

VPP技術を使った新たな住宅向けサービス(第2報)

(株)四国総合研究所 産業応用技術部 多田 安伸

キーワード : VPPサービス
EMS
蓄湯式給湯器
蓄電池
蓄電池限界価格

Key Words : Virtual Power Plant service
Energy Management System
Water storage type water heater
Battery
Marginal cost of battery

The new residential services with Virtual Power Plant technology (2nd report)

Shikoku Research Institute, Inc., Industry Application Technology Department.

Yasunobu Tada

Abstract

The Virtual Power Plant technologies that remotely control the operations of many home devices like water heaters and batteries are in development for effective utilization and home use of solar photovoltaic generation.

We evaluated the quantities of the regulated electric energy and the profit gained by the controlled operation of heat pump type water heaters or batteries placed in houses.

The remote control of the operation of a heat pump type water heater brought a moderate profit and was easily realizable. Because the placement of a battery in house was very expensive, the remote control of the operation of a battery brought no profit and was difficult to realize. In the near future, through the popularization of electric vehicles, the price of battery would greatly go down, the remote control of the operation of batteries would be realizable.

1. はじめに

小型太陽光発電(10kW 未満)の発電電力の再生可能エネルギー固定価格買取制度(FIT)による買い取りが2019年11月より順次終了すること、需要家の蓄電池や蓄湯式給湯器など蓄エネルギー機器を遠方から一括制御するバーチャルパワープラント(VPP)の開発が政府主導で行われていることを踏まえ、このVPP技術を使った新たな住宅向けサービスに関して2016年度上期に検討を行った内容について前回報告した¹⁾。前回報告においては、新たな住宅向けサービスとして、蓄エネルギー機器の蓄エネルギー時間帯を、エネルギー需給や価格にあわせて調整すること、具体的には、蓄湯式給湯器の運転時間帯調整および蓄電池の充電時間帯調整を提案した。

今回の報告では、これらの実施方法をさらに詳細に検討した結果を報告する。また、蓄エネルギー機器の運転時間帯調整を行った際の、調整回数や調整電力量を、実際の住宅内電力測定データを使用しシミュレーションを実施し、定量的に評価した結果および、シミュレーションで予想された調整電力量から、蓄エネルギー機器の運転時間帯調整の経済性や実現可能性を評価した結果を報告する。

定量的な評価を行うことで、これらサービスの経済性や実現可能性を明確にできた。ただし、予想どおり得られる利益は非常に小さく、実現するためには実施のための費用を極限まで低下させる必要があり、この結果を実施方法にフィードバックして、実施方法や機器構成等の合理化を図った。

2. 新たな住宅向けサービスの内容および実施方法

2.1 蓄湯式給湯器の運転時間帯調整

太陽光発電を有する住宅において、小型太陽光発電のFIT買い取り終了後の余剰電力売電価格は現状では不明であるが、夜間帯買電価格(15円/kWh程度)を上回することはまず考えられないことから、夜間帯の需要を昼間の太陽光の余剰がある時間帯にシフトすることは、深夜帯電力買電価格と太陽光余剰売電価格の差だけ利益を得ることができる。ただし、朝の給湯需要を満たす必要があることから、朝にある程度の蓄湯量を確保する必要があり、一部夜間に運転する必要があるが、個別の住宅で毎日運転時間帯を手動調整することは不可能なため、外部から自動で調整するサービスが必要である。

住宅側から見れば夜間運転の運転時間帯は夜間料金時間帯であれば料金は同じ(外気温や保温期間中の放熱の影響により正確にはわずかに変化)なのでいつでも

よく、同様に昼間の運転時間帯は太陽光の余剰が給湯器の運転に十分ある時間帯であればいつでもよい。一方、電力小売り事業者側から見れば、夜間および昼間の運転時間帯を電力余剰が大きい時間帯あるいは電力供給コストの低い時間帯に調整できれば、電力需給調整コストの低減に資することができる。また、夏期など供給力が不足している場合は、あえて昼間に運転せず、太陽光発電をピーク時の供給力として活用することも考えられる。

すなわち、FIT買い取り期間が終了した太陽光発電を有する住宅で、太陽光発電の余剰の発生状況に合わせて蓄湯式給湯器の運転時間帯を調整することで、

- ・住宅側は、深夜帯電力買電価格と太陽光余剰売電価格の差だけ利益を得ることができる。
- ・電力小売り事業者側は、夜間および昼間の運転時間帯を電力余剰が大きい時間帯あるいは電力供給コストの低い時間帯に調整することで、電力需給調整コストの低減を図ることができる。

調整のイメージを図1に示す。

一方、夜間帯および太陽光発電が豊富にある昼間帯は在来電源からの供給が少ない時間帯であり、電源構成はベース電源(水力および原子力)とミドル電源(石炭火力および天然ガス火力)と考えられる。蓄湯式給湯器の運転時間帯調整で電力小売り事業者側が得られる利益は、発電電力の平準化に伴うものであり、供給力が自前である場合は火力発電の運転調整による運転費(ほぼ燃料費)の低減分と考えられる。具体的には石炭火力およびガス火力の運転台数低減や高出力化による発電効率向上、ガス火力の石炭火力への一部置き換えによる運転費低減と考えられる。現状の燃料価格であれば、運転費低減効果は最大でも数円/kWhと推定される。

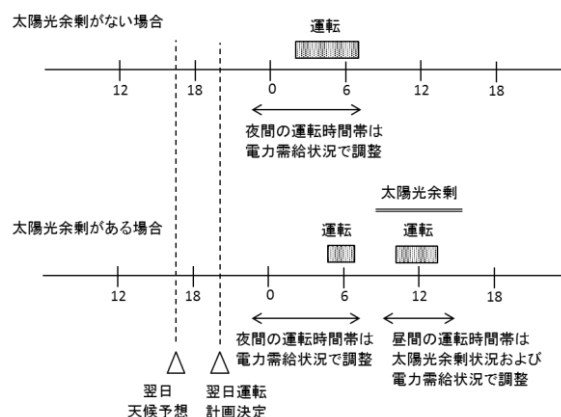


図1 蓄湯式給湯器運転時間帯調整イメージ

近年の太陽光発電の大量導入により、太陽光抑制が現実味を増すに従い、需要を創出することにより太陽光

余剰を吸収する上げデマンドレスポンス(上げ DR)が、国の検討会等で取り上げられている²⁾。上記の蓄湯式給湯器の運転時間帯調整は上げ DR の一例といえる。上げ DR の資源として、太陽光発電を有しない住宅あるいは太陽光発電を有するが FIT 買い取り期間中の住宅が保有する蓄湯式給湯器を充てる考え方も存在する。しかし、現状の電気料金では夜間帯と昼間帯では 15 円/kWh 程度の単価差があり、太陽光発電を有しない住宅の給湯器の運転時間帯を昼間に調整した際に発生する電気料金の増分負担をどうするかが問題である。同様に、FIT 買い取り期間中の太陽光発電を有する住宅の給湯器の運転時間帯を昼間に調整した際には、現状では FIT 買い取り価格が深夜帯電力単価よりはるかに高価(15~25 円/kWh 程度の単価差)なため、太陽光余剰売電減少による収入減が夜間帯買電減少による支出減をはるかに上回り、収入減をどう補填するかの問題がある。一方前述のとおり、給湯器運転時間帯調整による電力供給側の利益は最大でも数円/kWh 程度と予想されること、運転時間帯調整のための費用も発生することから、太陽光発電を有しない住宅あるいは太陽光発電を有するが FIT 買い取り期間中の住宅が保有する蓄湯式給湯器を上げ DR 資源とすることは、単純な経済性では不可能である。

