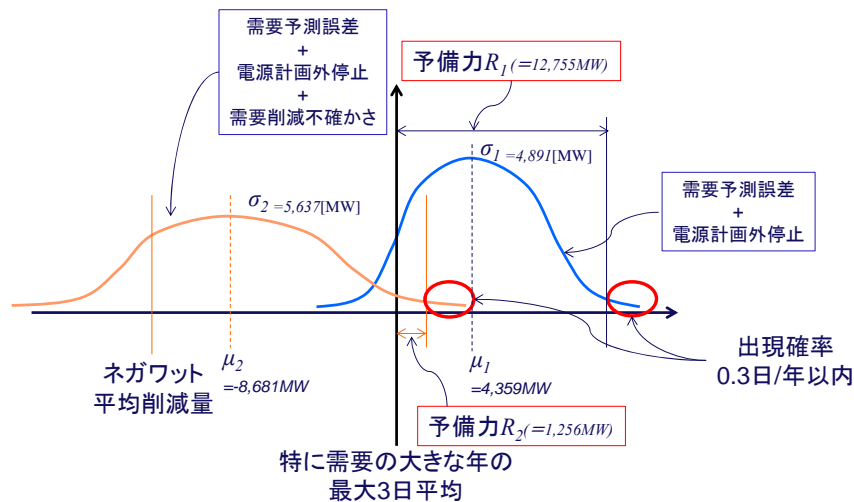


図3 節電スキーム考慮の有無による予備力保持量の差（ケース2）

需要削減の不確実性が予備力必要量に与える影響の試算結果を図4に示す。供給予備力は順に1,222万 kW（ケース1）、415万 kW（ケース3）削減できることとなり、需要削減の不確実性が最も低いケース3においては、供給予備力の削減可能容量は他の2ケースよりも大きく落ちこむことが分かった。

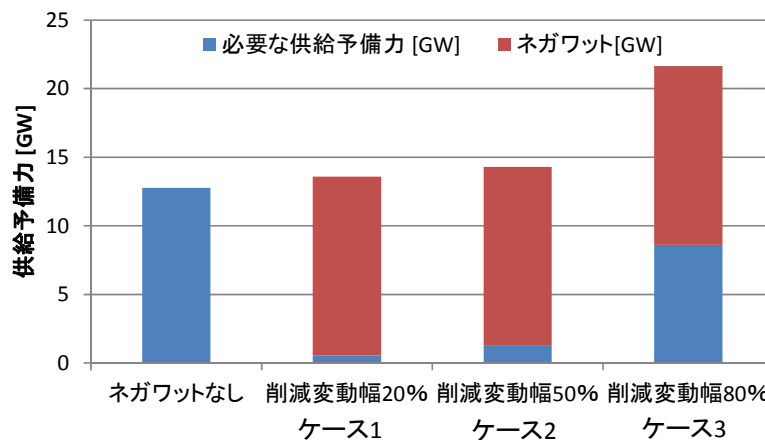


図4 需要削減の不確実性の違いによる供給予備力の容量とネガワット規模

3.2. 供給側のピーク予備力コスト削減額およびネガワットのブレークイーブンコスト

次に、前節で見積もったネガワットありの場合（ケース2）の供給コスト削減額を見積もる（式1を参照）。予備力削減量1,150万 kW は50万 kW 級の火力発電23基分に相当し、文献30)より年間稼働率10%の石油火力を当てはめるとメンテナンス費の kW あたりコストは7,000円となる。よって、年間805億円のコストを削減可能と算出された。稼働率の低い石油火力発電の単位電力量あたり燃料費は22.4円/kWh(2010年と2030年の値³⁰⁾の平均値から算出)であり、石油火力発電の起動費は、文献31)より430万円/回と設定できることから、燃料

費削減分は190億円/年、起動費削減分は18億円/年となる。ネガワット導入によるコスト削減額(回避額)は年間1,013億円となった。単純に需要削減量(846GWh)あたりの単価とすると120円/kWhとなる。

ネガワットによって回避可能な削減コスト＝ 運転維持費分 (0.5GW*23基*7000円/kW/年=805億円) +燃料費削減分 (846[GWh]*22.4[円/kWh] =190億円) +起動費削減分 (427 [回・基] × 430[万円]=18億円)	(式1)
--	------

