

## VPP技術を使った新たな住宅向けサービス

(株)四国総合研究所 産業応用技術部 多田 安伸

キーワード： V P Pサービス  
H E M Sサービス  
E M S  
蓄湯式給湯器  
蓄電池

Key Words : Virtual Power Plant  
Service  
Home Energy Management  
Service  
Energy Management  
System  
water storage type  
water heater  
battery

### **The new residential services with Virtual Power Plant technology**

Shikoku Research Institute, Inc., Industry Application Technology Dept.  
Yasunobu Tada

#### **Abstract**

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

To control the operating time zone of energy storage devices like hot water storage type water heaters and batteries is highly effective and realistic.

Old water heaters that don't support network are controlled by power switches adaptive to network. Old heat pump type water heaters that don't support network and switch control can't be controlled remotely.

Small size batteries are very expensive, the sharing of large scale batteries that are relatively inexpensive is recommended.

## 1. はじめに

小型太陽光発電（10kW未満）の再生可能エネルギー固定価格買取制度（F I T）による買取りが2019年11月より順次終了する。買取り期間終了後の売電価格は相当安価になると予想されることから、政府は太陽光発電の有効活用や自家消費を進めるために、蓄電池等需要家小型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（V P P）等の開発を進めている。政府主導のプロジェクトは、要素開発を主とした第1フェーズ（平成22年～26年）で機器や通信などプラットフォームの仕様標準化が実施された。平成28年度よりV P Pサービス事業の実証を主とした第2フェーズが開始されており、多くのサービス実証事業が実施されている。

V P Pサービス事業においては、住宅内機器を制御するための住宅エネルギーマネジメントシステム（H E M S）が整備されている必要がある。H E M Sサーバはインターネット回線を介した外部からの住宅内機器制御信号を受け、各機器に具体的な制御指令を出す。政府が別途強力に進めているゼロエネルギーハウス（Z E H：ゼッチ）普及促進事業において、H E M S設置が補助金支給の条件になっていることから、H E M Sは徐々に普及している。

また、H E M Sの発電・電力消費モニタリング機能を使って収集した住宅電力データを使った省エネ支援・機器異常検知サービスや、見守りサービス、情報配信サービスなどのH E M Sサービスの大規模実証事業（平成26～27年）やサービスの事業化が行われている。H E M Sサービス事業はV P Pサービス事業実施に必要な住宅データの取得という意味合いもあり、V P Pサービス事業進出の準備ともいえる。

このような情勢下において、住宅向けにどのようなサービスが可能か、サービスを実施するにはどのような課題があるかを検討した。

## 2. V P Pサービス事業のサービス内容

関西電力グループが行っている実証事業では、空調、給湯器（エコキュート）、電気自動車、蓄電池、太陽光発電などの住宅機器（リソース）を外部の事業者（アグリゲータ）が遠隔で一括監視、制御を行い、次のサービスを提供する計画となっている<sup>1)</sup>。

- ・機器を制御することで電力需要を減少させ、小売り事業者に減少分を供給する（ネガワット取引）。
- ・機器を制御することで電力需要を増加あるいは減少

させ、系統運用者に電力需給バランス調整力を供給する。

- ・機器を制御することで電力需要を増加させ、再生可能エネルギーの発電抑制を回避する。
- ・機器を制御することで、住宅のエネルギーコスト低減や再生可能エネルギーの自家消費の促進を行う。

V P Pサービスが提案された当初から、サービスの目的が電力供給者側の都合に偏っているのではないかと、機器を所有する住宅側の利益は何かという問いが投げかけられてきた。制御対象は住宅が所有する機器であることから、住宅側に利益がないと住宅側のH E M S等インフラ整備が進まないし、住宅の参加もままならない。住宅側の利益を第一に考えるべきである。

空調や照明等まさに今必要であるから運転している住宅機器を制御対象とすると、居住者に不便を強いることになる。一方で蓄電池や蓄湯式給湯器（エコキュート）など蓄エネルギー機器は、居住者が蓄えたエネルギーを電気や湯の形で利用する際に支障がなければ、どの時間帯にどの大きさで蓄エネルギーをしても居住者の便宜に悪影響が及ばない。また、再生可能エネルギーの自家消費や安価な電力を利用して上手に蓄エネルギーができれば、住宅側に経済的な利益があると考えられる。

以上のことから、蓄電池や蓄湯式給湯器など蓄エネルギー機器の蓄エネルギー時間帯の調整が、住宅向けのV P Pサービス内容として最も有力と考えられることから、このサービスについて検討を行った。

## 3. 蓄エネルギー機器の運転調整の具体的な内容

H E M Sにはリアルタイムのデータ収集機能はないため、H E M Sを使ったリアルタイム制御はできない。蓄電池の充放電制御や蓄湯式給湯器の蓄湯量制御等は機器の制御装置の持つリアルタイム制御機能を利用する必要がある。すなわちH E M Sから機器の制御装置に設定値を渡し、実際の制御は機器側で行わせることになる。H E M Sサーバと機器との制御信号のやりとりは現在標準化が進められており、実際の制御にあたっては電力小売り事業者の制御装置とH E M S間、H E M Sと機器制御装置間の制御の整合や協調を図る必要がある。

### 3.1 蓄湯式給湯器の運転時間帯調整

蓄湯式給湯器は、買電価格の安価な夜間帯に運転することが原則であるが、F I T買取り終了後の太陽光発電売電価格は、夜間帯の買電価格より安価と予想さ

れる（F I T 買取り終了後の太陽光売電価格は現時点では不明であるが、余剰電力買取りと同等と予想される）ため、太陽光の余剰（自家消費しきれず送電している分）で運転した方が経済的に有利となる。すなわち、本来なら当日の深夜早朝に運転して蓄湯するところを深夜早朝には運転せず、太陽光の余剰のある昼間に運転し蓄湯して夕刻の給湯に備える。ただし、ある程度早朝に運転しておかないと朝方の給湯に支障をきたすため、一部深夜早朝に運転を行い、朝方にある程度の残湯量（例えば 40%）を確保する。蓄湯式給湯器の運転時間帯調整のイメージ図を図-1 に示す。

太陽光の余剰は天候等で変動するため、蓄湯式給湯器を昼間運転すると場合によっては余剰が不足して、高価な昼間帯の電力を受電することになり経済性を損ねる可能性がある。蓄湯式給湯器の昼間運転のためには、太陽光の余剰を正確に予想する必要がある。一方で、太陽光余剰予想精度向上には限度があるため、予想外の際に昼間受電した電力の料金を優遇しないと本サービスの普及は難しいと考えられる。余剰予想精度の向上対策および予想誤差による受電がどの程度発生するかの定量的な評価を踏まえた料金制度設計が、本サービス実施の要であると考えられる。

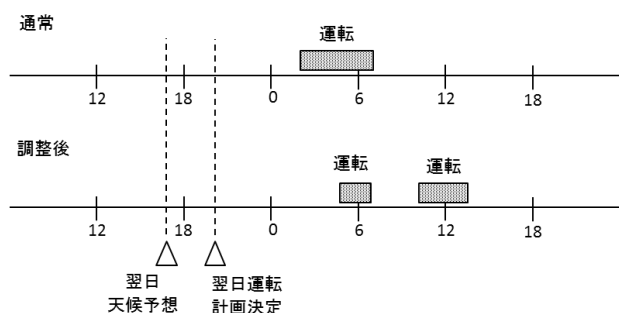


図-1 蓄湯式給湯器運転時間帯調整イメージ図

### 3.2 蓄電池の充電時間帯調整

住宅用蓄電池の運用は、買電価格の安価な夜間帯に最大限充電し、買電価格の高価な昼間帯・夕方帯に放電して昼間帯・夕方帯の買電量を最小化することが原則である。F I T 買取り終了後の太陽光余剰がある場合は、夜間帯の充電を抑制し、余剰電力を使って昼間帯に充電して太陽光の自家消費分を増加させることができる。具体的には、昼間に太陽光の余剰発生が見込まれる場合は昼間の充電量を予想し、それにあわせて夜間の充電量を最大ゼロまで減らす。蓄電池の充電時間帯調整のイメージ図を図-2 に示す。