2.2 蓄電池の充電時間帯調整

太陽光発電の余剰を蓄電し夕方に利用することは、蓄電池の充放電損失(30%程度)を考慮しても、夕方帯の買電価格が 30 円/kWh 程度と高価なため、経済的に成り立つと考えられる。一方、夜間に利用することは、夜間帯の買電価格が 15 円/kWh 程度のため、充放電損失を考慮するとほとんど利益はなく、余剰売電価格が高価(10 円/kWh 以上)な場合は充放電損失を考慮すると、むしろ経済的な損失が発生する。また、夜間帯の電力(15 円/kWh 程度)を蓄電して昼間・夕方(30 円/kWh 程度)に利用することは、値差が大きいため充放電損失を考慮しても経済的に成り立つと考えられる。ただし、個々の住宅で毎日太陽光の余剰を予想し、夜間の充電量を定めることや蓄電池の運転モードを手動で切り替えることは不可能なため、外部から自動で調整するサービスが必要である。

夜間帯の充電に関しては、住宅側から見れば、夜間料金時間帯であればいつでもよい。昼間帯の余剰充電に関しては、余剰発生に合わせる必要があるため、調整はできない。ただし、一般的には太陽光発電電力量より蓄電池容量が小さいため、蓄電池は早めに満充電になり、午後は送電することになる。放電に関しては、昼間夕方

ないように放電すれば良い。

電気小売り事業者側の立場からは夜間帯の充電は蓄湯式給湯器と同様に、電力余剰が大きい時間帯あるいは電力供給コストの低い時間帯に調整できる。昼間帯の充電に関しても、太陽光発電電力が高精度で予想できれば、送電が平準化するよう充電時間帯を調整することができる。なお、蓄電池の充電時間帯調整で電気小売り事業者が得られる利益は、蓄湯式給湯器運転時間帯調整と同様と考えられる。調整のイメージを図2に示す。

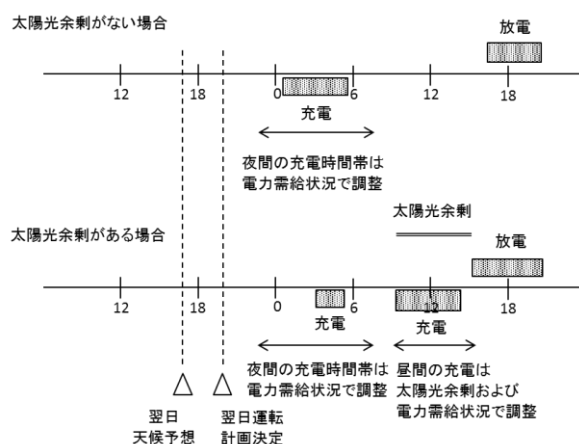


図2 蓄電池充電時間帯調整イメージ

2.3 実施方法

(1) 電気温水器の制御

電気温水器は、通信による外部からの制御ができないため、ヒータ電源を開閉スイッチで開閉する必要がある。電気温水器の制御電源は確保しておく必要があるため、別途供給する。開閉スイッチは外部からインターネット回線を使って制御する。インターネットインフラのない住宅が増えており、これに対応するためには携帯回線を使ったデータ伝送網の利用が必要である(図3)。

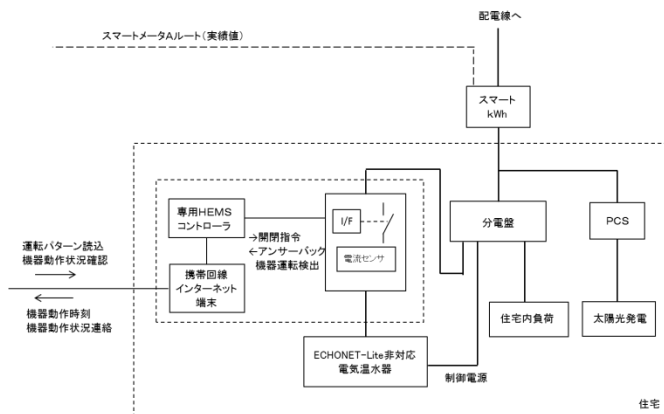


図3 電気温水器制御方法

太陽光の余剰発生状況はスマートメータで把握できる(スマートメータの送電電力)ため、HEMS(住宅エネルギー管理システム)による住宅内電力の測定は必要ない。電気温水器の運転状況は、電流センサで通電を検知して通電時刻を記録することで把握する。電気温水器の消費電力は一定のため、電力を測定する必要はない。太陽光の余剰発生量と電気温水器の運転時間の予想から、電気温水器が昼間運転可能な時間帯を決定する。さらに、電力小売り事業者の電力需給状況から、実際の運転時間帯を決定する。これらの予想や決定は、インターネットでつながった CEMS で実施する。

(2) エコキュートの制御

エコキュートは、ECHONET-Lite 規格の通信を使って外部から制御可能である。ただし、現状規格は、制御コマンドは決まっているものの、制御コマンドを受けた後の機

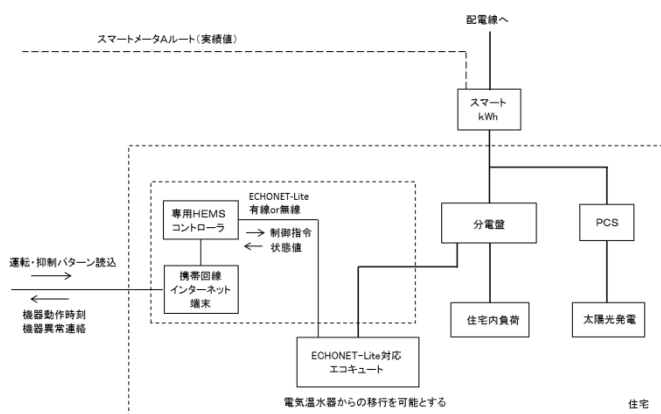


図4 エコキュート制御方法

器の動きは決まっていないため、各社毎に動きが異なり、それぞれ制御方法を変える必要がある。インターネットインフラのない住宅が増えており、これに対応するためには携帯回線を使ったデータ伝送網の利用が必要である(図4)。設備更新時に電気温水器からエコキュートに移行することも考えられるため、その場合に制御装置ごと取り替える必要がないよう、HEMS コントローラは電気温水器とエコキュート両方に対応できるようにしておくのが望ましい。また、開閉スイッチはエコキュートに移行する場合はバイパスする。

電気温水器と同様に太陽光の余剰発生状況はスマートメータで把握できるため、HEMS による住宅内電力の測定は必要ない。ECHONET-Lite 経由でエコキュートの起動停止時刻を得ることができる。ただし、エコキュートの消費電力は季節(気温)や運転状況で大きく変化する。消費電力は気温等で予想可能なものの、電力量センサを設置する方が望ましい。以降の運転時間帯決定は、電気温水器と同じである。

