

## 放送型無線通信を用いた需要家機器活用技術の開発

(株)四国総合研究所 電力技術部 吉田 正志

キーワード： 放送型無線通信制御  
需要家機器制御  
需要家機器活用  
再エネ抑制回避  
再エネ普及  
需給運用  
擬似乱数制御

Key Words : Broadcast-type wireless communication control  
Consumer equipment control  
Consumer equipment utilization  
Avoidance of renewable energy suppression  
Spread of renewable energy  
Supply and demand management  
Pseudo-random number control

### Development of Technology to Utilize Consumer Equipment Using Broadcast-type Wireless Communication

Shikoku Research Institute, Inc., Electric Power Technology Department  
Masashi Yoshida

#### Abstract

With the rapid increase in renewable energy power generation, such as photovoltaic power generation, whose output varies depending on weather and other conditions, adjusting supply and demand is becoming increasingly difficult; hence, new feasible and effective supply and demand management measures and responses are required. As a feasible approach, we have developed a technology for utilizing consumer equipment suitable for the changing supply-demand balance environment by utilizing widely used electric water heaters (e.g., EcoCute) and similar devices. We developed a system for utilizing a large amount of scattered small-capacity consumer equipment in which one-way control commands are issued via broadcast-type wireless communication, and the consumer equipment receiving the commands controls the equipment autonomously. Using a low-cost, power-saving long-distance radio suitable for wide-area transmission, control commands based on the output prediction results of photovoltaic power generation are sent via relay stations. Remote-control adapters installed in consumer equipment receive control commands and autonomously control the equipment. When an electric water heater is used and a boiling DR command is issued for the daytime the following day, the water will be boiled during the daytime instead of the usual nighttime boiling. By using pseudo-random numbers in the control program, the aggregate to be controlled is configured to generate a load similar to the photovoltaic power generation curve in sunny weather. We confirmed that good reception control is an effective method for controlling a large amount of customer equipment at a low cost and without interfering with the use of hot water supplies.

## 1. はじめに

天候などの様々な条件により出力が変動する太陽光発電（以下、PV）などの再エネ発電が急増している中、需給運用の安定化と再エネ発電抑制回避のため、需要家側エネルギーリソースを活用することが全国大で注目され、高度なエネルギーマネジメント技術によりそれらを束ねて、あたかも一つの発電所のように機能させる「仮想発電所（以下、VPP）」に関する取り組みが活発化している。四国においてもPV増加に伴い需給調整は格段に難しくなっており、実現可能かつ実効性ある新たな需給運用対策や対応が求められている。

このような環境の中、早期実現の可能性がある独自の取り組みとして、既に大量に普及している電気給湯器（電気温水器・エコキュート）等を活用し、様変わりした需給バランス環境に柔軟に適合する需要家機器活用技術を開発したので紹介する。

## 2. 開発した需要家機器活用技術の概要

点在する小容量で大量な需要家機器の活用に適した手法として、放送型無線通信による一方方向の制御指令（制御指令を無線を用いて放送送信）を行い、受信した需要家機器が自律制御するシステムを開発した。<sup>※1</sup>

### 2.1 放送型無線通信

制御指令を行う放送型無線通信には、安価なコストで広域なエリア送信に適した省電力長距離無線技術（920MHz・250mW・LoRa方式）を用いて、PV発電出力予測結果に基づいた需要家機器制御指令（翌日の上げDR指令<sup>※2</sup>）を中継局（放送局）経由で送信し、需要家機器に設置したリモート制御アダプター（受信制御装置、以下、RCA）が制御指令を受信する。（図1）



図1 制御指令伝送ルート

※1：四国電力株および当社の共同で特許取得（2021年11月16日登録）  
 ※2：上げDRとは、デマンドレスポンスにより電気の使用量を増やすこと。  
 本制御では、翌日昼間に湯沸かしを行う指令を出す。

### 2.2 需要家機器（電気給湯器）自律制御システム

一般的な家庭用電気給湯器は、電気料金の安い夜間時間帯に翌日分の湯を沸かし貯湯する。残湯量・給水温度をもとに沸き上げに必要な時間を計算し、明け方に湯沸かしを行う「通電制御型（マイコン型）夜間蓄熱機器」である。これに対し、開発した自律制御システムでは、RCAが制御指令を受信し、その指令をもとに電気給湯器が昼間に湯沸かしを行う。電気温水器の場合は、制御指令をRCAが受信し、昼間シフトに対応した電気温水器<sup>※3</sup>に指令を伝送することで制御実行する。エコキュートの場合は、制御指令をRCAが受信し、ECHONET-Lite通信で給湯器本体のHEMSアダプターを介して直接制御実行する。