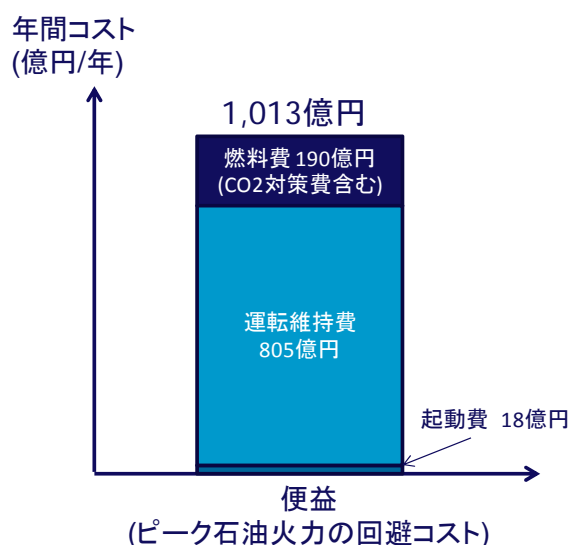


図5 ピーク予備力の削減コスト (ケース2 予備力削減量1,150万 kW の場合)

ケース1、ケース3の場合のコスト削減額を同様に計算すると、それぞれ1,049億円(削減単価124円/kWh)、488億円(同57.6円/kWh)となった。基準ケースに比較して、需要削減の確実性が上昇する場合はあまりコストに変化がなく、確実性が下がる場合は大きな効果が減っていることが分かる。

表2のネガワットが導入可能なブレークイーブンコストは需要削減の不確実性に依存するが、総資源費用の視点から見積もると、本試算では124円/kWh(ケース1)、120円/kWh(ケース2)、57.6円(ケース3)である。

4. 感度分析

本章では、第2章、第3章の試算について感度分析を行った。感度分析の対象としたのは、(1)ネガワット事業への参加率、(2)空調需要の削減率(基準:2割→1割)の2つの要因である。基準ケースは前章と同じくケース2とする。

4.1. ネガワット事業への参加率が供給側回避コストへ与える影響

4.1.1. 費用対効果が高い負荷のみをネガワット事業対象にした場合

1設備当たりの削減量の大きい負荷である業務用空調とEV・PHVは、ネガワット事業にとっては費用対効果の高い負荷であると言える。ここではこれらの負荷のみを対象にネガワット事業に参加した場合を検討する。つまり、表2のうち、業務用空調とEV・PHVの参加率は100%、これら以外の負荷の参加率は0%の場合である。

ネガワットの導入により、供給予備力の削減可能容量は7,586MWとなった。これは50万kW級の火力発電15基分に相当し、運転維持費削減分は525億円となる。ピーク火力の発電回避量171[GWh]となることから、燃料費削減分は38億円となる。また、起動費削減分は6億円となる。削減可能費用合計は569億円となり（図6）、ブレークイーブンコストである単純削減単価は333円/kWhとなる。

