

# ケーススタディ：英国・マンチェスターにおけるスマートコミュニティ実証事業

浅岡 裕（三菱総合研究所）

## 1. イントロダクション

2014年度から2016年度にかけて、英国・マンチェスターでは日本・英国の合同プロジェクトとして、スマートコミュニティの実証が実施された。その主な目的は、再生可能エネルギーの導入等、低炭素化の取り組みが進む英国において、住宅の小口消費電力を日本の情報通信技術（以下、ICT）を用いてコントロールすることで負荷調整能力を創出するアグリゲーションビジネスの有効性・実現可能性を確認することである。

このプロジェクトは、NEDOの「スマートコミュニティ海外実証プロジェクト」の1つであり、「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業」として実施された。英国側の取りまとめとなるグレーター・マンチェスター合同行政機構（Greater Manchester Combined Authority, 以下、GMCA）とNEDOの間で実証推進の協力協定を締結し、住宅公社や大学など現地関連事業者と日本側コンソーシアム（NEDO・日立製作所・ダイキン工業・みずほ銀行）との共同で実証が行われた（図1）。

実証の中では、断熱施工された公営住宅へのヒートポンプ（以下、HP）機器の導入や住民の生活環境に配慮したデマンドレスポンス（以下、DR）技術の導入、英国の電力取引市場に対応したアグリゲーションシステムの構築と効果検証が行われ、この過程でいくつかの重要な示唆が得られている。

本ケーススタディでは、本実証の取り組みを通して得られたスマートコミュニティ関連技術に対する示唆や実証の社会的意義について取りまとめる。

## 2. 英国における低炭素化の取り組み

世界的な低炭素化の流れに先駆け、英国では2008年に「The Climate Change Act」が制定され、2050年までに1990年時と比較し80%の温室効果ガスの排出を削減することが宣言された。2016年までに約42%の排出量削減を達成するなど、その手法は温暖化対策に取り組む世界各国のロールモデルとなっている。

今後の注力領域として考えられているのが暖房分野における低炭素化の推進である。冬季の気候が厳しい英国では、住宅部門・商業部門における熱需要による温室効果ガスの排出量が英国全体の約1/3を占めている。主に使用されている熱源はガスボイラーであり、英国のガス消費量のうち、約40%が家庭向けの暖房・給湯需要向けに利用されている。北海油田・ガス田での生産量減少に伴い、石油・天然ガス価格が高騰しているという背景もあり、2050年の目標達成に向けて、こうしたガス給湯・暖房設備をHP等の電化設備へと置き換えていくことが検討されている。家庭部門向けには2014年に「Renewable Heat Incentive（以下、RHI）」が開始され、バイオマスボイラーや



図1 実証体制

HP、太陽熱パネル等、再生熱システムの導入に対し補助金が適用されるなど、政府からの支援策が提供されている。本実証では、公営住宅のガス給湯・暖房設備をHPと置き換えることで低炭素化を実現しているが、HPの導入により家庭部における電力使用量は増加することとなる。特に冬季における朝方・夕方などHPの電力消費量が増加する時間帯では電力需要のピークが発生し、送配電網に負荷をかけることが懸念されている。将来的にはEVの普及等、更なる電化の推進も想定されており、低炭素化目標の達成に向けては、電化により負荷が大きくなったピーク時間帯のシフト・平準化が重要な検討課題と考えられている。

### 3. 本実証における取り組みの概要

本実証は、マンチェスター広域市の3地区(マンチェスター、ベリー、ウィガン)で実施した(図2)。



図2 マンチェスター広域市での実証地

英国のエネルギー政策の下、マンチェスター広域市においても家庭部門の給湯・暖房エネルギーの低炭素化が進められており、政府による補助金政策や地方政府、産業界への推進義務を後押しとし、ガスボイラーからHPへのリプレースが本格化しつつある。一方でHP普及に伴い懸念される電力負荷増加・偏重への対策が新たな課題と考えられており、需給調整能力強化のためのDRサービスや需要家側の電力需要の集約と一括取引・運用を行う電力アグリゲーションへの注目が高まっている。