(3) 蓄電池の制御

蓄電池の制御には、住宅内の電力収支を把握する必要があり、太陽光発電実績データや住宅内電力需用データも必要のため、HEMS インフラの整備が必要である。太陽光発電電力や需要電力計測は、電力計測機能付き分電盤を利用する。太陽光発電電力、住宅内需要電力の測定実績からそれぞれの予想を行い、太陽光余剰の有効活用や夕方帯の受電を少なくし、さらに電力小売り

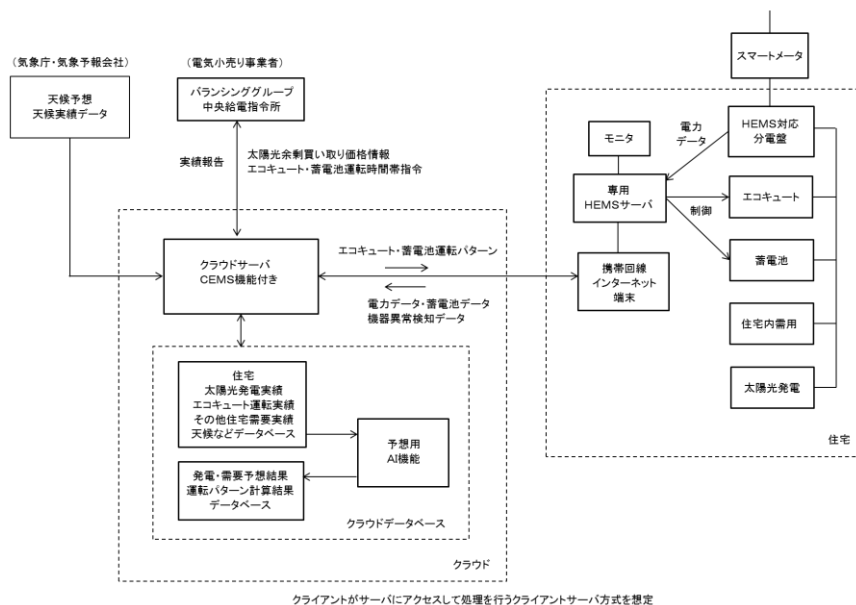


図5 蓄電池制御方法

事業者の電力需給状況を改善できるような蓄電池充放電計画を作成する。これらの予想や計画作成は、インターネットでつながったCEMSで実施する(図5)。太陽光発電電力、住宅内需要電力の予想には、機械学習等人工知能系技術の活用が望ましい。最近のクラウドには人工知能機能を有しているものがあり(例えば IBM 社 Watson)、これらの活用も考えられる。ただし、クラウドの活用はある程度の規模がないとコスト的に厳しいようである。実証実験のように小規模の場合は実ハードのCEMS活用の方が現実的である。

蓄電池は単純な充放電に加えて、受電点電力を制御して受電しないように充電する、あるいは送電(逆潮)しないように放電する機能が求められる。これら機能は必要に応じて切り替えて使用する必要があり、想定される蓄電池の運転モードの例を表1に示す。運転モードの切替えはCEMSで実施する。ただし、通常放電モードや受電抑制放電モードを選択しても放電が終了してしまえば蓄電池側で充放電停止モードに自動で移行する。

表1 蓄電池運転モード例

運転モード	受電点電力制御	備考
①通常充電	制御なしあるいは受電電力が契約電力を超えないよう制御	電力指定も可
②太陽光余剰充電	太陽光送電最小、かつ、受電しないよう充電制御(充電しきれない太陽光余りは送電)	
③逆潮なし放電	逆潮がないように制御(通常は定格で逆潮ありで制限)	電力指定も可
④通常放電	制御なし(通常は定格で逆潮あり)	現状不許可 電力指定も可
⑤充放電停止	-	
⑥メンテナンス	-	

代表的な運転パターンでの運転モード切替えの状況を図6に示す。図中番号は、表1の運転モードを示す。

ケース1は最も一般的なケースで、太陽光余剰を極力送電せず蓄電し、夕方帯に使用する。太陽光直接および太陽光の蓄電でまかなえない昼間帯および夕方帯の電力を供給するために、不足分を夜間帯に充電する。夜間帯の充電に関しては、電力小売り事業者が電力需給状況を見て、充電時間帯を指定する。

ケース2は夏期など太陽光発電を供給力として積極的に活用する場合で、太陽光余剰は充電せずに積極的に送電する。昼間帯および夕方帯の電力を供給するために夜間帯に充電することはケース1と同様であるが、ケース2では昼間の充電がないため、夜間帯で十分充電する必要がある。

ケース3は、VPP等で住宅用蓄電池を電力需給調整用途に積極的に活用する場合で、住宅内の電力収支調整だけでなく、電力需給調整のための充放電を行う場合である。昼間帯の太陽光余剰の充電は、受電して充電することで自己の余剰吸収だけでなく外部の余剰も積極的に吸収する。夕方帯の放電は、自己の需要以上に放電し積極的に送電することで、夕方帯の供給力として活用する。なお、現状では蓄電池からの送電は認められていないが、このように蓄電池を自己の電力収支調整だけでなく、電力需給調整に積極的に活用するためには、蓄電池からの送電は必須である。

蓄電池を電力需給調整にさらに活用するには、通常の充放電における電力を定格一定でなく可変にすることが考えられる。ただし、制御は相当複雑化するが1戸あたり得られる電力調整可能量は小さく、経済的に見合わない

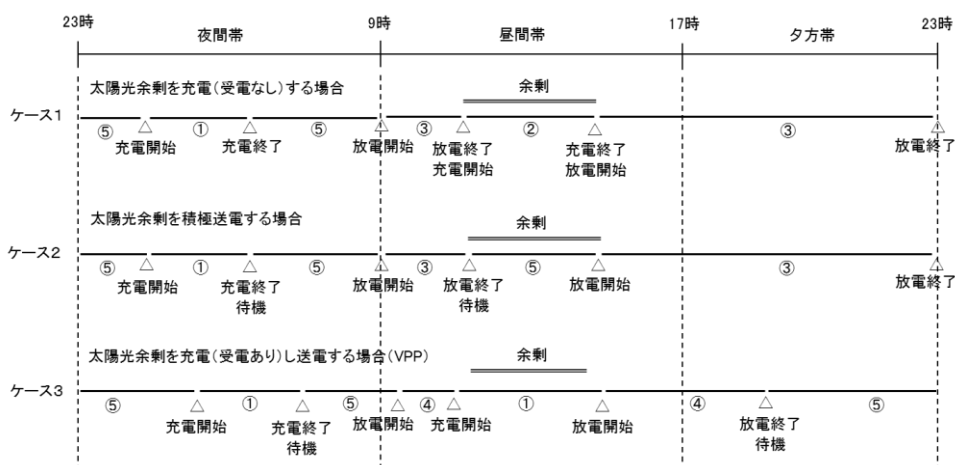


図6 蓄電池運転モード切替えの代表例

と考えられる。むしろ、地域で個々の蓄電池を束ねてグループ化し、グループ単位で充放電の時間帯を適切に配分する(個々の蓄電池は定格で充放電する)方が、制御が比較的簡単で実用的な調整も可能であり、現実的と考えられる。電気自動車の充電需要を、乱数を使って適切に配分することで充電需要全体の平準化を図る(乱数修飾関数の工夫で平準化だけでなく需要の谷間を埋めることも可能)手法をすでに提案している³⁾が、同様の手法でグループ化した蓄電池の充放電時間帯を調整することが可能である。