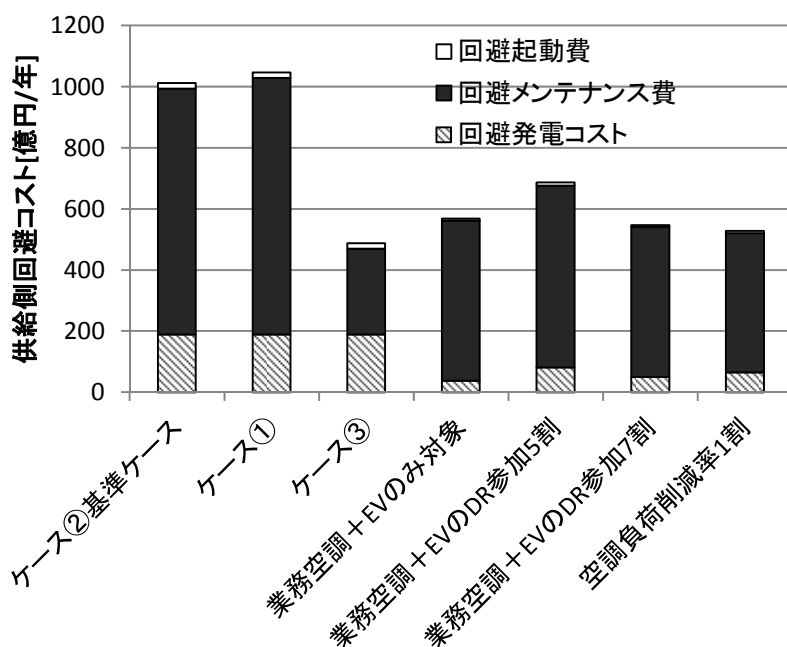


図6 供給側の回避コストの感度分析結果

4.1.2. 費用対効果の高い負荷のネガワット事業への参加率が低い場合

業務用空調とEV・PHVのネガワット事業への参加率が低い場合を検討する。表2のうち、業務用空調とEV・PHVのネガワット事業への参加率が100%→50%、30%に下がる、これら以外の負荷の参加率は100%の場合である。

(1) 参加率5割の場合

第3章と同様に供給予備力の必要量について考察すると、ネガワットの導入により、供給予備力が916万kWから52万kWまで下げられる。これは、50万kW級火力発電17基分に相当し、運転維持費削減分は595億円と見積もられる。ピーク火力の発電回避は366[GWh]で

あり、燃料費削減分は82億円となる。また、起動費削減分は10億円となる。ここから算出される削減可能費用合計は687億円(図6)である。

(2) 参加率3割の場合

ネガワットの導入により、供給予備力は769万 kW から32万 kW となった。これは50万 kW 級の火力発電14基分に相当し、運転維持費削減分は490億円となる。ピーク火力の発電回避量228[GWh]となることから、燃料費削減分は51億円となる。また、起動費削減分は7億円となる。削減可能費用合計は548億円となり、機器当たり2,700円のコストを掛けられる。削減可能費用合計は10年間で548億円(図6)となる。

4.2. 空調削減率が供給側回避コストへ与える影響

2章ではネガワット事業対象の空調機器の需要削減率を2割と設定したが、仮に削減率1割とした場合の影響を分析する。

供給予備力の必要量について考察すると、ネガワットの導入により、1,276万 kW から618万 kW へ下げることが可能になったが、その削減幅は空調需要の削減率2割の場合と比較して約500万 kW 減少した。維持費の削減分は455億円となり、回避できた発電コストは66億円、起動費の削減分は8億円である。

ここから算出される削減可能費用合計は529億円であり、ブレイクイーブンコストである単純削減単価は178円/kWh となる。削減可能費用は、第3章で得た基準ケースの値(1,013億円)の約52%に相当し、空調の削減率が及ぼす影響が非常に大きいことが分かる。

5. 需要家機器の自律的節電スキームの提案

5.1. 自律的節電スキームの定義

3章と4章ではネガワットのブレイクイーブン単価の試算値として57.6円/kWh～330円/kWh という値を提示したが、需要家に支払われるインセンティブが少なく経済性が成立しにくい需要を能動的に制御するためには、需要家の参加費用を軽減する、または発動回数を軽減する、通信頻度や通信内容を絞ること等を考慮する必要がある。

著者が提案する自律的節電スキームでは、でんき予報の使用率¹を制御トリガーとして、特に需給逼迫が進んだときにのみ発動することとして、年間の発動回数を数回に絞ることとした。節電スキームが導入された空調機器や照明機器などの電力消費機器は、発動トリガーを受け、あらかじめ設定された節電運転モードに移行する仕組みである。系統信頼度の確保を主目的として、でんき予報の使用率を用いることや、系統全体での需給バランスを考慮すること、規制により市場普及を促すスキームであることから、システム改革後の本スキームの主体は政府、広域機関または送配電会社になると考えられる。

¹ でんき予報の使用率以外のパラメータを制御トリガーに使用してもよい。周波数の偏差など。

通信内容を絞るために、削減量の評価など、需要家側から節電スキーム管理者への通信は行わず、節電実績に応じたインセンティブは需要家に支払わないこととした。通信についてはFM波等を用いる等、通信費が実質かからない方法もあると考えられる。