本実証では、このような背景に基づき、以下の3つのテーマに基づき実証を行った(図3)。

- テーマ1: HP導入実証
- テーマ2: アグリゲーションシステム実証
- テーマ3: ビジネスモデル構築

テーマ1では、550軒の実証対象住宅に対し複数の方式のHPを導入、入居者の利用による長期間の運用と十分な保守・修理サービスを提供し、HP導入の有効性を実証することが目的である。現状でHPの普及が進んでいない英国においては、対象住宅の構造や配電容量の地域差の把握、HPに対する入居者の認知など様々な課題や制約条件が存在する。これらの条件のもと、計画的にHPを導入する体制を構築・運用し、複数方式のHP導入工事スキルを備えた技術者を育成するなど、実証事業後のHP普及を考慮した実証が実施された。

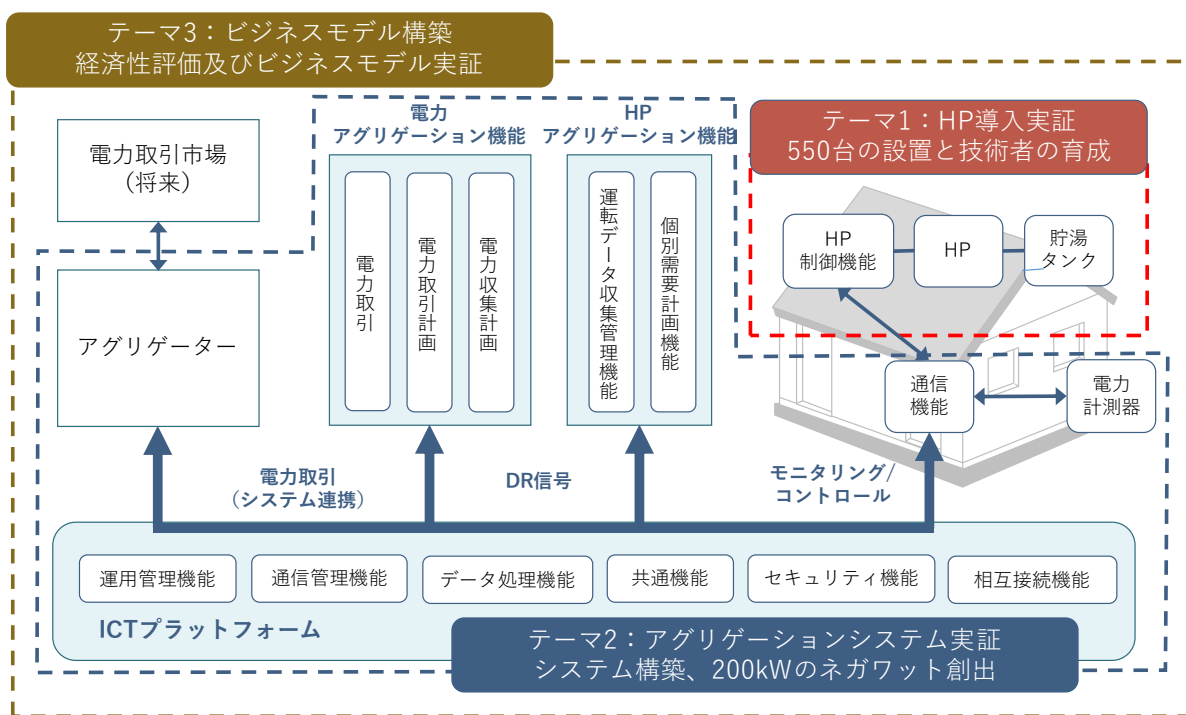


図3 本実証の取り組み概要

テーマ2では、テーマ1で導入した550台のHPを集中制御するHPアグリゲーションシステムの構築に加え、英国の電力市場での取引を考慮した電力アグリゲーションシステムを構築し、小口需要家のHPを制御・集約して得られる負荷調整能力が、英国の電力取引市場における需給バランス調整能力として利用可能なレベルで提供可能であることを確認した。