具体的には、制御指令（暗号化された無線電波で、管理コード・制御日・対象機器・グループ番号・指令内容等）を1電文で送信する。RCAが翌日の上げDR指令を受信し識別すると、夜間の湯沸かしを行わず翌日昼間（9:00～17:00の間）に沸き上げを行う。制御対象給湯器の集合体が晴天時のPV発電カーブに類似した負荷を構成するよう、沸き上げ開始時刻の決定に擬似乱数（Xorshift・16bit）を用いる手法<sup>※4</sup>とした。

また、夜間の湯沸かしを行わないことから、明け方の湯切れリスクを防ぐため、23時の残湯量判断により「夜間沸き上げ+昼間沸き上げ」制御を組み込み、給湯利用に支障しない制御（図2）とした。さらに、電気温水器では、通常の日間沸き上げにも擬似乱数を用いて、明け方に集中する電気給湯器湯沸かし負荷の平準化もはかる。

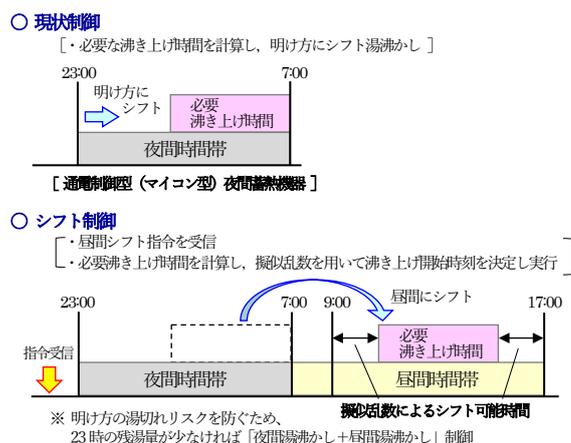


図2 電気給湯器自律制御の概要

※3：現在、昼間シフト制御に対応した電気温水器を製造しているのは、四国電力グループ会社である四変テック株式会社のみである。既に設置済みの電気温水器であれば、基板交換を行うことで制御可能である。また、2019年10月からの販売機種には本制御プログラムが搭載されている。  
 ※4：四国電力株および当社の共同で特許取得（2014年2月28日登録）

### 3. 需要家機器(電気給湯器)活用技術の検証結果

香川県内 2 地点に中継局を設置し、香川県西讃地区から高松市街地のモニター40軒(電気温水器 30 台, エコキュート 10 台)で1年間における実証試験を行った。(図3, 図4, 図5)

電気給湯器の設置場所が一般的な屋外設置でなく、住居内・倉庫内・集合住宅メーターボックス内などの閉所への設置であっても、良好に受信制御できることを確認した。また、放送型の一方向指令による期待値制御でも高質な擬似乱数を用いたことで、40 台の少ない集合体でも PV 発電カーブに類似した負荷を形成することを確認した。さらに、制御プログラムに組み込んだ湯切れ防止機能により、残湯量が少ない電気給湯器では夜間湯沸かしが確実に行われることを確認した。

(図6, 図7, 図8, 図9)