蓄電池は充放電電力を連続的に自由に制御できる

ため、昼間帯の充電時に受電を発生させることが無いように制御可能である。ただし、余剰電力が予想より多い場合は充電しきれず余剰送電が多めに発生し、余剰電力が予想より少ない場合は充電量が不足して昼間帯・夕方帯の買電量が増加して、いずれも蓄電池を十分生かし切れず経済性が悪化する。したがって、蓄電池の充電時間帯調整においても、太陽光の余剰を正確に予想する必要がある。

また、蓄電池には大きな充放電損失（約 25~30%）があり、売買電価格差が損失分を考慮しても十分小さくしなければそもそも経済性が成り立たない。運転時間帯調整のイメージは給湯器とほぼ同じであるが、経済性の面ではかなり様相が異なる。

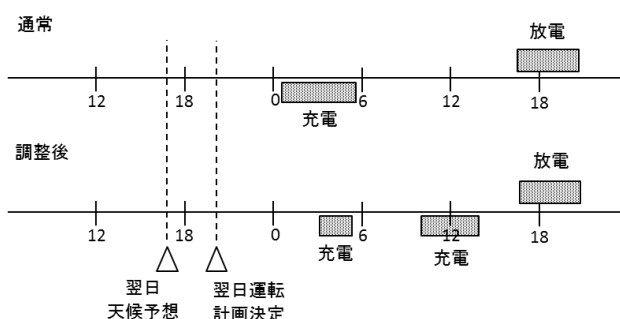


図-2 住宅用蓄電池充電時間帯調整イメージ図

### 3.3 売買電価格差の影響

蓄電池や蓄湯式給湯器の運転時間帯の調整は、売買電価格の安価な時間帯に蓄エネルギーを行うことにより経済性を確保するので、調整は時間帯別の売買電価格に大きな影響を受ける。そこで、価格差の調整への影響を評価した。

#### (1) 蓄湯式給湯器

蓄湯式給湯器は、エコキュートの場合はヒートポンプの特性上外気温の高い昼間に効率が高くなるが、日間ではどの時間帯で運転してもほぼ消費電力量は同じと考えられるので、最も電気料金の安価な時間帯での運転が最も経済性が高くなる。現状の時間帯別料金制度では、夜間帯が最も安価で、昼間帯、夕方帯はかなり高価となっている。太陽光の余剰も利用可能であり、F I T 買取り期間中の買取り価格は昼間帯買電価格と同等以上となっているため使えないが、F I T 買取り終了後は現状の余剰電力買取り価格程度と予想されるため、給湯器運転に利用できる。

蓄湯式給湯器の場合は、利用できる電力として夜間帯電力およびF I T 買取り終了後の太陽光余剰が考えられ、安価な方を選択することになる（図-3）。

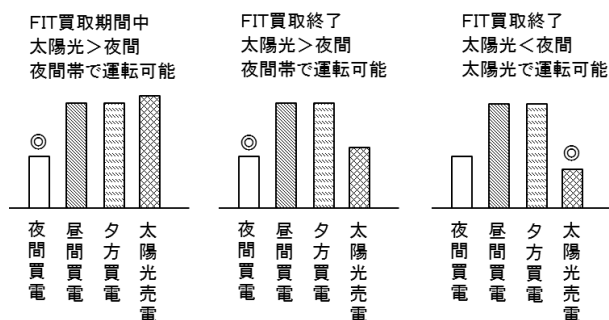


図-3 蓄湯式給湯器運転電力選択

したがって、FIT買取り終了後の太陽光発電売電価格が夜間帯買電価格より高価であれば、蓄湯式給湯器の運転は現状と同じ夜間帯の電力を使えば良く、V P P サービスは必要ないことになる。また、FIT買取り終了後の太陽光発電売電価格が夜間帯買電価格より安価であってもその値差がわずかであれば、昼間運転時に高価な昼間帯電力を受電する可能性を考慮すると、太陽光余剰が比較的少ない日は昼間運転しない方が良い。

## (2) 住宅用蓄電池

住宅用蓄電池の充電電力として利用できるのは、給湯器と同じく夜間帯電力およびFIT買取り終了後の太陽光余剰と考えられるが、蓄電池の場合大きな充放電損失(約30%)があるため、損失を考慮した放電電力価格(損失30%の場合、充電電力価格の1.43倍)が放電する時間帯の買電価格より安価でないと蓄電する経済的な意味が無くなる。すなわち充放電損失があるために、より大きな電力価格差がないと経済性を確保できない(図-4)。蓄湯式給湯器は運転できない場面はなかったが、蓄電池は充電できない可能性がある。

V P P サービスという観点から見ると、蓄電池のサービスは蓄湯式給湯器のサービスより実現可能性が低いことになる。

## 4. 太陽光余剰予想

太陽光の余剰(太陽光発電電力-住宅消費電力)を予想するためには、太陽光発電電力と住宅消費電力を予想できなければならない。そのため、下記を実施する必要がある。

- ・個別太陽光発電実績の分析
- ・個別住宅消費電力の分析  
蓄湯式給湯器、空調機、その他需要に分割して分析
- ・個別太陽光発電の発電実績分析結果および天候予想による個別太陽光発電予想

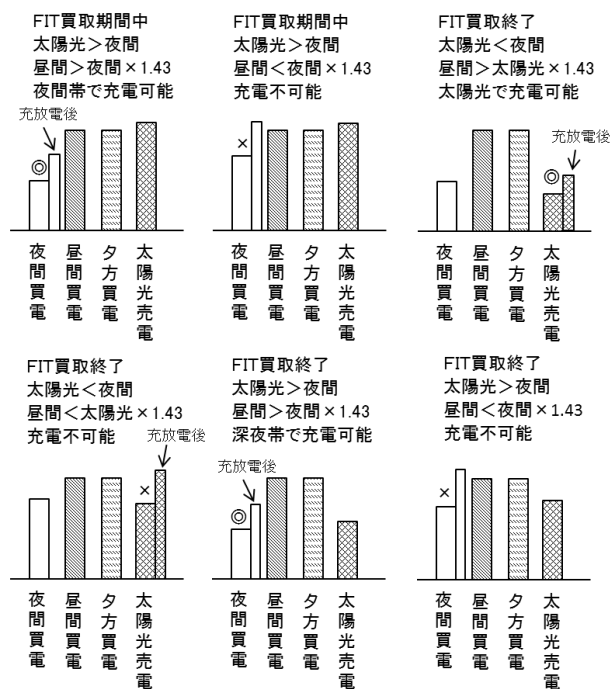


図-4 蓄電池充電電力選択

- ・個別住宅消費電力の実績分析結果およびその住宅の傾向や天候予想による個別住宅消費電力予想

上記分析を行うためには、住宅の詳細な電力測定データが必要である。住宅の詳細な電力測定は、現状ではHEMSを利用するのが最も容易である。HEMSは外部からの機器制御信号を住宅内機器に仲介するゲートウェイの役割とともに、住宅内電力測定に重要な役割を果たす。V P P サービスを実施するためには、V P P サービスを開始する前からHEMSサービスを開始して、サービスを行う住宅の住宅内電力データを蓄積しておく必要があり、HEMSサービスはV P P サービスを行うための前準備という意味合いも大きい。