DR事業との違いについては、DR事業が事業者の期待通り需要家がデマンド制御を行い、需要家も自らの意思で契約し、その対価をもらう「サービスあるいはビジネス」であるのに対し、自律的節電スキームでは「でんき予報」に連動する節電機能を具備した需要家機器が普及することにより、系統状況に応じたピーク需要削減が行う。仮に、機器のトップランナー省エネ基準に「自律的節電スキーム機能」を含めることで、同機能を備えた機器の市場普及を促すことを考えた。DR事業との相違点を表3にまとめた。

本スキームが普及した場合の便益はピーク需要削減、すなわち供給信頼度の向上であることから、社会コストの最小化を考え、本スキームの原資としてピーク電力削減効果を割り当てる。消費者の視点から、自律的節電スキーム機能のメリットを評価する必要もある。

表3 DRと本節電スキームの相違点

	デマンドレスポンス	自律的節電スキーム
事業実施者	DR アグリゲータ	政府、広域機関、または送配電会社
電力市場	市場、相対契約ベースで展開	<ul style="list-style-type: none"> 電力契約によらない。 機器の省エネ基準に含めることで、市場普及を促す
契約形態	2種類の契約形態 <ul style="list-style-type: none"> 小売事業者(DR アグリ) or 系統運用者が、需要家を束ねて需要削減を確保し、市場または相対契約にて取引する。 DR アグリゲータ/需要家間契約 	
ポテンシャルユーザー	大口需要家。需要制御しやすい(キャンセルされにくく、消費電力が大きい)機器が対象。冷凍倉庫など。	低圧や小口需要家。需要削減による利益が薄く、インセンティブの小さい需要家
需要家側費用	<ul style="list-style-type: none"> 対象機器の購入・設置費用 通信費 	<ul style="list-style-type: none"> 対象機器の購入、設置費用 (通信費)
事業者費用	<ul style="list-style-type: none"> 発動と計測、削減量評価はDR アグリゲータが管理 制御センターの設置費用 データ管理業務(ランニングコスト) 通信費 	<ul style="list-style-type: none"> 発動と計測なし、削減量評価なし (通信費)
需要家便益	削減プログラム参加による電気料金軽減	対象機器の省エネ機能の1つ
事業者便益	<ul style="list-style-type: none"> 供給力確保量の軽減につながる アンシラリー(予備力)確保量の軽減につながる 同時同量の確保、供給信頼度の確保 	供給信頼度の確保
トリガー(需要家)	小売事業者 or 系統運用者からの要請などにより需要削減	でんき予報等をトリガーとして自律的に需要削減
トリガー(事業者)	系統運用者からの要請、または市場価格に基づく要請を受け、需要家に需要削減を傳達	なし
制御	削減目標あり	削減目標なし
需要削減の原資	DR 確保により、浮いた供給力確保費用相当	ピーク電源の投資抑制

5.2. 節電スキーム対応通信ユニットにかけられるコスト

本スキームでは機器毎に追加的に通信ユニットを装備する必要がある。本節では、表2の

対象機器の総数を見積もり(表4)、機器単位でのブレークイーブンコストを算出した(図7)。業務用空調など、おおよそストック量と同じ数字となっているが、照明については、スイッチごとの台数となることが考えられる。業務用照明についてはスイッチの数がかつめなかったため、業務用空調と同じポイント数を仮定した。家庭用照明は発動時の時間帯を考えると、リビングに一台と考えて、世帯数と同じ数にした。結果、設備数は計2億点となった。通信ユニットは耐用年数10年であれば、基準ケース(ケース2)の場合で10年間で最大約5,000円/点のコストを掛けられるという結果となった。