3. 蓄湯式給湯器・蓄電池の運転時間帯調整の効果

実際の住宅内電力データを使用して、蓄湯式給湯器の運転時間帯、蓄電池の充放電時間帯および充放電電力を、図1, 2の要領で調整した際のシミュレーションを行い、その効果を評価した。

3.1 住宅内電力データ

シミュレーション用のための住宅内電力データは、住宅メーカーが保有する ZEH(ゼロエネルギーハウス)の HEMS で測定した住宅内電力データを借用し利用した。現状 ZEH は HEMS 設置が補助金を得るための条件となっているため HEMS を設置しているが、ZEH 以外で HEMS を設置している住宅はほとんどないとのことである。シミュレーションは、2015年10月から2016年9月までの1年間(閏年のため366日)の18戸のデータを使って実施した。

HEMS で測定した住宅内電力データは、分電盤の全ファイダ毎で1戸あたり20~30データとデータ量が非常に大きいためデータを集約し、1戸あたり下記の4項目に電力量データを整理した。

- ・太陽光発電
- ・蓄湯式給湯器(全戸エコキュート)
- ・空調機(床暖房を含む)
- ・その他需要合計

また、データの周期は1時間とした。

各月の18戸の住宅内電力上記4項目の電力量平均値を図7に示す。大容量の太陽光発電を保有しており、全月で太陽光発電電力量が需要電力量合計を上回っている。

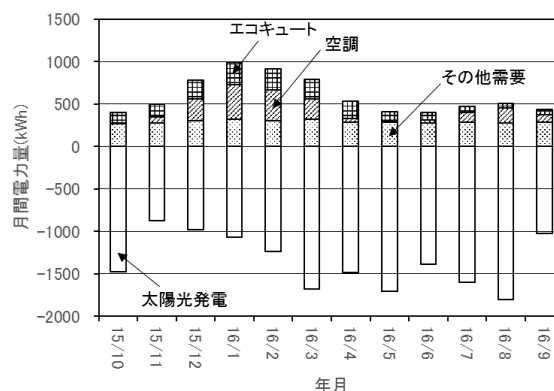


図7 各月の住宅内電力量平均値

生データでは太陽光発電容量が各戸異なるため、シミュレーションでは容量を5kW, 8kWとし、実設備容量との容量比で電力量を換算したデータを使用した。各電力量項目の月別相対値(最大月を100% 暦日数補正実施)を図8~11に示す。

太陽光発電電力量は春期~秋期間の変動が小さい。これはパネルの傾斜角が比較的小さいことの影響と考えられる。蓄湯式給湯器(エコキュート)の消費電力量は季節間の変動が非常に大きく、8月は2月の約20%となっている。空調機の消費電力量は冬期と夏期が大きく、特に冬期が大きくなっている。高断熱住宅のため、夏期冷房需要が相対的に小さくなっていると予想される。また、10月、5月が冷暖房の切替え時期となっている。その他需要電力合計は冬期が若干増加しているもののほぼ一定となっており、実績からの予想は可能と考えられる。以上の結果から、データ項目を増やさなくてもこれら4項目のデータ分析で、発電予想や需要予想は十分可能と考えられる。

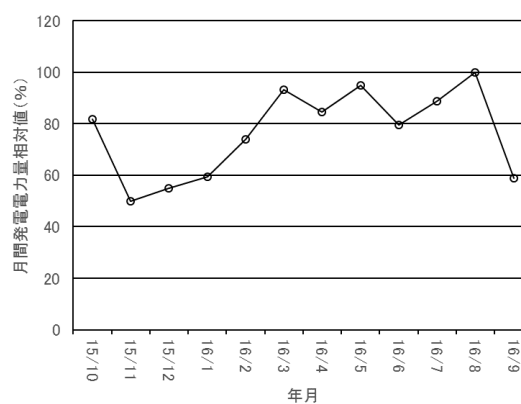


図8 月間太陽光発電電力量相対値

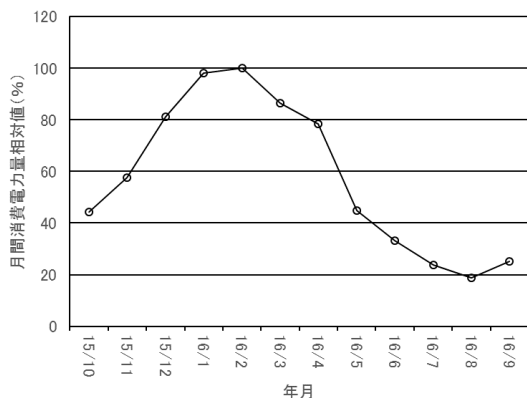


図9 月間エコキュート消費電力量相対値

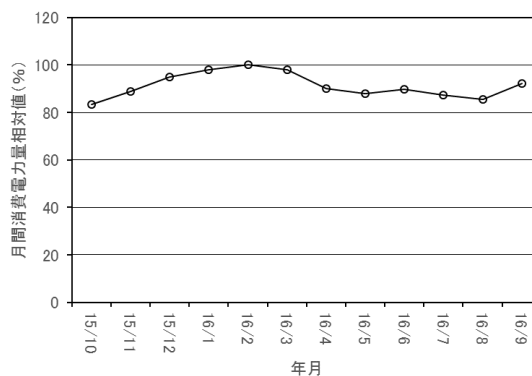


図11 月間その他需要消費電力量相対値

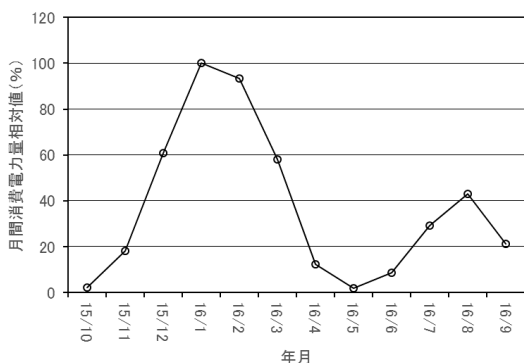


図10 月間空調機消費電力量相対値

3.2 蓄湯式給湯器(エコキュート)の運転時間帯調整の効果

(1) 調整シミュレーション方法

太陽光余剰があり、かつ給湯器を昼間に運転しても受電が発生しない場合に限り給湯器の運転を昼間に移動させた。ただし、朝の給湯を考慮して、昼間への移動は最大4時間とし、給湯器の運転が4時間を超える場合は、4時間を超える部分はそのまま夜間に残した。給湯器の運転時間が4時間以下の場合、全量昼間に移動させた。なお、昼間移動により給湯器の消費電力は変化しないものとした。移動先の時間帯として10時～14時、9時～13時、11時～15時、8時～12時、12時～16時の5パターンを準備した(図12)。それぞれの時間帯に移動させ、いずれかのパターンで受電が発生しなければ移動可能と判断した。なお、夏期に13時～17時のパターンで移動できる場合がごくわずかに存在するが、結果にほとんど影響しないため追加しなかった。