具体的には実際の運用において想定される各ユースケース(1~7)に対し、アグリゲーションによる負荷調整能力が電力市場の取引要件を満たす範囲で運用可能かを550台のアグリゲーションから得られた実際のデータより確認した。

テーマ3では、英国における電力市場の状況や特性を把握した上で、テーマ1・テーマ2で実証した小口アグリゲーションビジネスを実際に事業化する上で考えられるビジネスモデル(事業実施主体、ファイナンススキーム等)の評価・決定と、各モデルにおける事業収益等のシミュレーションが実施された。

次章以降では、各テーマの実施内容や実証結果、成果について取りまとめる。

#### 4. テーマ1：HP導入実証

テーマ1ではマンチェスター広域市の3地区における公営住宅に対し実際にHPを導入することで、導入時の課題を明らかにし、本格的なHP普及に向けた貴重な示唆を得ることができた。

HPの導入については、Wigan Council (以下、WALH)、Northwards Housing (以下、NWH)、SIX TOWN HOUSING (以下STH)の住宅公社3社との連携に基づき実施された(表1)

表1 住宅公社の担当地区と導入実績

住宅公社	担当地区	HP導入実績
WALH	ウィガン	307台
NWH	マンチェスター	153台
STH	ペリー	90台

#### 4.1. HPシステムの構成

本実証では、日立空調欧州製のHPが10台、ダイキン工業製HPが540台導入された。日立空調欧州製は全て熱源と冷媒/温水の熱交換ユニットが分離されるLT Split型である。ダイキン工業製は、LT Split型231台に加え、熱源と熱交換ユニットが一体化されたMonoblock型が169台、HPとガスを併用するGas Hybrid型が117台、LT Split型及びMonoblock型HPに蓄熱タンクを追加したものを23台導入している。

公営住宅には室外機・熱交換ユニット等のHP設備に加えて、暖房用ラジエータ、ブロードバンドルーター(以下、BBR)、DRコントローラー等が設置された。(図4)

DR発動時には、HPアグリゲーションサーバーよりブロードバンド回線を用いて制御信号がDRコントローラーに送信されHPのON/OFFを実行する。

実際には、図4の構成に加え、住宅内の電力消費状態をモニタリングしICTプラットフォーム(以下、ICT-PF)と送信するホームゲートウェイ(以下、HGW)やスマートメーターが同時に設置される。

#### 4.2. HPの導入・施工

HPの導入工事については、公共事業におけるEU指令に基づき入札を実施した結果、Warmer Energy Services(以下、WES)が工事事業者として選定された。