ただし、節電スキームが導入されたとしても、実際には DR アグリゲータが費用対効果の高い負荷と契約して事業を行うことが考えられることに留意されたい。

表4 節電スキームの通信ユニット必要数

機器	設備数(百万点)
業務用空調(室外機単位)	9.6
業務用照明	9.6
EV	14.0
家庭用エアコン	124.8
家庭用照明	48.0

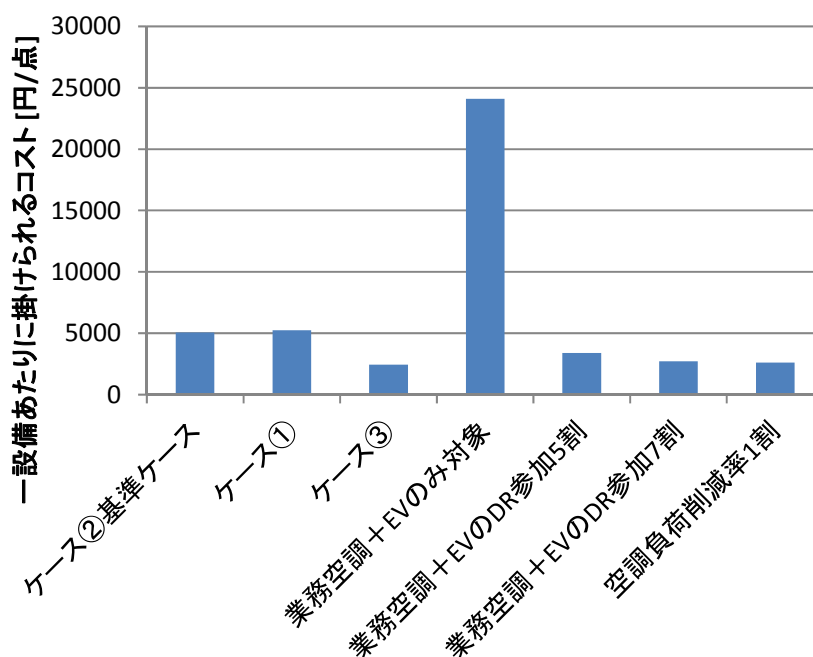


図7 節電スキームのために1通信ユニットに掛けられるブレークイーブンコスト

図7を見ると、節電スキームを事業として実施する場合、総額は約500億円~1,000億円の規模の事業となることが明らかとなった。対象となる全機器に通信ユニット等何らかのコストが必要だと考えられるが、一設備あたり10年間でかけられるコストは数千円程度であることが分かった。ただし、一設備あたりの需要削減量が大きい負荷のみを対象にした場

合は、事業規模は500億円になるものの、一設備あたり10年間でかけられるコストは25,000円まで上がり、収益が比較的取りやすくなると考えられる。

6. まとめ

民生部門・自動車部門におけるピーク電力需要削減可能量と、需要削減に伴う供給側での回避費用（＝老朽石油火力電源の代替）を大まかに見積もり、ネガワット事業による供給コスト削減額を試算した。総額としてはおおよそ500億円から1,000億円の規模となる。需要削減の不確実性について感度分析したところ、不確実性が高い場合にはコスト削減効果が大きく減る傾向があることが明らかとなった。また、ネガワットのブレークイーブン単価の試算値として57.6円/kWh～330円/kWh（基準ケースは120円/kWh）という値を提示した。

また、経済性が成立しにくい需要を制御する仕組みとして、通信手段や計測・制御内容を簡素化する「自律的節電スキーム」を提案した。同スキームでは、DR アグリゲータとの契約によらず、需要家機器がでんき予報等の情報をトリガーとして自律的に節電モードに入ることによって系統ピーク抑制に貢献する。全機器に通信ユニット等何らかの追加コストがかかると考えられるが、機器の耐用年数を10年とすると、一機あたり10年間でかけられるブレークイーブンコストは数千円程度であることが分かった。なお、系統信頼度の確保を主目的として、でんき予報の使用率を用いることや、系統全体での需給バランスを考慮すること、規制により市場普及を促すスキームであることから、システム改革後の本スキームの主体は政府、広域機関または送配電会社になると考えられる。

今後の課題としては、節電スキームの対象機器を絞った検討や、ピーク時間帯以外の時間帯に需給逼迫が起こる場合の検討が必要である。また、本検討の結果が、需要削減の出現確率が正規分布に沿うことや、標準偏差の値等、所与の条件の下での結果であることは留意すべきであり、現在実施されているデマンドレスポンスの実証事業の結果を反映する必要がある。