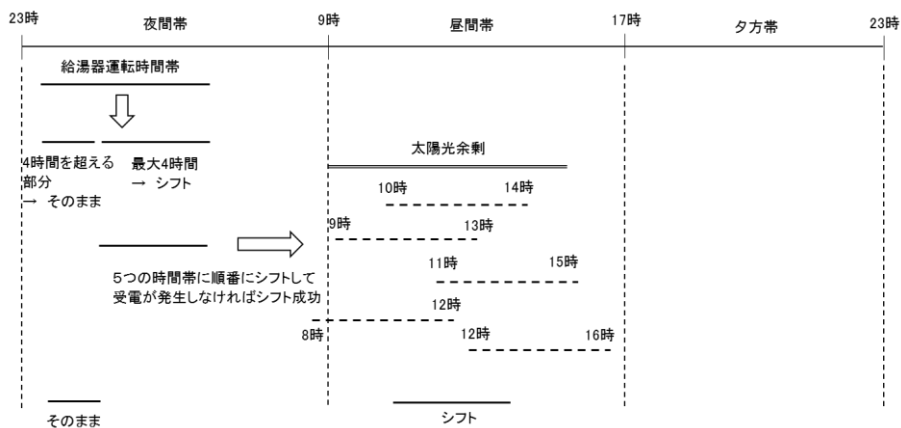


図12 給湯器運転時間帯調整シミュレーション方法

シミュレーションは実績データで行っているため、発電電力量や需要電力量の予想誤差は発生しないが、実際の運用では予想誤差により昼間運転中に受電が発生することも考えられる。これを回避するにはある程度余剰電力予想にマージンを見る必要があるが、マージンを見過ぎると移動する回数が減少してしまう。予想精度とマージンをどう見るかは今後の大きな課題である。

(2) シミュレーション結果

18 戸の住宅内電力データを使い、太陽光発電容量を 5kW、8kW に換算してシミュレーションを実施し、各戸のシミュレーション結果を平均して評価した。給湯器の運転を昼間に移動できる日数比率を図 13 に、給湯器が消費する電力量の内、昼間に移動できる電力量の比率を図 14 に、太陽光発電電力量の内、給湯器で消費される電力量の比率を図 15 に示す。シミュレーション結果を以下にまとめる。

- 給湯器は冬期に消費電力が多く夏期に少ない。一方で太陽光発電は冬期に発電量が少なく夏期に多い。両者のマッチングが悪く冬期は給湯器の運転を昼間に移動できる日数は少ない。夏期は移動できる日数は多いが、消費される電力量は少ない。
- 給湯器の運転時間帯を昼間に移動させることで、給湯器消費電力を夏期は全量近く、冬期でも 40～50% を太陽光でまかなうことができる。
- 冬期に給湯器を昼間に移動させるためには、太陽光発電の容量は 5kW では容量不足である。8kW の容量があれば冬期に大きく落ち込むことなく 60～80% の日数で移動が可能である。
- 給湯器運転を昼間に移動させた場合の太陽光発電電力量に対する給湯器消費電力量の比率は、太陽光 5kW で 7～20%、8kW で 4～19% 程度で小さく、給湯器の昼間運転だけでは太陽光余剰対策としては十分な効果は得られない。

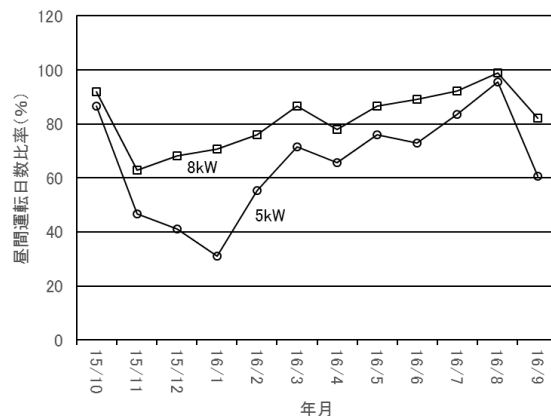


図 13 給湯器昼間運転日数比率

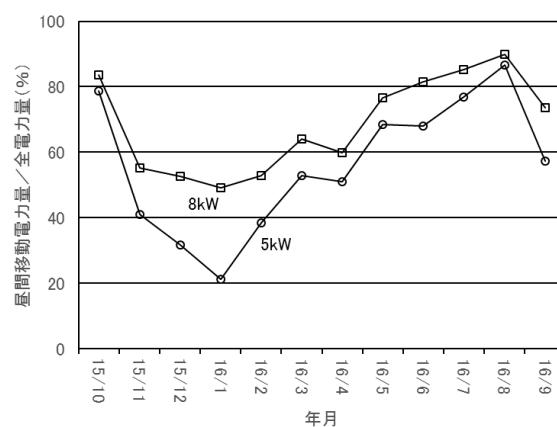


図 14 給湯器昼間運転電力量比率

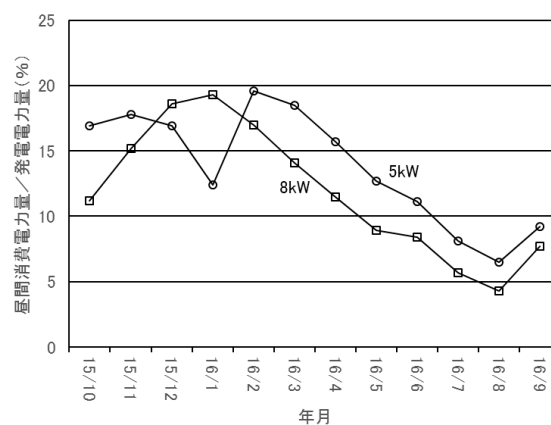


図 15 太陽光の内、給湯器で消費される比率

(3) 給湯器昼間運転の経済性

給湯器の昼間運転は、蓄電池の充放電損失のような損失がなく、さらに昼間運転では外気温が夜間より相対的に高く効率が向上してむしろ消費電力は若干減少する(シミュレーションでは考慮していない)こと、夜間帯受電電力買電単価より太陽光余剰売電単価が安価と予想されることから、給湯器の運転を昼間に移動させることの利益は、

昼間に移動する電力量×(夜間買電単価－昼間売電単価)

となる。シミュレーションで求めた昼間に移動する電力量から昼間売電価格をパラメータとして利益を求めた結果を図16に示す。夜間買電単価は四国電力の住宅向け料金メニューであるスマートeプランの夜間帯料金 14.22 円/kWhとした。再エネ賦課金は現状の 2.25 円/kWhとした。太陽光売電価格 10 円/kWh で需要家の年間利益は 6 千円程度でそれほど大きなものではない。