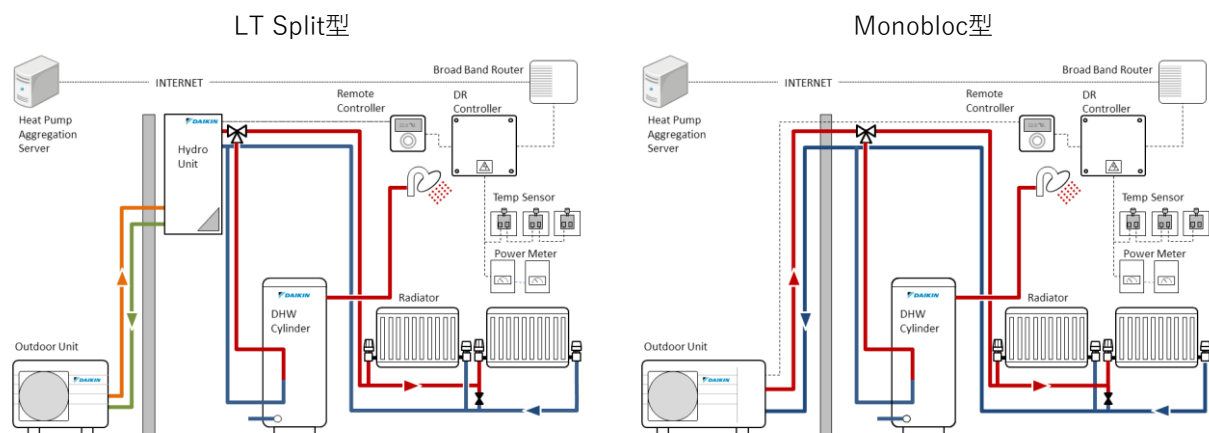


図4 LT Split型 / Monoblock型のシステム構成

WESにはダイキンUKより、HPの施工及びコミッションングに関するトレーニングを実施した。トレーニングは全9回開催され、35人の技術者に対し座学及びトレーニングルームでの訓練が提供された。(図5) HPが本格的に普及していない英国においては、HPを施工できる技術者が不足しており、本実証での導入はもちろん、将来的な普及に向けて35名もの技術者を養成できたのは、大きな成果と考えられる。



図5 ダイキンUK事務所でのトレーニング風景

HPを設置する住宅の選定や住民との交渉は住宅公社が窓口となり推進した。交渉においては住民とのコミュニケーションが非常に重要であった。住民の多くがHPやDRに対する前提知識を持ち合わせていないため、本実証の意義・目的の説明は複数回にわたり時間をかけて実施された。図6に示すパンフレットは住宅公社が住民説明用に作成したものである。

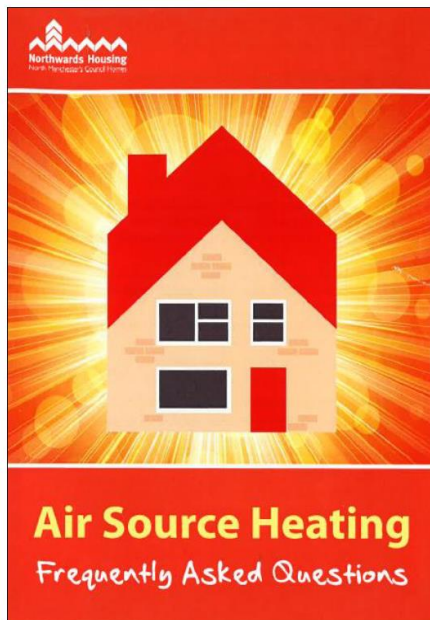


図6 NWH作成の住民説明用パンフレット

上記の活動にも関わらず、住民のHPやDRに対する理解が不足していたことから、実証参加者の勧誘は非常に難航した。最終的にはダイキンUKエンジニアの協力等により、十分なDR結果を集約可能な550軒の参加を取り付けることができた。勧誘

における工夫・ノウハウの詳細についてはKey Findingsにて後述する。

実証への参加を了承した住民の物件には、まずは現地調査を実施し、断熱性能や部屋数、容積、居住者の人数等から適切な暖房設備の容量を設計している。本実証ではHPの暖房効果を適切に確認する必要があったことから、一定の断熱性能を保持する物件に絞ってHPの導入が進められた。

現地調査による設計に基づき、日立製作所・ダイキン工業よりWESへ導入設備が供給され工事が開始された。(図7)



図7 室外機設置の様子

1軒あたりの工事日数は2~3日間で計画された。WESの施工が終わった後、ダイキン工業のエンジニアがコミッションングを実施することで導入完了となる。想定外の事象によりキャンセルが発生したり工期内に工事が完了しない、コミッションングで施工不良が発見される等の事例は散見されたが、最終的には無事550台の導入が完了した。

### ～ Key Findings ～

#### 英国におけるHP導入のケーススタディ

本実証では550台のHPを実際に導入したが、英国で大規模にHPが導入された初めての事例であったため、導入に係る様々な気づき・教訓を得ることができた。

1つめの気づきは、配電事業者(以下、DNO)との情報共有の大切さである。本実証においても住民から実証参加の了承を得ていたものの、マンチェスター地区のDNOであるElectricity North West(以下、ENW)の事前確認の結果、配電網への安全優先で対象外とした物件も数軒、存在した。DNOとの連携の大切さは、ダイキン工業の三上浩英氏のコメントからも伺える。