また、モニターさまへのアンケート調査結果でも、給湯利用に支障はなく日常生活に影響を与えないことを確認した。

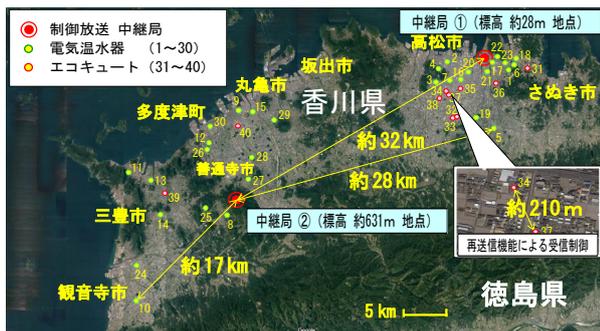


図3 遠隔制御実証試験エリア



図4 中継局(放送局)の設置状況



図5 電気給湯器への試験用 RCA 設置状況

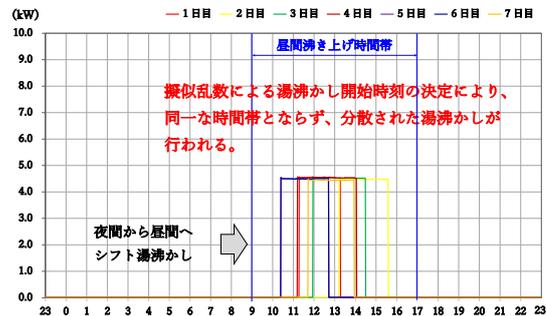


図6 370L 電気温水器・戸別の湯沸かし状況

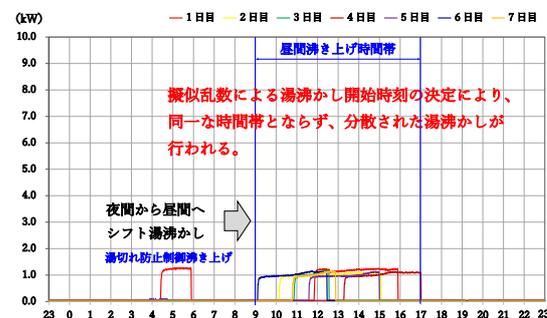


図7 460L エコキュート・戸別の湯沸かし状況

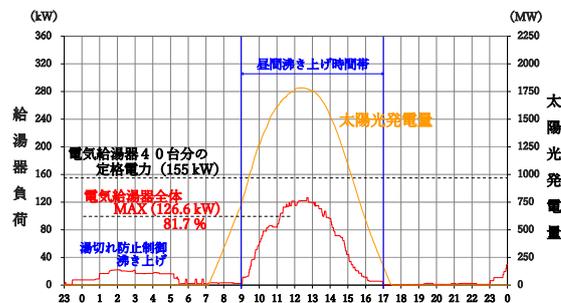


図8 冬期試験結果 (2020年2月4日集合体)

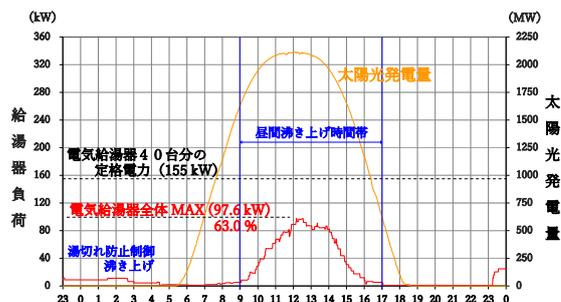


図9 春期試験結果 (2020年5月7日集合体)

#### 4. 実用化装置

電気温水器用 RCA の実用化に向け、受信感度が更に向上する「簡易アンテナ×2本」ホイップアンテナ仕様の専用基板製作・電気温水器基板からの RCA 電源供給・電源線と信号線の1ケーブル化・専用小型ケース製作により量産化・低価格化および設置工事の容易化をはかった。(図10, 図11, 図12)



図10 自作試験用RCA基板



図11 実用化RCA



図12 実用化RCAの設置状況

また、高圧一括受電におけるデマンド抑制用途など制御指令場所と対象需要家機器が比較的近傍な事業者向けに、中継局を用いず直接PCから制御指令を送信する装置も製作した。(図13)



図13 制御指令PC直接送信装置

#### 5. 電気給湯器以外の需要家機器活用

普及が進むEV用に、高機能な充電器を導入することなく充電制御が行え、お客さまの車両利用形態に合わせたEV充電時間帯「①直ぐに充電、②割安な夜間料金時間帯充電、③PV発電に合わせた翌日昼間充電(放送型制御活用)」の選択式で、ボタンを押すだけで設定ができる。お客さまと電力側との双方にメリットが得られる「EV充電装置(RCA)」を開発した。簡易操作で充電制御が行える後付設置が容易な「放送型制御機能を搭載したEV充電装置」とした。

具体的には、コンセント式EV充電器(MOD01, MOD02)に、容易に後付設置(既設充電コンセントと車載充電ケーブル間に挿入)できる装置で、利用時に3つのボタンからの選択で充電時間帯を設定する。(図14)

擬似乱数による充電開始時間の決定により「②夜間時間帯充電」の選択時は、割安な充電料金利用とEV充電負荷の平準化ができる。「③翌日昼間時間帯充電」の選択時は、放送型無線通信の活用機器として指令受信時は翌日上げDR活用機器として利用できる。



図14 放送型制御機能を搭載したEV充電装置

#### 6. まとめ

今回開発した需要家機器(電気給湯器)活用の実証試験を通じて、本技術が想定通り小容量かつ大量に存在する需要家機器を制御する手法として有効であることを確認した。

1対1の双方向通信を必要とせず、安価で容易に上げDR構築を行うことができ、さらに普及している既存設備が利用できることで、早期実現が可能な装置とすることができた。

制御対象となる需要家機器を拡大することで、より実効性ある技術にできることから、需給運用の安定化に資する需要家機器の更なる活用について可能性を探っていく。

#### 【謝辞】

電気給湯器を活用する需要家機器活用研究は、四国電力(株)事業開発室 新技術活用プロジェクトチーム殿より委託を受け実施したもので、ご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。

#### 【参考文献】

- 1) 多田安伸:「電気自動車深夜電力充電時の充電負荷平準化対策」, 四国電力, 四国総合研究所 研究期報, No.94, pp.15-23 (2010.6)