上記分析および予想には人工知能(AI)を適用すべきと考えられるが、ひとまず表計算ソフトを使用して下記方法で分析・予想を行った。

### 4.1 個別太陽光発電実績分析

太陽光発電量は太陽の高度、気温、設置条件、日射量に影響を受ける。これらはほぼ、月別、住宅別、天候別の場合分けに対応している。そこで、各住宅の各月の各時間の最大発電量を求め、これをその住宅のその月の最大発電パターンとし、これに日射量の強度相対値(最大値を1)を乗ずることで太陽光発電量を予想するという考え方で発電実績を分析した。

天候実績データとして容易に得られるのは、測候所の天気実績である。また、天候予想データとして容易

に得られるのは天気予報データである。そこで、天候データは天気予報文面（例えば晴れ時々曇り）で代表し天候パターンとして分類した（晴れを細かく分類し雨は大まかに分類：13 分類）。

住宅毎に毎日の各時の太陽光発電量の最大発電量に対する比（上記日射量の強度相対値）を求め、天候パターン毎に平均した値（太陽光発電天候係数）を求めた。

#### 4.2 個別住宅消費電力分析

住宅の消費電力は、調整対象の蓄湯式給湯器消費電力、外気温の影響が大きく季節間で大きく変動する空調機消費電力、各住宅の生活様式に影響を受けるその他消費電力（照明、調理、個別機器など）に分割し、月、曜日、気温の影響を加味して予想するという考え方で住宅消費電力を分析した。

蓄湯式給湯器消費電力は、外気温、給水水温等で変化するため、住宅別、月毎に分析を行った。生活パターンは曜日で分類できると予想されるため、曜日で分けて分析した。

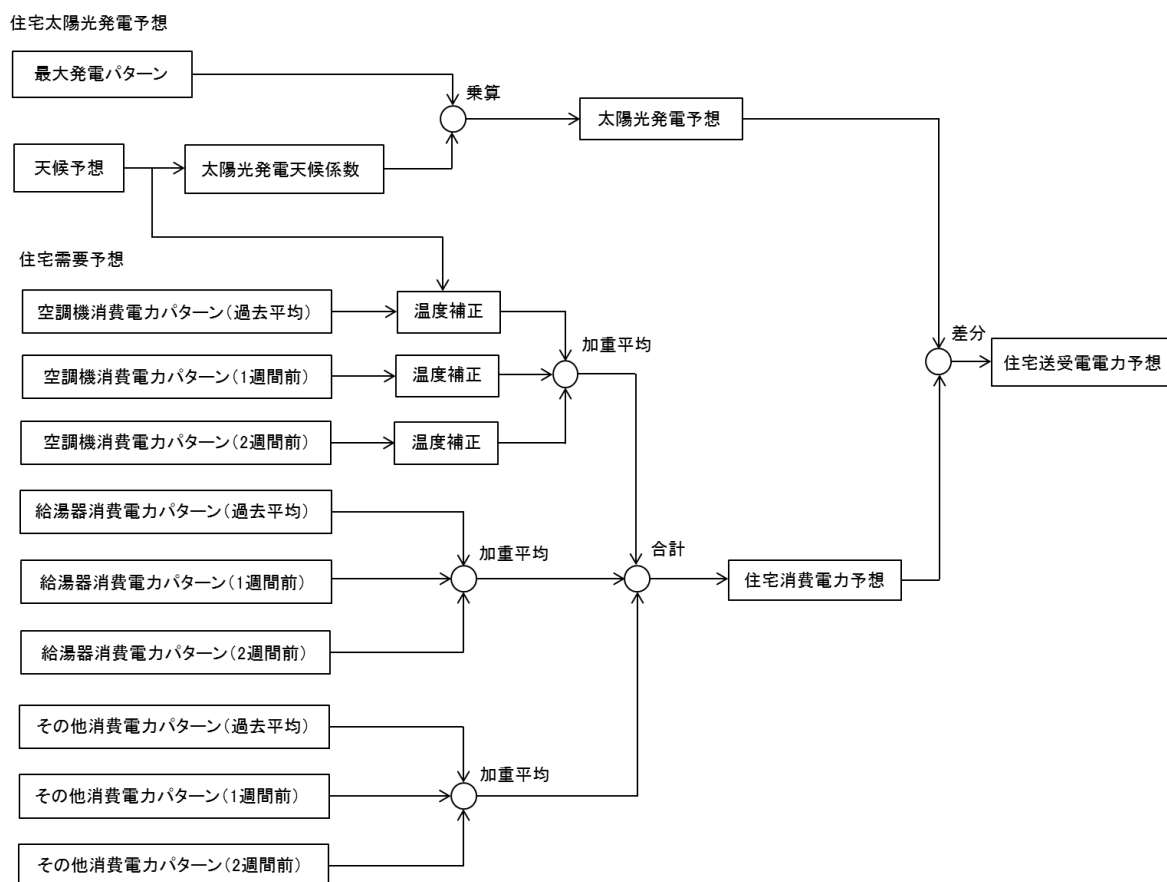
空調機消費電力は外気温の影響を大きく受ける。毎日の空調機消費電力量相対値（その日の空調機消費電力量/その月の空調機消費電力量平均値）と外気温（最高気温、最低気温など）との相関を調べ、消費電力の温度変化率および空調機が使われなくなる外温度を求めた。また、各住宅の消費特性は、月別、曜日別で分析した。同様に各住宅のその他消費電力も月別、曜日別で分析した。

#### 4.3 個別太陽光発電予想

各住宅の太陽光発電量予想は、それぞれの住宅のその月の最大発電パターンに、天候予想の天候パターンに対応する太陽光発電天候係数を乗じて求めた。

#### 4.4 個別住宅消費電力予想

各住宅の消費電力予想は、蓄湯式給湯器消費電力、空調機消費電力、その他消費電力を個別に予想し、加算して求めた。それぞれの消費電力は月別、曜日別の過去実績に基づいて予想した。空調機消費電力に関しては、外気温予想による補正を加えた。



図－5 住宅送受電力予想方法の概要

消費電力の予想にあたっては、過去データの分析結果（過去の平均値）と最近の実績を使用した。至近のデータが最近の生活パターンを反映していると考えられるが、その時だけの非定常的な生活パターンの影響を大きく受けるため、平均的な生活パターンを反映していると考えられる過去の平均値との併用とした。

太陽光発電の予想と消費電力の予想から、住宅の送受電電力を予想した。住宅送受電電力予想方法の概要を図-5に示す。

## 5. 蓄電池および蓄湯式給湯器の運転時間帯調整

予想された太陽光余剰にまず、消費電力調整機能の無い蓄湯式給湯器の運転を割り当てる。予想誤差を考慮して給湯器消費電力よりやや大きな余剰が連続してある時間帯に給湯器の運転を割り当てる。

次に、給湯器を調整した後の住宅送受電電力予想を作成し、蓄電池を割り付ける。まず、昼間送電部分を蓄電池容量内で最大限蓄電し、蓄電容量に余裕があれば夜間帯で最大限充電する。また、昼間帯、夕方帯の受電を最小にするよう放電する（図-6）。