#### ダイキン工業 三上浩英氏のコメント

DNOはHPが短期間に急増すると配電網の容量が逼迫することを懸念していた。HP機器の特性を踏まえて相互で検討を重ね、ENWは本プロジェクトでのHP導入に優先的に協力してくれた。それでも特定地域に集中的にHPを導入することでブラックアウトなどの問題が発生しないか我々としても関心があったため、550軒全てENWの「許可」を取って設置した。他地域でも同様の関心があると推察されるが、今回のENWとの綿密なやりとりは英国でのHP普及促進の一歩となるのではないかと。

2つ目の気づきは、住民の暮らしに適応したテクノロジー採用である。今回、電力消費量の収集及びHPの制御には有線によるインターネット回線を利用したが、LANケーブルが住民によって抜かれたり、BBRの電源が切られたりする事例が発生した。特に高齢者にとっては、BBRやLANケーブルの運用に馴染みがないことが要因の1つと考えられる。注意しても複数回事を繰り返す住民に対しては抜去防止機能付きのLANコネクタを採用した。スマートシティやDRの実証という最先端のテクノロジーの導入にのみ関心が集まりがちであるが、実際に現場へと導入していくには、上記のような住民の暮らしに合わせた適切な工夫・テクノロジーの採用が必要であると感じた。GMCAのMark Atherton氏も以下のように語っている。

**GMCA Mark Atherton氏のコメント**

家庭部門向けのサービスに必要なのは高度な技術だけではない。例えばLANケーブルを住民が抜いてしまうことが多数あったが、高齢者を中心に就寝前に配線は全て抜くような習慣があり是正することは難しい。そうした場合に住民を説得するだけでなく、技術的に抜けにくいLANコネクタを採用するなどの対応も重要である。このように高度な技術と住民の周辺を支える技術の組み合わせが重要であることがわかった。技術と住民がお互いに邪魔をしないように適切にサービスを設計しなければいけない。

3つ目の気づきは、住民への説得・啓蒙の重要性である。前述のとおり、多くの住民にとってDRやHPは馴染みのない技術であり、実証の趣旨を理解し参加を了承いただくことは難しかった。また、実証に参加した住民においても、HPの使用法がこれまでのガスボイラーとは大きく異なるため、適切な使用

方法を理解できず、細かくON/OFFを繰り返すことで、十分な暖房性能を得られなかったり、光熱費が高くなってしまったりという事例が見られた。図8は設置時期ごとのHPシステムへの満足度調査結果である。設置時期が早い住民ほどHPシステムへの満足度が高いという傾向が見られる。このことから、HPへの理解を深め、適切な使用方法を習得するにはある程度の時間を必要とすることが伺える。

正しい使用方法を習得した住民の中からは、光熱費が削減できた、快適性が増した等、HPに対するポジティブな意見もあがっている。ダイキンUKが作成したケーススタディで紹介されているDeborah Stevens氏(図9)のコメントが印象的であるため下記に紹介する。彼女の住宅はダイキン工業製のガスハイブリッド型HPと太陽光パネルが導入されたことにより、快適性を維持しながら月々のガス料金を半分以上にすることができた。

**Deborah Stevens氏のコメント**

室内は常に暖かくしたかったので、快適さのためなら光熱費を気にしたこともなかった。再生可能エネルギーやHP技術についてほとんど知らなかったがこの結果には大変驚いた。今では、家族や友人にもHPシステムの導入を勧めている。