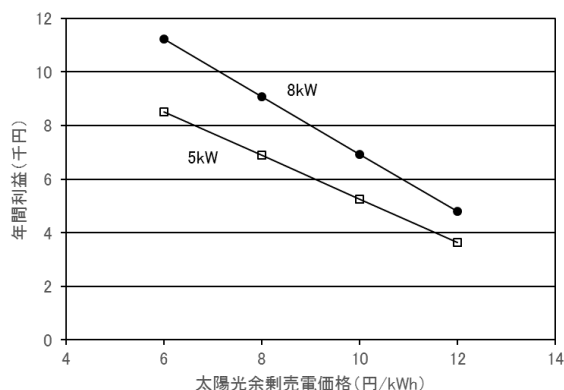


図16 給湯器運転時間帯昼間運転の経済性

3.3 蓄電池の効果

(1) 蓄電池運用シミュレーション方法

蓄電池の運用は、昼間の太陽光余剰電力を蓄電し、昼間夕方に利用すること(太陽光の自家消費)を主に、蓄電池容量に対して太陽光余剰蓄電量が少なく余裕がある場合は、昼間夕方に受電する電力を夜間帯に充電した電力でまかなうこととした。また、太陽光余剰電力を最大限蓄電した場合、夕方で使い切れない場合が発生するが、夜間帯で使用して翌朝までに使い切ることとした。ただし、蓄電池容量が大きい場合は翌朝までに使い切れない場合も発生し、その場合は蓄電できないため翌日の太陽光余剰は送電することになる。

蓄電池運用例を図17に示す。左側の図は蓄電池がない場合の需要電力、太陽光発電電力、受電電力を示す。中央の図は太陽光の余剰を充電し夕方に放電して使った場合を示す。この例では太陽光発電の余剰が少なく、太陽光だけでは蓄電池は満充電にならず夕方の需要をまかなえない。右側の図は上記に夜間帯の充電を追加し、昼間の太陽光余剰と合わせて蓄電池を満充電にして、夕方に放電して使った例を示す。この例でもわかるように、昼間の太陽光余剰電力量による充電の不足分から夜間の充電電力量を決める必要がある。シミュレーションでは実績値を使えるが、実際には予想値から夜間充電電力を決める必要があり、予想誤差が発生する。予想誤差をどこまで減らせるか、マージンをどう見るかは今後の大きな課題である。

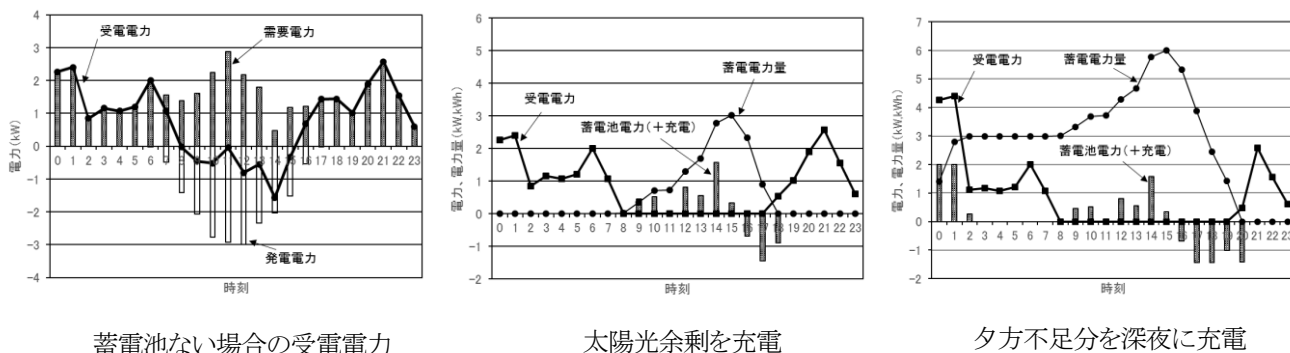


図17 蓄電池運用例(蓄電池容量 6kWh)

(2) シミュレーション結果

18 戸の住宅内電力データを使い、需要はエコキュートの運転時間帯調整を行った後のデータ(電力量は変化なし)を使用した。太陽光発電容量は 5kW に換算し、蓄電池容量は 3kW-6kWh、3kW-10kWh(蓄電池容量は公称容量でなく実効容量)の 2 ケースでシミュレーションを実施した。蓄電池充放電効率は 70%(交流端)とし、各戸のシミュレーション結果を平均して評価した。蓄電池容量 6kWh のシミュレーション結果を図 18 に、10kWh のシミュレーション結果を図 19 に示す。

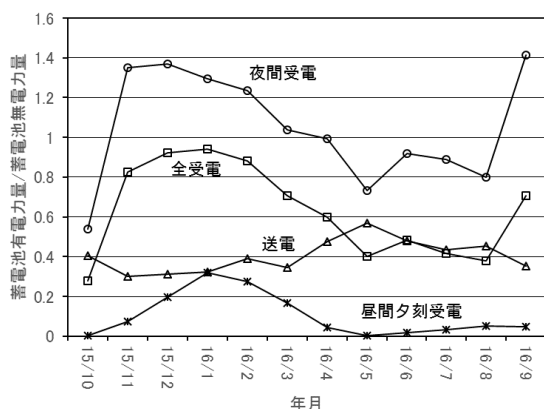


図 18 蓄電池運用シミュレーション結果(6kWh)

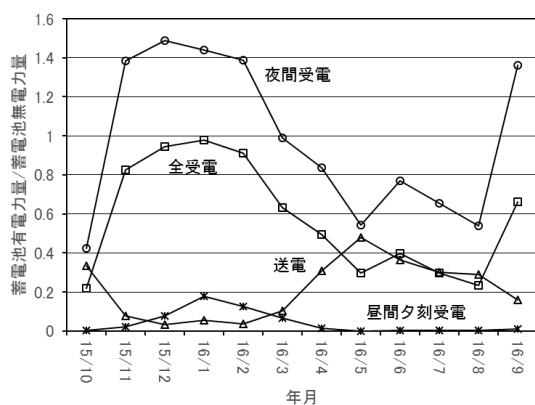


図 19 蓄電池運用シミュレーション結果(10kWh)

シミュレーション結果を下記にまとめる。

- ・太陽光発電量が多く消費電力の少ない春期～秋期は、昼間の太陽光を蓄電して夕方使う運用パターンが主であるが、太陽光発電量が少なく消費電力の多い冬期は、夜間帯に充電して昼間夕方に使う運用パターンの比率が高くなっている。
- ・昼間夕方の受電電力量は大幅に減少し、冬期以外はほぼゼロとなる。
- ・太陽光余剰電力は大幅に減少し、特に太陽光発電量

の少ない冬期は減少幅が大きい。

- ・冬期は昼間夕方に使う電力を蓄電するために夜間受電が増加しており、春期～秋期は夕方使い切れなかった太陽光余剰の蓄電を夜間に使用するため夜間受電が減少している。
- ・蓄電池容量 6kWh と 10kWh を比較すると、全受電量は太陽光が多い時期に 10kWh が 10%程度減少するものの、大きな差はない。すなわち両者の充放電電力量はほとんど同じである。太陽光の自家消費目的では、夕方の消費電力量に相当する容量 6kWh で十分といえる。

(3) 蓄電池の経済性

蓄電池設置により得られる利益は以下のとおりとなる。

蓄電池設置による利益

= 昼間夕方受電電力量減少量 × 電力単価 - 太陽光発電売電減少量 × 電力単価 - 夜間受電増加量 × 電力単価

電力単価は四国電力の住宅向け料金メニューであるスマートeプランを使用し、昼間夕方帯料金は夕方が多いため夕方帯料金 28.85 円/kWh、夜間帯料金は 14.22 円/kWh とした。再エネ賦課金は現状の 2.25 円/kWh とした。