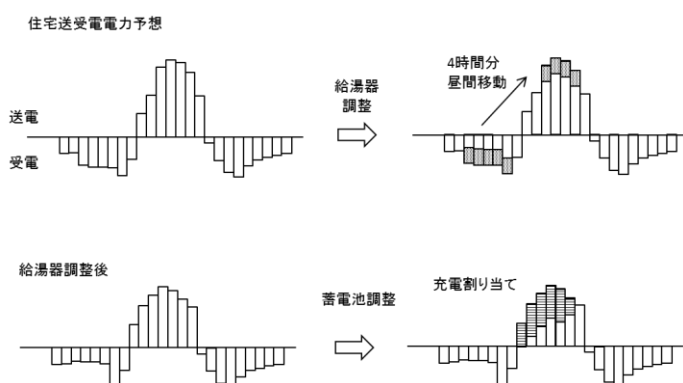


図-6 給湯器、蓄電池運転時間帯調整イメージ図

## 6. VPPサービスの実施形態

ここまでの検討は、住宅の蓄電池および蓄湯式給湯器の運転時間帯を調整し、買電価格の高価な時間帯の受電を極力少なくし、住宅側の経済的な利益を最大にする運用を目指したものである。一方で、電力系統側の運用費用削減もVPPの大きな目的の一つである。例えば、余剰電力がある時間帯に住宅の蓄電池を充電し蓄湯式給湯器を運転する、需要が逼迫している時間帯には住宅の蓄電池を放電し蓄湯式給湯器が運転している場合は停止し別の時間帯に運転する、などの電力需給調整が考えられる。

従来は夜間帯に余剰電力が発生し、昼間に電力需要が逼迫していたため、夜間帯の電力料金を安価に、昼間の電気料金を高価にすることでこれら機器の運転時間帯を誘導できた。ところが、再生可能エネルギー発電が大幅に増加すると電力需給が複雑になり、余剰がある時間帯や需給が逼迫する時間帯が日替わりで変るようになる。日々電気料金を変更するのが究極の姿であろうが、住宅がこれに対応できるのは相当先のことになるので、その第一歩としてVPPサービスがあるといえる。

問題は現状の電気料金体系下で住宅側の経済性を追求した運用と電力系統側の運用費用削減を追求した運用が一致しない可能性が高いことである。従来のVPPサービスの考え方は、再生可能エネルギー発電の増加により需給調整能力が低下していることから、電力系統側の都合を優先させるものであった。この場合の住宅側の経済的な損失に対する補償がこれまで明確でなかったが、住宅側の経済性を追求した場合の運用が明確にできれば、その差から金銭的な損失補償は可能と考えられる。VPPサービス普及のためにも、系統側の都合で調整した際の住宅への補償を明確にすべきである。

VPPサービスの実施形態イメージを図-7に示す。住宅内消費電力や太陽光発電量のデータが必要なため、HEMSサービスも実施する内容となっている。得られるデータは現状HEMSの標準である30分周期の平均電力値（30分間積算電力量値）である。また、個々の住宅との制御指令や電力データのやりとりはアグリゲータの活用を想定している。

VPPサービスにおいて電力小売り事業者とアグリゲータの分担範囲を考える。住宅側の経済運用および電力系統側の都合で住宅の蓄電池および蓄湯式給湯器の運転時間帯を調整する制御指令を出すところは、そのルールが明確であれば電力小売り事業者とアグリゲータいずれが行っても基本的に結果は同じである。

一方、電力小売り事業者は、電力の供給と需要を一致させる必要があるため、住宅の蓄電池および蓄湯式給湯器の実際の運転時間帯調整制御指令を知る必要がある。調整制御指令に対する運転結果を分析し、その制御誤差を把握して制御方法の改善を行う必要がある。このためには、スマートメータAルートでは住宅全体の送受電量しか把握できないため、VPPサービス側で得られる住宅内電力データの保有が必要になる。実績データの保有や分析をアグリゲータに任せると、ア

グリゲータからの報告を電力小売り事業者側では検証できず、アグリゲータの評価が行えなくなる。アグリゲータに実績データ蓄積・分析評価の部分任せでも結局電力小売り事業者もアグリゲータ評価のために同じことを行う必要があり、それならば最初から制御指令や実績分析の部分は電力小売り事業者で行った方が業務の重複がなく、費用も少なくできる。この場合、アグリゲータは電気小売り事業者からの指令を各住宅に取り次ぎ、また各住宅からのデータを電力小売り事業者に取り次ぐだけの業務となる。

もちろん将来的には、実績を十分積んだ信頼できる大手アグリゲータに丸投げするという選択肢も考えられるが、少なくともサービス事業化の初期の段階では、実績の十分ある信頼できるアグリゲータが存在しないため、電力小売り事業者で行うべきと考える。

## 7. VPPサービスの課題

### 7.1 蓄湯式給湯器の課題

蓄湯式給湯器に対してV P Pサービスを実施するにあたり、下記課題がある。

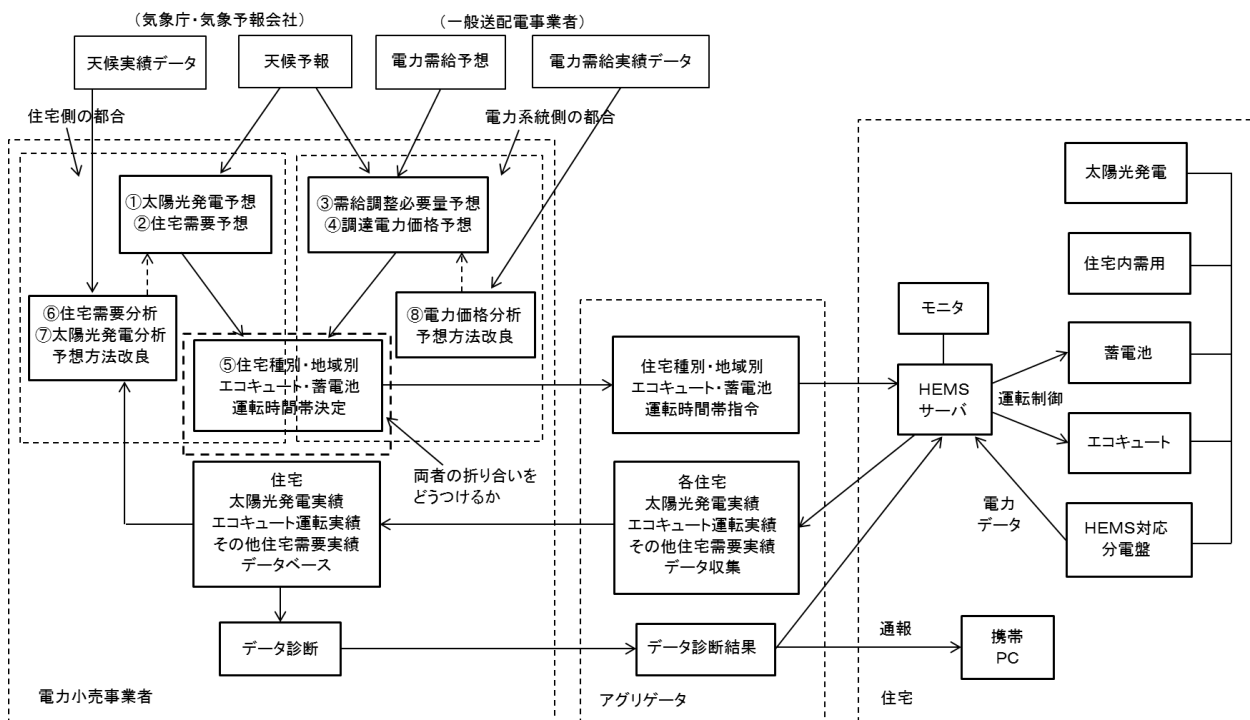
- ・住宅へのHEMS普及率が極めて低い。  
現状では、住宅へのHEMS設置により経済的な利益が得られないため、普及率は極めて低い。

- ・蓄湯式給湯器のHEMS対応率が極めて低い。  
蓄湯式給湯器は広く普及しているものの、最新型のエコキュート以外はHEMSの通信規格であるECHONET-Liteに対応していない。エコキュートは深夜電力対応（タイムスイッチ対応）もしていない機種がほとんどであり、ECHONET-Liteにも深夜電力にも対応していないエコキュートはV P Pサービスが行えない。すなわち既存のエコキュートはほとんどの機器でV P Pサービスが行えない。  
電気温水器に関しては、ECHONET-Liteに対応している機種はほとんど無く、基本的に深夜電力対応となっている。こちらもそのままではV P Pサービスが行えない。