図9 Deborah Stevens氏

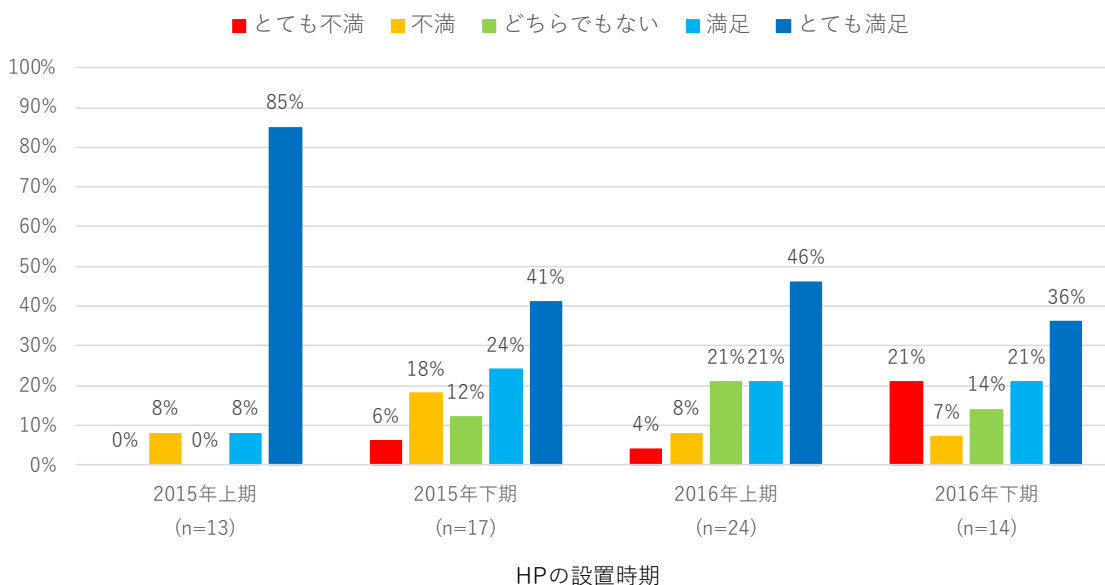


図8 設置時期ごとのHPシステムへの満足度

このように英国での本格的な HP 普及に向けては、本実証は貴重なシミュレーションの機会となった。今後の HP 普及に対する期待について、NMH の Elliot Simm 氏は次のようにコメントしている。

**Elliot Simm 氏のコメント**

本当に大変な実証であったが素晴らしい結果を得られた。次のステップとしては、本実証の成果やフィードバックを整理し住民にアピールしていくことを考えている。こうしたデータやフィードバックは他の地域での HP 導入を後押しするだろう。

**5. テーマ2：アグリゲーションシステム実証**

テーマ2ではテーマ1で導入した550台のHPを統合制御するHPアグリゲーションシステム(日立空調欧州製のHP10台はHEMSアグリゲーションシステムを通じて制御)、アグリゲートした負荷調整力をもって電力市場等と取引を行う電力アグリゲーションシステム、及び各システムを稼働させる上での全体基盤であるICT-PFの構築が実施された。(図10) また、実際の運用において想定される7種のユースケースに対して、取引可能なレベルで負荷調整力が提供できるかの検証が実施されている。

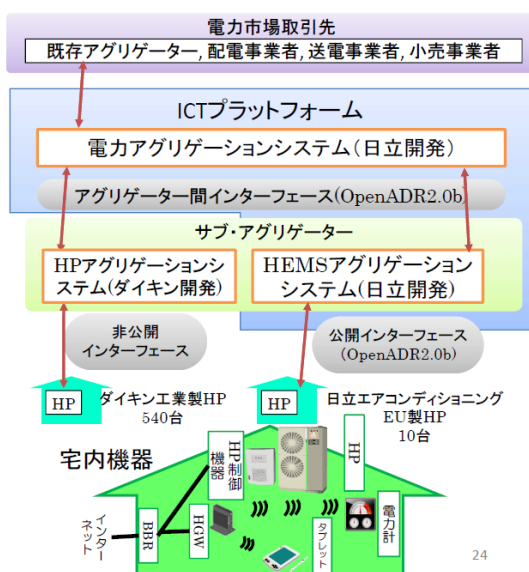


図10 アグリゲーションシステムの全体像

**5.1. アグリゲーションシステムの構築**

アグリゲーションシステムの構築については、HPアグリゲーションシステムはダイキン工業、その他システムについては日立製作所が担当し、実際の作業については両社で情報共有しながら進められた。システム間の通信については、日本国内でも