シミュレーション結果の太陽光余剰売電量、昼間夕方受電量、夜間受電量から求まる、蓄電池設置により得られる年間利益を図 20 に示す。

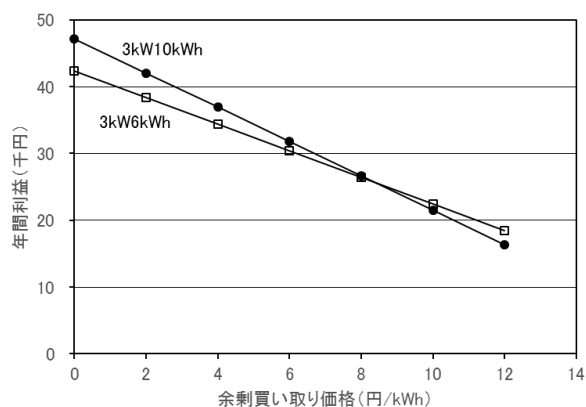


図 20 蓄電池設置により得られる利益

余剰買い取り価格が高価なほど余剰売上利益損失が大きくなるため、右肩下がりのグラフとなっている。余剰買い取り価格 0 円は現実的でないと考えられるが、FIT 買い取りで設備償却は終わっており後の発電原価は 0 円という考え方もあるため 0 円まで計算している。また、余剰買い取り価格が 10 円/kWh を超えると、太陽光余剰の夜

間放電は、夜間帯買電減少による利益より余剰売電減少による損失額が大きくなって経済性を損なうが、シミュレーションには反映していない(夜間帯での放電を許容している)。

6kWh と比べ 10kWh の太陽光自家消費率がやや高く、夜間充電も若干増えている。一方で充放電電力量が増える分損失が増え全体の消費電力量が増加している。10kWh は太陽光の自家消費分が多い分、太陽光余剰買い取り価格が高くなると利益が減少している。充放電電力量には大差がないため、利益もほぼ同じとなっている。

上記年間利益から、得られる利益と投資額が等しくなる単位容量あたり蓄電池限界価格を求めた結果を図 21 に示す。これまでのシミュレーションは実効容量で行っている。計算では、金利を年 3%、蓄電池寿命を 20 年、放電深度(DOD)を 80%、寿命期間中平均容量(対初期値)を 85% とした。

実効容量での単位容量あたり蓄電池限界価格

= 年間利益 / 資本回収係数 / 蓄電池容量

金利: i 耐用年数: n として

資本回収係数 = $(i \times (1+i)^n) / ((1+i)^n - 1)$

$i=0$ の場合は $1/n$

蓄電池価格は公称容量で表示されるので、

公称容量 = 実効容量 / (DOD × 寿命期間中平均容量)

公称容量での蓄電池限界価格

= 実効容量での限界価格 × DOD × 寿命期間中平均容量

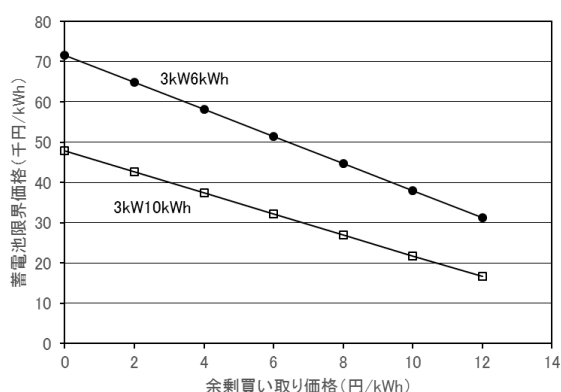


図 21 単位容量あたり蓄電池限界価格

6kWh と 10kWh で得られる利益がほぼ同じであるため、単位容量あたり蓄電池限界価格は 10kWh がはるかに低くなっている。6kWh で単位容量あたり限界価格は 4~5 万円/kWh 程度と予想される。経済産業省の 2020 年住宅用蓄電池価格目標値⁴⁾は 9 万円/kWh(寿命 15 年、現状

20 万円/kWh)であるが、この価格では余剰買い取り価格 0 円でも利益は出ない。このように蓄電池価格がさらに劇的に低下しない限り蓄電池設置の経済性は確保できず、停電対策等別の利益を考慮する場合を除き蓄電池の普及は難しいと考えられる。一方で電気自動車の普及が進めばリチウムイオン電池の価格は劇的に低下するという見通しもあり、現に米国テスラモーターズ社の例もあることから、2020 年代半ばに蓄電池の価格が大幅に低下する可能性も十分あり得る。

4. まとめ

VPP 技術を使った新たな住宅向けサービスとして実現可能性があると考えられる、蓄湯式給湯器の運転時間帯調整および蓄電池の充電時間帯調整に関し、具体的なサービス内容を想定し、実際の住宅内電力データを使って定量評価を行った。

[蓄湯式給湯器運転時間帯調整]

- ・給湯器(エコキュート)は、冬期に消費電力が多く夏期に少ない。一方で太陽光発電は冬期に発電量が少なく夏期に多い。両者のマッチングが悪く冬期は給湯器の運転を昼間に移動できる日数は少ない。夏期は移動できる日数は多いが、消費される電力量は少ない。それでも給湯器の運転時間帯を昼間に移動させることで、給湯器消費電力を夏期はほぼ全量、冬期でも 40~50%を太陽光でまかなうことができる。
- ・冬期に給湯器を昼間に移動させるためには、太陽光発電の容量は 5kW では容量不足である。8kW の容量があれば冬期に大きく落ち込むことなく 60~80%の日数で移動が可能である。
- ・給湯器運転を昼間に移動させた場合の太陽光発電電力量に対する給湯器消費電力量の比率は、太陽光 5kW で 7~20%、8kW で 4~19%程度で小さく、給湯器の昼間運転だけでは太陽光余剰対策としては十分な効果は得られない。
- ・給湯器の運転時間帯を昼間に移動させることによる需要家利益は 6~10 千円/年程度と予想される。
- ・給湯器の運転時間帯を昼間に移動させることや時間帯内で調整することによる電力小売り事業者の利益は最大でも数円/kWh 程度で通常はかなり小さいと予想される。

[蓄電池充電時間帯調整]