### 7.2 住宅用蓄電池の課題

住宅用蓄電池に対してV P Pサービスを実施するにあたり、下記課題がある。

- ・住宅へのHEMS普及率が極めて低い。
- ・住宅への蓄電池の普及率が極めて低い。  
住宅用蓄電池は現状ではほとんど普及していない。給湯器は給湯という直接の便宜を提供する機器であるが、蓄電池は直接の便宜を提供せず、買電価格が安価な時間帯に充電し買電価格が高価な時間帯に放電して、経済的な利益を得る機器である。現状



図ー7 V P Pサービス実施形態イメージ

の時間帯による買電価格の差と蓄電池価格では経済的な利益が得られないため、当然普及しない。また、同様に最新型の蓄電池以外は ECHONET-Lite に対応していない。

### 7.3 VPPサービス普及に向けた対応

#### (1) 住宅へのHEMS設置促進

住宅にHEMSを普及させるには、HEMSを使った、経済的に利益のあるサービスを先に提案するしかない。また、HEMS設置コストを低価格化（究極は住宅側負担なし）を進める必要がある。HEMS設置コストの低価格化として、機能を限定した装置を開発すること、特にすでに機器が普及している蓄湯式給湯器を制御する専用の装置の開発が考えられる。

#### (2) ECHONET-Lite 非対応給湯器への対応

ECHONET-Lite に対応していない蓄湯式給湯器をHEMSで制御するには、現状の深夜電力タイムスイッチを ECHONET-Lite 対応のスイッチに変更して通電時間を自由に調整できるタイプ（図-8）がまず考えられる。給湯器の消費電力は専用のスマートメータで計測できるため、HEMSによる電力計測は必要ない。

ただし、給湯器がタイムスイッチによる開閉に対応している必要がある。機器仕様上は深夜電力対応と表記されており、給湯器制御電源を主回路ではなくコンセントから別途供給できるタイプである。これまで調査したところでは、電気温水器は深夜電力に対応しているが、エコキュートは通常、時間帯別料金のみに対

応し深夜電力には対応していない。したがって、この方式で対応できるのは実質電気温水器のみと考えられる。住宅にHEMSを整備しないことから、給湯器制御に特化した専用HEMSサーバも開発する必要がある。蓄湯式給湯器を ECHONET-Lite 対応品に更新した際にはスイッチを撤去し、専用HEMSサーバはそのまま使える仕様とすればよい。

太陽光発電を有していない住宅では、発電電力の自家消費が無いため本方式を適用して一切問題ない。買電価格以外に住宅側の都合で給湯器運転時間帯の調整を行う必要性がないため、給湯器電気料金を24時間一定低料金とすれば、電力小売り事業者の都合だけで給湯器運転時間を調整することも可能である。

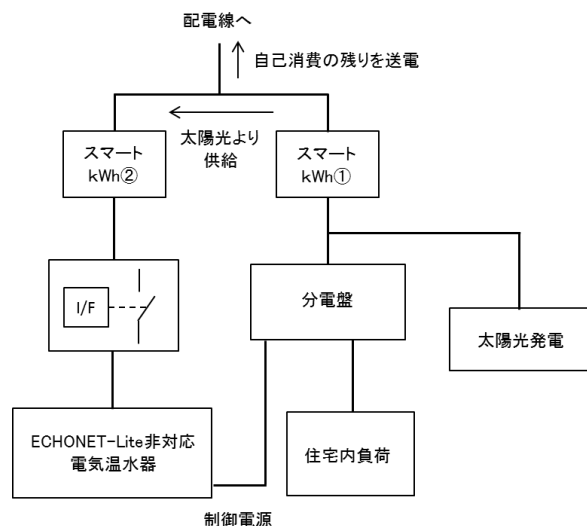


図-9 小型太陽光発電がある場合のイメージ図

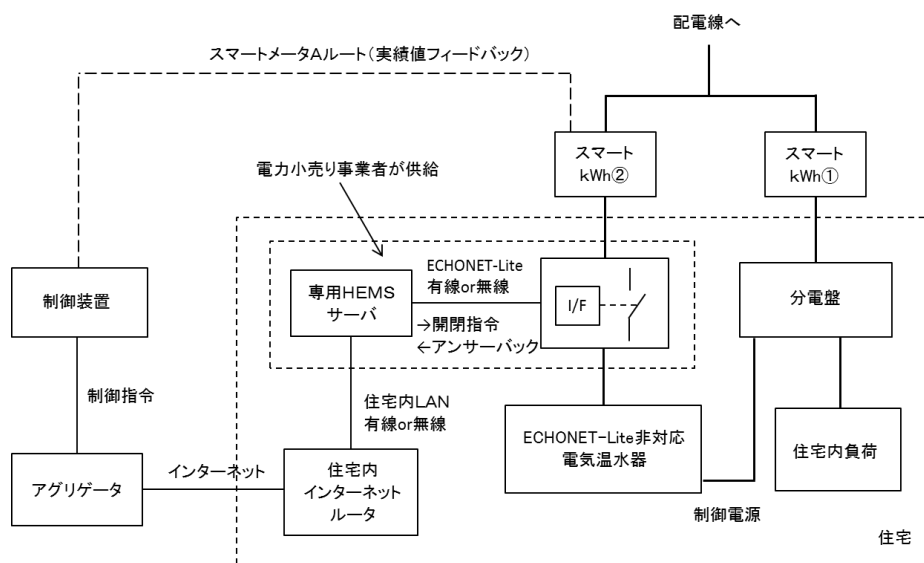


図-8 太陽光がない場合のHEMS対応スイッチを使った制御のイメージ図



太陽光発電と蓄湯式給湯器を有する住宅では、太陽光発電を給湯器で自家消費した場合の経済性が高いと考えられる。ただし、太陽光発電の容量が小さく、太陽光発電を蓄湯式給湯器で自家消費すると発電量の不足により昼間受電が頻繁に発生し自家消費による利益がほとんどない場合には、本方式の適用が可能と考えられる（図-9）。

ただし、住宅送受電量は下記のとおり算出する必要がある。

太陽光接続側のスマートメータ①が送電の場合は、住宅の送電量は、

$$\text{送電量} = \text{スマートメータ①} - \text{スマートメータ②}$$

給湯器が系統から受電する電力量は、

スマートメータ①受電の場合は、

$$\text{受電量} = \text{スマートメータ②}$$

スマートメータ①送電の場合は、

$$\text{受電量} = \text{スマートメータ②} - \text{スマートメータ①}$$

ただし、受電量が負の場合は0（系統へ送電）

複数電力量計測定値の加減算により取引電力量を算定することはこれまで例がないが、政府はV P P 事業化のために、複数電力量計測定値の加減算による取引電力量算定を認める方針である<sup>2)</sup>。

容量の大きな太陽光発電と蓄湯式給湯器を有する住宅では余剰が多く発生するため、太陽光余剰の給湯器による自家消費を優先すべきである。その場合は給湯器を住宅分電盤に接続して住宅内で余剰を自家消費する時間帯別料金対応の回路構成が望ましい。蓄湯式給湯器の制御は同様に、ECHONET-Lite 対応のスイッチを利用する（図-10）。給湯器は深夜電力対応である必要がある。また、余剰量の予想のために、4章に示したとおり住宅内の電力量計測が必要であり、現状では住宅内電力量計測にはHEMSを利用するのが最も簡単のため、HEMS対応分電盤への取替および汎用HEMSサーバの設置が必要である。蓄湯式給湯器をECHONET-Lite 対応品に更新した際にはスイッチを撤去し、給湯器をHEMSサーバに接続すれば良い。