参考文献

- 1) 坂東茂ら；需要家機器の自律的節電スキームのピーク対応費用削減効果についての試算，エネルギー・環境・経済コンファレンス 2014 講演論文集，19-2（2014）
- 2) 高山正俊ら；デマンドレスポンスプログラムの導入がわが国の発電コストに与える影響、電力中央研究所報告 Y10021、2011 年
<http://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/download/yF7nk2wJVijFvMzcmxFR3YPuwaasPXzm/report.pdf>
- 3) 江幡良雄ら；穏やかなデマンドレスポンスのビジネスモデルと実証試験，（2014），平成 26 年電気学会電力・エネルギー部門大会講演論文集，20（2014）
- 4) CPUC, 2002. California Standard Practice Manual: Economic Analysis of Demand-Side Programs and Projects, California Public Utilities Commission and California Energy Commission, Jul., 2002.
- 5) 高橋雅仁ら；オフィスビルを対象にした夏季および冬季のデマンドレスポンス制御の実証実験—需要削減効果と執務者の受容性の分析—，電気学会論文誌 B, Vol.134（8），pp.702-715（2014）
- 6) NHK 2010年国民生活時間調査(2010)
- 7) 資源エネルギー庁；家庭の節電対策メニュー(2011).
- 8) 資源エネルギー庁；冬季の節電メニュー(2011).
- 9) 内閣府消費動向調査
- 10) 西尾健一郎、岩船由美子；エアコンによる CO2削減に向けた方策，電力中央研究所報告 Y08026(2009).
- 11) 西尾健一郎、岩船由美子；エアコンによる CO2削減に向けた方策，電力中央研究所報告 Y08026(2009).
- 12) 日本冷凍空調工業会 HP；暦年ベースの冷凍空調機器の国内出荷台数実績(1986～2012年)，
(<http://www.jraia.or.jp/statistic/index.html>).
- 13) 総合エネルギー調査会省エネルギー基準部会エアコンディショナー判断基準小委員会(第1回)；資料5 エアコンディショナーの現状について，
(<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g70622b05j.pdf>).
- 14) 住環境計画研究所，家庭用エネルギーハンドブック2009，（2009）.
- 15) 総合エネルギー調査会省エネルギー基準部会エアコンディショナー判断基準小委員会(第3回)；エアコンディショナー（業務用）の目標基準値及び目標年度について
(<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g80212c03j.pdf>).
- 16) 自動車検査登録委員会；2012年登録自動車台数
- 17) 次世代自動車戦略2010(概要)；
<http://www.meti.go.jp/press/20100412002/20100412002-2.pdf>
- 18) 平成21年全国消費実態調査；自動車平均保有台数
- 19) 平成22年国勢調査；世帯数
- 20) The EV Project；Q4 2012 Report，（2012）
<http://www.theevproject.com/downloads/documents/Q4%202012%20EVP%20Report.pdf>
- 21) 「新成長戦略」について(平成22年6月18日閣議決定)
<http://www.kantei.go.jp/jp/sinseichousenryaku/sinseichou01.pdf>
- 22) 「日本再生戦略」について(平成24年7月31日閣議決定)

<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/pdf/20120731/20120731.pdf>

- 23) 富士経済；光源・照明関連市場に関する報告書，(2012)
- 24) 中山和美；居間照明の実態調査，建築学会技術報告集，No. 23，201-204，(2006)
- 25) 高橋雅仁、浅野浩志；エンドユースモデルによる業務部門の長期的 CO2排出削減ポテンシャルとエネルギー需要構造変化の分析，電力中央研究所報告書，Y07039，(2008)
- 26) 電気学会技術報告第1100号；電力系統の利用を支える解析・運用技術，p37，電気学会，(2007)
- 27) 関西電力；第5回大阪府市エネルギー戦略会議ご説明資料～今夏の電力需給について～，(2012)
- 28) 末広茂；今夏の電力需給見通し-5/18政府発表の電力需給対策について-，エネルギー経済研究所HP，(2012)
<http://eneken.ieej.or.jp/data/4360.pdf>
- 29) 相原良太；太陽光発電が大量導入された電力系統における揚水発電所運用に関する研究，東京大学修士論文 (2010)
<http://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/dspace/bitstream/2261/48828/1/K-02580.pdf>
- 30) エネルギー・環境会議；コスト等検証委員会報告書，(2011)
- 31) S. A. Kazarlis, A. G. Bakirtzis, V. Petridis; A genetic algorithm solution to the unit commitment problem, IEEE Trans. on Power Systems, Vol.11, (1) (1996)