使用されているDRのデファクトプロトコル「OpenADR2.0b」を採用している。また、英国における個人情報保護に関する規定「General Data Protection Regulation (GDPR)」に対応した他、実際の電力市場やアグリゲーターとの接続仕様への対応、将来的な導入数拡大を想定し9,000台のHPが接続しても動作可能とするなど、実証後の運用までを想定したシステム仕様で設計されている。

単体でのHPは間欠的なON/OFF動作を繰り返すが、これらをHPアグリゲーションシステムで統合制御(アグリゲーション)することで、全体として安定的にまとまった容量が確保できるDRリソースとして有効であることが確認できた。図11に記すように朝夕2回のピークタイムにアグリゲーションによるDRを実施することで消費電力量の抑制が見られる。

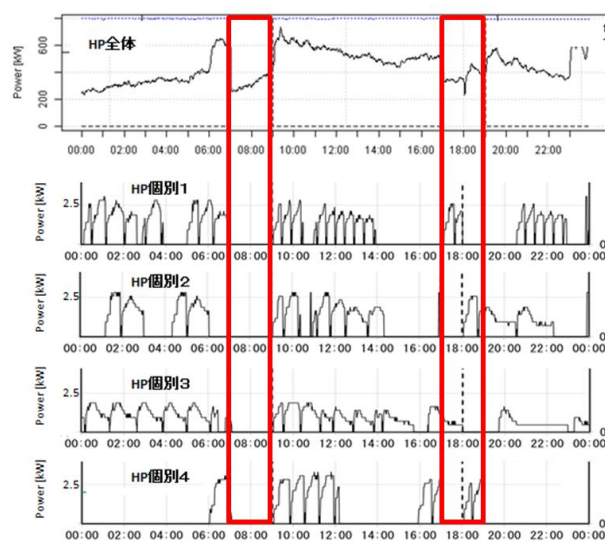


図11 アグリゲーションの効果イメージ

**5.2. 電力アグリゲーションのユースケース**

電力市場取引先と負荷調整力を取引する電力アグリゲーションの実証においては、取引先となる既存アグリゲーターであるFlexitricity社との連携調整、及び今回は直接連携を行わない電力市場取引先との取引についても疑似取引の実証を実施するなど、図12の7種のユースケース(以下、UC)に対して取引可能なレベルで負荷調整力が提供できるか検証された。

UC1~3については、Flexitricity社が商用で利用しているPCを持ち込み実取引と同じ環境にてシステム接続を実施した。UC4~7においては、エミュレーターを作成し擬似的な接続を検証した。いずれのUCでも実証実験として接続の確認を実施することが目的であり、金銭の取引が発生する実取引は実施していない。Flexitricity社とのシステム接続では、DR量・レスポンスタイム・持続時間が実取引としてのレギュレーションを満たすことが確認できた。