本方式では、住宅側の経済性を追求して給湯器の運転時間帯を調整することが多くなり、電力小売り事業者の都合だけで調整することは難しくなるため、電気料金は通常の時間帯別料金で良い。電力小売り事業者の都合で調整した場合は、住宅側の経済性で調整した場合からの電気料金増分を補償すれば良い。

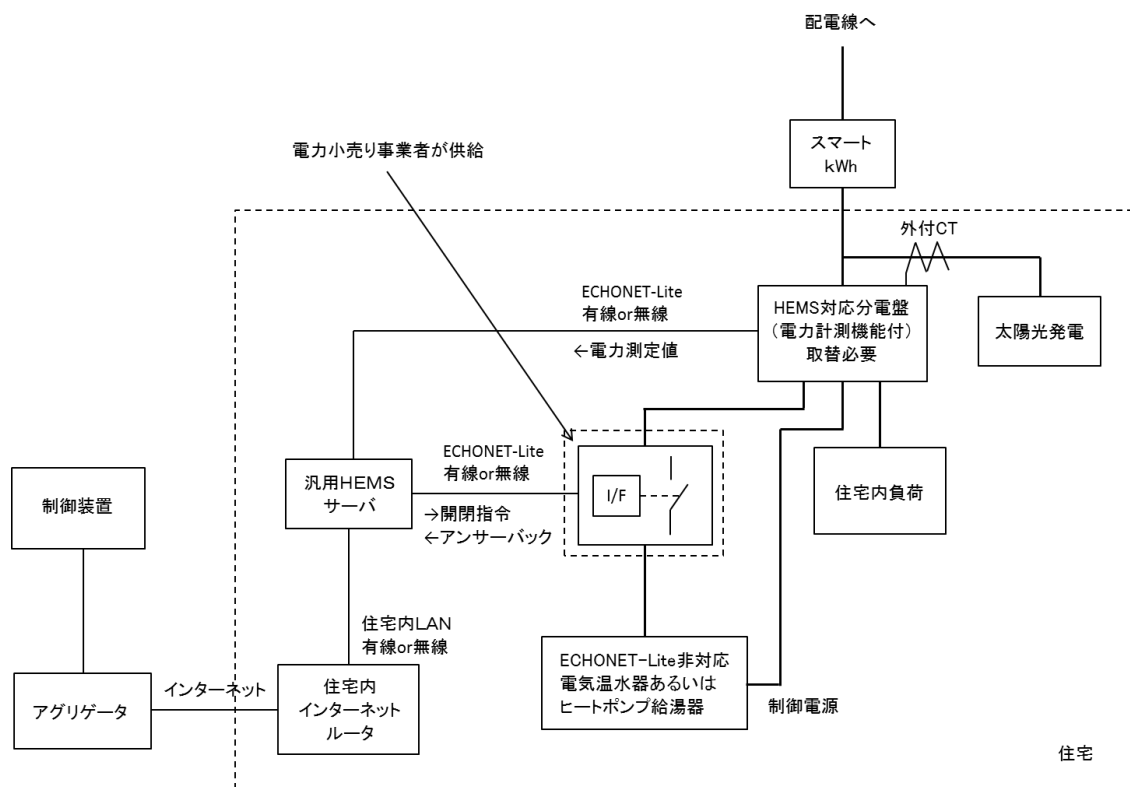


図-10 太陽光がある場合のHEMS対応スイッチを使った制御のイメージ図

### (3) 住宅用蓄電池への対応

住宅用蓄電池は現状ではほとんど普及しておらず、現在販売されている蓄電池は標準で ECHONET-Lite に対応しているため、住宅用蓄電池は ECHONET-Lite に対応していることで考えれば良い。したがって、住宅内の回路構成は標準的な HEMS 対応の構成となる (図-11)。

蓄電池は充放電電力を連続的に高速で制御でき、住宅送受電電力を自由に制御できるなど、容量制限以外は運用制約がほぼないため、太陽光余剰の自家消費には最も望ましい。一方で蓄電池価格が高価で蓄電池費用をなかなか回収できないこと、電池が高価なため市販されている蓄電池の容量 (特に kWh 容量) が小さいことが課題である。

蓄電池寿命を 20 年、充放電効率を 70%、金利は 0%、保守費用なし、毎日 1 回最大限充放電するとして、充放電電力価格差により寿命期間で設備費用を回収できる蓄電池価格を図-12 に示す。20 年経過で容量は 30% 減少すると予想されるため、平均容量は 85% としている。現状の充電電力価格約 13 円/kWh、充放電電力価格差約 15 円/kWh では、電池価格 (システム価格) は 5 万円/kWh 以下でないと蓄電池費用を回収できない。金利や修繕を考えると 4 万円/kWh 以下が必要である。現状住宅用蓄電池は非常に高価 (20 万円/kWh 以上) である。国内蓄電池メーカーにヒアリングしたと

ころでは、現状の小型リチウムイオン電池では 10 万円/kWh 程度が限界とのことであった。この電池価格は、太陽光の余剰が 5 円/kWh、充放電電力価格差 20 円/kWh 程度であれば回収できる水準であり、あり得ない数字ではない。

現状市販されている住宅向けリチウムイオン電池の容量は kW 容量が 3kW 程度、kWh 容量 (定格でなく実質容量) が 6~12kWh 程度である。一方、晴天時の単位発電容量 (kW) あたりの太陽光発電量 (kWh) 実績値は春夏季で 6kWh/日、冬季で 3kWh/日程度となっている<sup>3)</sup>。現在の標準的な住宅の太陽光発電容量 5kW では 15~30kWh/日となり、蓄電池容量は相当不足する。