- ・太陽光発電量が多く消費電力の少ない春期~秋期は昼間の太陽光を蓄電して夕方使う運用パターンが主であるが、太陽光発電量が少なく消費電力の多い

- 冬期は夜間帯に充電して昼間夕方に使う運用パターンの比率が高くなる。
- ・昼間夕方の受電電力量は大幅に減少し、冬期以外はほぼゼロとなる。
- ・太陽光余剰電力は大幅に減少し、特に太陽光発電量の少ない冬期は減少幅が大きい。
- ・冬期は昼間夕方に使う電力を蓄電するために夜間受電が増加しており、春期～秋期は夕方使い切れなかった太陽光余剰の蓄電を夜間に使用するため夜間受電が減少する。
- ・蓄電池容量 6kWh と 10kWh を比較すると、全受電量は太陽光が多い時期に 10kWh が 10%程度減少するものの、大きな差はなく充放電電力量はほとんど同じである。太陽光の自家消費目的では、夕方の消費電力量に相当する容量 6kWh で十分といえる。
- ・蓄電池設置による需要家の利益は、年間 2～4 万円程度である。蓄電池設置の利益と蓄電池への投資が同じになる単位容量あたり蓄電池限界価格は容量 6kWh で 4～5 万円/kWh 程度と予想される。現状蓄電池価格は 20 万円/kWh 程度であり、今後劇的に蓄電池価格が低下しない限り、蓄電池設置が経済的に見合うことはないと考えられる。
- ・蓄電池の充電時間帯を昼間に移動させることや時間帯内で調整することによる電力小売り事業者の利益は最大でも数円/kWh 程度で通常はかなり小さいと予想される。

5. 今後の課題

5.1 蓄湯式給湯器の運転時間帯調整

太陽光 FIT 買い取り終了後の住宅における蓄湯式給湯器の運転時間帯調整は、需要家・電力小売り事業者双方に利益があると予想されること、また既存給湯器の制御だけであることから追加機器も少なく、費用もそれほど多額にはならないと予想され、実現は比較的容易と予想され、積極的に実現に向けて取り組むべきと考えられる。しかし、利益の額は需要家サイド、供給サイドとも数千円/年程度と予想され、需要家に利益を還元しながら設備費や運用費を捻出するためには、実施にあたっては相当のコストダウンが必要である。コストダウンのために考えられる方策として下記がある。

- ・個別制御は実施せず、多数の需要家を束ねたグループで大まかに制御する。
- ・制御のために需要家に設置する設備を極力簡略化する。

- ・運用費の大半を占めると予想されるデータ通信費用を抑えるため、通常の LTE データ通信でなく、LPWA ネットワーク等 IoT 向け低速低価格データ通信網⁵⁾を活用する。

また、エコキュートに関しては外部から制御するために不可欠な ECHONET-Lite 通信機能付き機種⁶⁾の普及が遅れている。ECHONET-Lite 対応機種は 1 万円ほど高価であること、対応サービスがなく通信機能付き機種をわざわざ購入する動機付けがないことが原因である。まず需要家に利益のあるサービスを開始することが通信機能付き機種を普及させるために必要であろう。

太陽光 FIT 買い取り中の住宅に関しては、給湯器の運転時間帯調整より買い取りの方が経済的にはるかに有利なため、適用は不可能である。FIT 買い取り終了住宅から順次適用していくことになる。

5.2 蓄電池の設置および充電時間帯調整

太陽光 FIT 買い取り終了後の住宅における蓄電池の設置および蓄電池充電時間帯調整は、蓄電池を新たに設置する必要があること、蓄電池が非常に高価なことから当面の実現は非常に難しいと考えられる。ただし、将来的に蓄電池価格が劇的に低下した場合は、一気に普及することも考えられること、また、蓄電池が普及した場合は電力消費パターンが大幅に変化し、電力小売り事業者に大きな影響を与えると予想されることから、将来に向けた技術開発は必要と考えられる。

給湯器と同様に得られる利益は少ないため、実施にあたって同様のコストダウン対策が必要である。さらに、蓄電池制御は太陽光余剰電力の蓄電と夜間帯電力の蓄電を組み合わせる最適化を図る必要があり、給湯器より複雑で高度な制御を求められる。発電・需要予想に関してもより高精度が求められる。このため、サービス実施にあたっては、給湯器に比べて相当運用ノウハウを蓄積する必要があり、時間をかけて十分な技術検討や実証実験を積み重ねる必要がある。

6. むすび

本稿は 2016 年度下期に実施した VPP サービスに関する社内研究の成果を取りまとめたものである。VPP サービスに関しては、国プロで複数の企業グループにより開発が進められており、これに用いられるシステムは多数のアプリケーションの活用を前提とした階層構造の非常に高度な構成となっている。商用化の折にはアプリケーションの活用も必要なことから、国内標準になると予想されるこれらシステムの採用が必要と考えられる。ただし、サービスの内容

に関しては本稿に記した単純なシステムと同様であり、アグリゲータを活用しない実証実験までは、本稿に記したシステムで対応できると考えている。

本稿に詳細を記載したとおり、住宅向けの VPP サービスは太陽光 FIT 買い取り終了後の住宅しか経済的に成り立たない。また、買い取りが終了する太陽光発電の容量は 4~5kW がほとんどであり、電気温水器(ヒータ容量 4~5kW)を昼間運転するには常時容量不足である。受電なしで安定的に電気温水器を昼間運転するには太陽光発電は倍の 10kW 近く必要で、対象となる住宅は極めて限られること(大容量の太陽光発電を有し、エコキュートではなく電気温水器を所有する住宅はほとんどないと予想される)、温水器は順次エコキュートに置き換わっていることから、将来的にも電気温水器の VPP サービスはまじないと考えられる。

一方、エコキュートの消費電力は最大で 1~2kW 程度(外気温で変化するため太陽光発電容量 4~5kW で問題なく昼間運転可能であり(ただし、本稿に記載したとおり冬期は運転できる日数が限られる)、現状でも VPP サービスは十分実現可能と考えられる。

蓄電池の設置および運用 VPP サービスは技術的には問題ないものの、現状では蓄電池価格の課題がある。しかし、今後価格低下が見込まれることから将来的には実現していくと予想される。

以上のことから、住宅向け VPP サービスは太陽光 FIT 買い取り終了後の住宅を対象として、エコキュート運転時間帯調整サービスから始まり、次の段階で蓄電池の設置および蓄電池運用サービスに発展していくと予想される。したがって、今後の技術開発は、まずエコキュートの運転時間帯調整に取り組むべきである。また、蓄電池の運用調整はすぐには実現しないものの、技術的に高度なため早期に実証実験を伴う検討に着手すべきと考えられる。なお、現在行われている国プロでの研究開発においてもこれと同じ方向性⁶⁾となっている。

小型太陽光発電のFIT買い取り終了は2年後に迫っており、早期のサービス実現に向けた取り組みが求められる。

[謝辞]

本研究の実施にあたり、VPP サービスの定量評価に不可欠であった住宅内電力データのご提供を快諾いただいた某住宅メーカー殿に深く感謝いたします。また、さまざまな住宅に関する知見や研究に対するアドバイスをいただいた某住宅メーカー関係各位に深く感謝いたします。

[参考文献]

- 1) 四国電力/四国総合研究所 研究期報 No.105, VPP 技術を使った新たな住宅向けサービス,2016.12
- 2) 経済産業省 ディマンドリスポンスハンドブック, 2016.12
- 3) 四国電力/四国総合研究所 研究期報 No.94, 電気自動車深夜電力充電時の充電負荷平準化対策, 2010.6
- 4) 経済産業省第4回 ERAB 検討会,定置用蓄電池の目標価格設定,2016.9
- 5) NTTdocomo 報道発表資料,LPWA 通信を活用した IoT サービスを実現する「ドコモ IoT/LPWA 実証実験環境」を提供,2017.3
- 6) 関西電力 HP,「バーチャルパワープラント構築実証事業への参画について」,2016.7