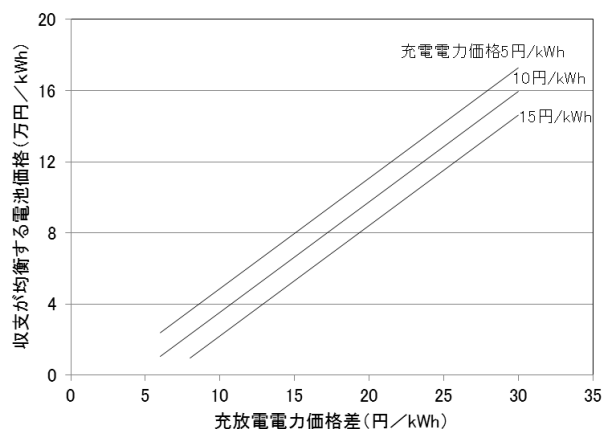


図-12 蓄電池の限界価格

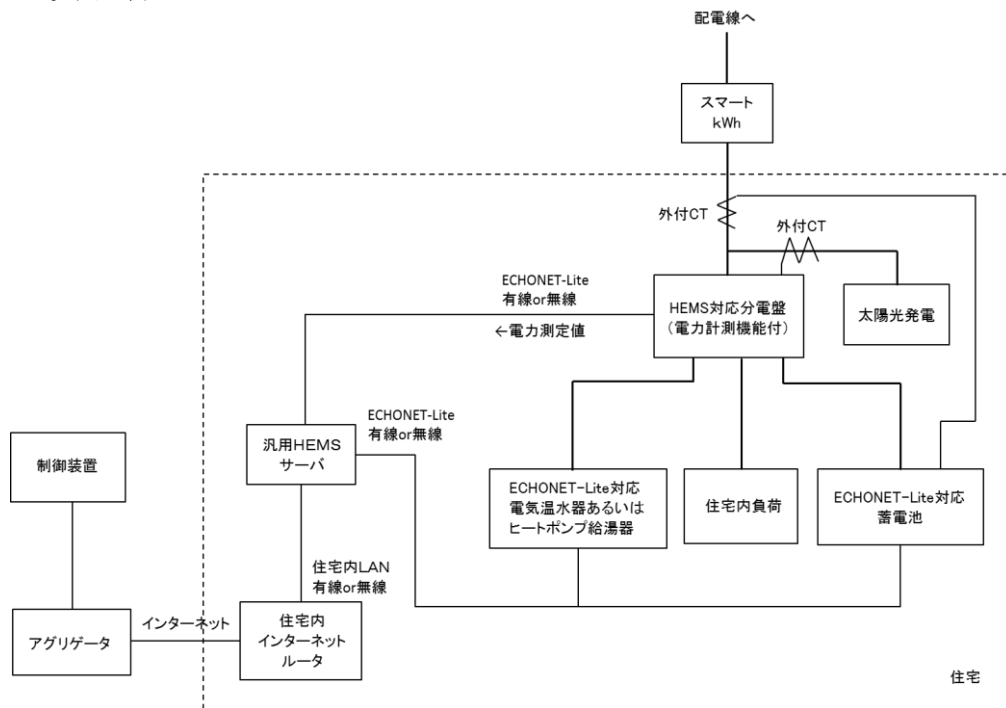


図-11 太陽光、蓄電池がある場合の装置構成イメージ図

また、政府の 2030 年時点での再生可能エネルギー導入計画では、太陽光・風力とも現状の約 3 倍となっており<sup>4)</sup>、電力需給バランスを取るために相当量の蓄エネルギー機器導入が必要と予想される。蓄湯式給湯器の運転調整だけではとても間に合わず、蓄電池の大量導入が必要である。これには住宅だけでなく、再生可能エネルギー発電所併設蓄電池、系統調整用大型蓄電池、業務用大型蓄電池の大量導入が必要である。蓄電池は現状では小型リチウムイオン電池が主流であるが、今後は大型蓄電池が増えると予想される。また、大型蓄電池は既に 4~6 万円/kWh 程度まで価格低減されており、今後の大量普及によりさらに価格低下が進むと予想され、住宅向けサービスにも大型蓄電池を利用する方が経済性を確保しやすいと考えられる。

#### (4) 大型蓄電池を使った住宅向けサービス

各住宅に設置した小型蓄電池を集合させ、大型蓄電池で全く同等のサービスを実施できる。大型蓄電池を多数の小口需要家で共有するサービス（大型蓄電池のシェアリングサービス）ともいえる。大型蓄電池のシェアリングサービスは、集合住宅も含めた自宅に蓄電池を設置できない住宅にも蓄電池サービスを提供できる。また、大型蓄電池は kWh 容量を大きくし易いため、太陽光余剰の自家利用には特に有利となる。ただし、蓄電池は住宅から離れた場所に設置されるため、住宅と大型蓄電池の間に配電線を介した電力のやりとりが発生する。配電線を介した蓄電池の充放電は、託送料金も含めてまだ取り扱いが明確になっていない。

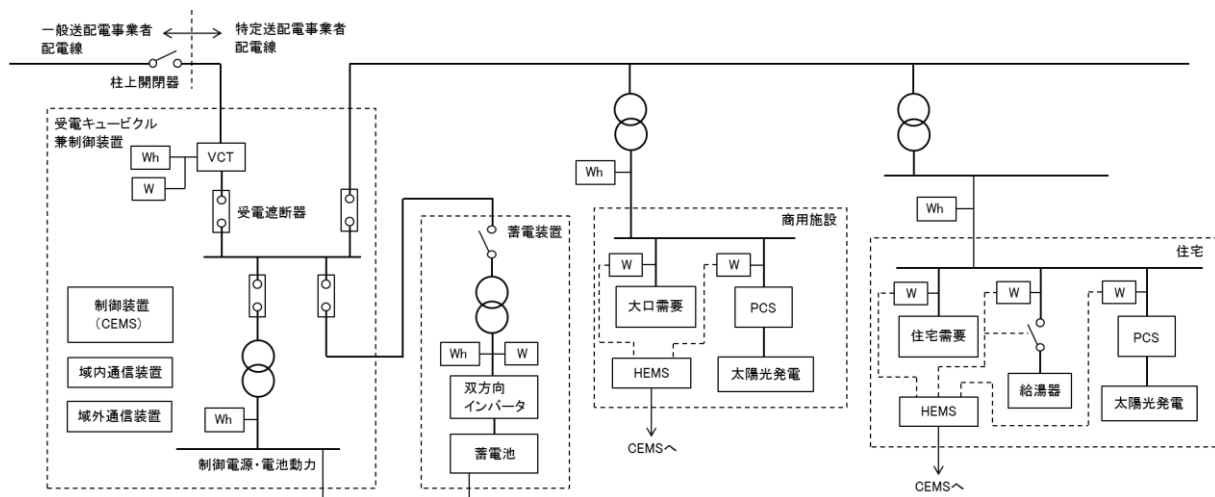


図-1.3 団地一括受電蓄電サービス設備構成イメージ図

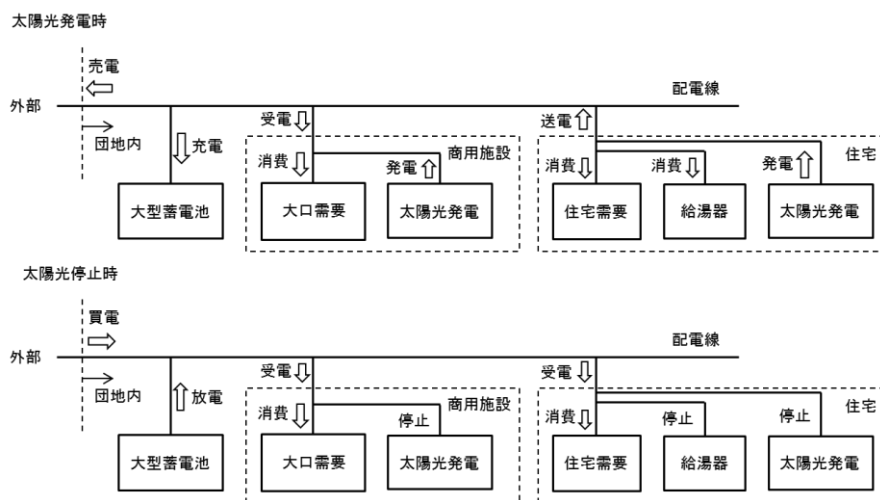


図-1.4 団地一括受電蓄電サービス電力フローイメージ図

(a) 団地一括受電のケース

団地に大型蓄電池を設置し、団地の住宅に蓄電サービス提供が可能である。装置構成のイメージを図-13に、電力フローのイメージを図-14に示す。団地一括受電（団地内は特定送配電事業として配電サービスも提供）とすると、住宅-大型蓄電池間の託送の課題がない。また、一括受電点電力で団地内の電力バランスが把握でき、住宅でのリアルタイム計測は必要なく、受電点だけのリアルタイム計測で蓄電池をリアルタイム制御できる。

先のV P Pサービスと同様に、各住宅の発電・需要実績はHEMSを使ってデータ収集し、これらを使って発電・住宅需要予想を行う。発電・住宅需要予想からまず蓄湯式給湯器の運転調整を行い、その後、団地全体の送受電量を求める。太陽光余剰の自家消費促進、電力料金の高価な時間帯の受電抑制・余剰電力の高価販売、電力料金の安価な時間帯での蓄電池充電など経済的に最適な蓄電池運用を、地域エネルギー管理システム（CEMS）を使って行う。また、CEMSからの指令により、HEMSを介して住宅の蓄湯式給湯器の運転時間帯調整を行う。

この方式では、団地内での電力融通が可能であり、個別住宅で制御するより団地一括で制御する方が電力系統への送電は減少する。また、受電点1点での制御のため、各戸毎に制御するより制御は容易となる。現状でも実現可能と思われる。

(b) 同じ配電線に接続された個別住宅のケース

団地一括受電のケースを拡張して、同じ配電線に接続されている点在する住宅と大型蓄電池で構成されるグループで同じサービスが可能である。設備構成イメージを図-15に示す。個別住宅および大型蓄電池の連系点の送受電電力をリアルタイムに計測し、すべてを加算すれば、団地一括受電のケースの受電点での計測と全く同じである。配電線の途中で蓄電池充放電電力のやりとりが発生するが、配電用変電所端での配電線電力は、団地一括受電のケースと全く同じになる。

今のところ、このような蓄電池充放電の託送の取り扱いが明確でなく現状では実現できないが、大型蓄電池の導入費用を住宅向けサービスで回収できるビジネスモデルであり、将来的に大型蓄電池を大量導入する際には活用すべきと考えられる。

8. まとめ

- ・住宅側の便宜に悪影響を及ぼさないこと、住宅太陽光発電のF I T買取り終了後の売電価格は不明であるが余剰電力と同程度のかかなり安価になり太陽光発電の自家消費が経済的に有利になると予想されることから、蓄電池や蓄湯式給湯器など蓄エネルギー機器の蓄エネルギー時間帯の夜間一昼間調整が住宅向けのV P Pサービス内容として最も有力と考えられる。
- ・V P Pサービスは住宅内の制御や電力測定にHEMSを使用する。そこで、まずHEMSサービスを開始して住宅にHEMSを整備してもらい、これを使って住宅電力データを収集し、次にV P Pサービスを行うことが望ましい。

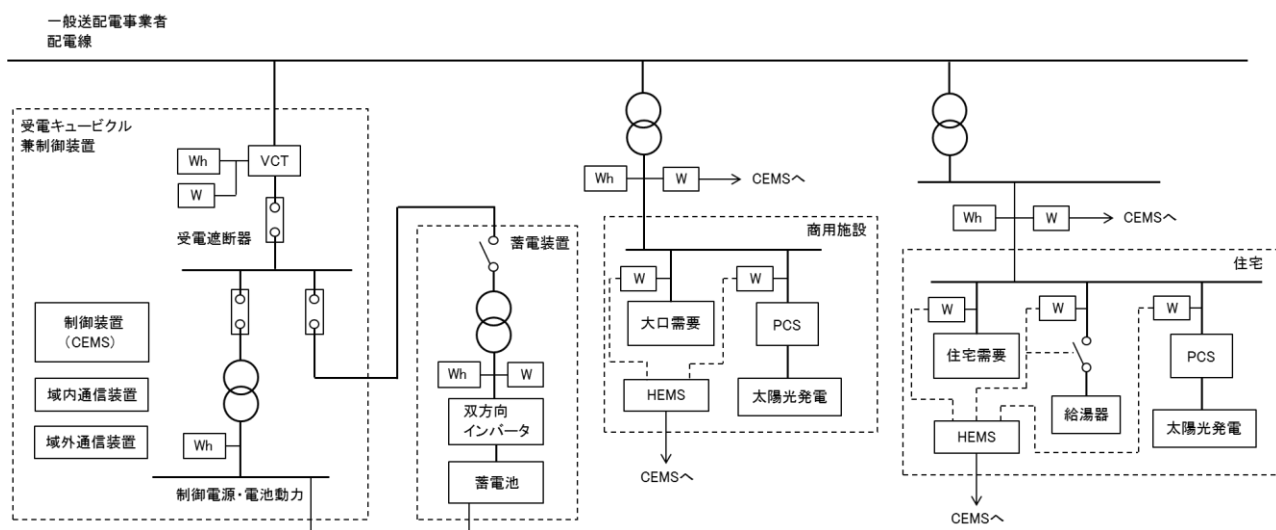


図-15 同一配電線接続住宅向け蓄電サービス設備構成イメージ図

・HEMSはリアルタイム計測やリアルタイム制御に対応していないため、V P Pサービスは運転時間帯など事前に蓄エネルギー機器の設定を変更するだけで、蓄電池の充放電電力制御など実際のリアルタイム制御は機器の制御装置で行う必要がある。したがって、過去実績や天候予想を使って各住宅の翌日の太陽光発電や住宅電力需要を予想し、前日夕刻には翌日の蓄電池や蓄湯式給湯器の運転時間帯（夜間帯、昼間帯）を各住宅の機器制御装置に送信する必要がある。

・電気温水器は通常、深夜電力に対応しECHONET-Liteに対応していないことから、深夜電力と同様なスイッチによる制御を適用する必要がある。太陽光発電を設置していない住宅では太陽光の自家消費がないため、深夜電力のタイムスイッチをHEMS対応スイッチに取替え、温水器制御専用のHEMSサーバを設置することで、住宅にHEMSを整備しなくてもV P Pサービスが実施可能である。24時間同一料金等料金制度さえ適切に設計すれば、電気小売り事業者の都合のみで運転時間帯調整が可能である。一方、広く普及している旧型のエコキュートはECHONET-Liteにも深夜電力にも対応しておらず、現状ではV P Pサービスに対応できない。エコキュートはECHONET-Lite対応の新型をサービス対象とするしかない。

・太陽光発電を設置している住宅では、太陽光の自家消費を優先するため、太陽光発電や住宅電力消費の測定が必要であり、住宅にHEMSを設置して、電力測定と機器制御を行う必要がある。

・住宅用蓄電池は普及していないため、ECHONET-Lite対応の新型をサービス対象とすることでよい。住宅用蓄電池は経済性に難があり普及は難しいと予想される。一方、大型蓄電池シェアリングサービスは経済性に優れること、蓄電池を設置できない住宅にもサービスを提供できることから、今後の住宅向け蓄電池サービスとして有望と考えられる。

## 9. むすび

本稿は、平成 28 年度上期に実施したV P Pサービスに関する社内技術調査結果を取りまとめたものである。技術調査にご協力いただいた社外の方々に深く御礼を申し上げる。また、現在開発が進められている技術につき、記載内容の変更や筆者の理解不足による誤りもあるかと思われるがご容赦願いたい。

平成 31 年 11 月に迫る小型太陽光発電F I T買取り終了に向け、新たなサービス立ち上げを目指して本稿

に記載した考え方にに基づき、住宅メーカーと共同で蓄電池や蓄湯式給湯器の運転時間帯調整の効果の定量的な評価を実施している。また、機器メーカーに依頼してV P Pサービスを実施するためのハード、ソフト両面の検討を進めている。ここにきてこれまで曖昧であったスマートグリッドが、ほんの一部ではあるが具体的な事業として検討の俎上に乗るようになったことは関係者として非常に感慨深い。

蓄湯式給湯器の運転時間帯調整は、住宅に普及している機器の運転調整であり、実現が比較的容易で投資も少なく事業リスクは小さいと思われ、まず取り組むべきである。大型蓄電池のシェアリングは、電池価格や託送の課題が残るものの、住宅向けに限らず事業者向けとしても蓄電サービスとしてはおそらく経済性や実現性、汎用性で最も優れていると思われ、是非事業として実現したいと考える。

## [参考文献]

- 1) 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年7月28日
- 2) 経済産業省第2回エネルギーリソースアグリゲーションビジネス検討会 資料4「逆潮流について」2016年3月30日
- 3) NTT スマイルエナジー エコめがねエネルギーブログ「太陽光発電設備 1kW あたりの発電量公開」2016年5月20日
- 4) 経済産業省「長期エネルギー需給見通し」2015年7月