擬似トランザクションで実証

エミュレーターで実証

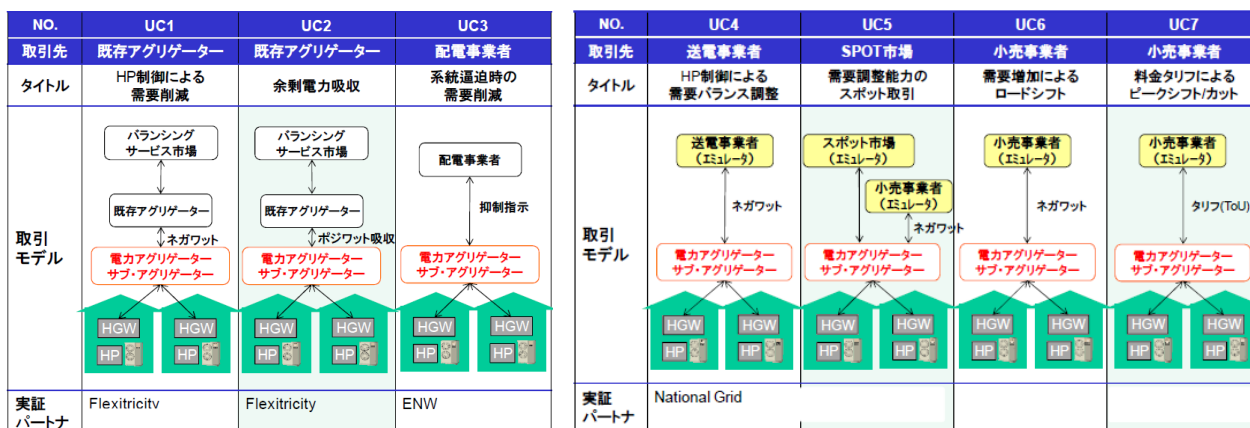


図 12 電力アグリゲーションの UC

5.3. 電力アグリゲーションの結果

電力アグリゲーションシステムによる DR 実証は 2015 年 10 月から 2017 年 3 月の 18 ヶ月間にかけて、7 種の UC の合計で 299 回実施された。各ユースケースの評価についてサマリーを表 2 に示す。

表 1 各 UC の評価

UC	指標	目標(目安)	評価	備考
1	DR量	200kW	○	144件にて200kW超のDRを達成。レスポンスタイムは全件で6分以下、持続時間も全件が30分以上を達成している。
	レスポンスタイム	12分	○	
	持続時間	30分	○	
2	DR量	(100kW)	△	レスポンスタイム、持続時間については全件が目安を達成。DR量についても26件が100kWを達成するが、時間分布の偏りがあり制御方式に課題あり。
	レスポンスタイム	(12分)	○	
	持続時間	(60分)	○	
3	DR量	(200kW)	○	144件にて200kW超のDRを達成。持続時間も92%が60分を達成しており実用レベル。レスポンスタイムはDNO要求の60秒を達成したのは7件のみ。
	レスポンスタイム	(60秒)	△	
	持続時間	(60分)	○	
4	DR量	(200kW)	○	144件にて200kW超のDRを達成。実際の取引要件は3MW以上であるため対象軒数が増加すれば達成見込みあり。
	レスポンスタイム	10分	○	
	持続時間	(60分)	○	
5・6	DR量	(200kW)	○	65件にて200kW超のDRを達成。レスポンスタイムは全件が12分を達成。持続時間120分と達成できたのは24%のみ。
	レスポンスタイム	12分	○	
	持続時間	(120分)	△	
7	シフト時間	(60分以上)	○	HP運転時間削減、350Wh/軒以上のシフト量を達成。コスト差は全ての時間帯で負の値であり、ピークシフトと共にコスト削減されたことを示す。
	シフト量	(350Wh/軒)	○	
	コスト差	負の値	○	

当初のビジネスモデルとして有力とされる UC1 で基準となる DR 量 200kW を 144 回達成するなど、全ての UC において当初目標とした指標 (DR 量・レスポンスタイム・持続時間) を 1 回以上達成している。

レスポンスタイムについては、全体の平均が約 2.3 分であり、550 軒もの小口需要を制御した DR の事例として特筆すべき成果である。これは UC1 の取引要件である 12 分をクリアしており、実取引に十分活用可能なレベルと考えられる。UC3 については DNO より 60 秒以内のレスポンスタイムを求められているため

更なる改善が必要となるが、60 秒というレスポンスタイムが適切かという点についても今後 DNO と協議が必要である。

また、持続時間については 100% が 30 分を達成、60 分の達成は約 92%、120 分の達成は約 8% となっており、実運用としては 60 分以内での取引が現実的と考えられる。(図 13)

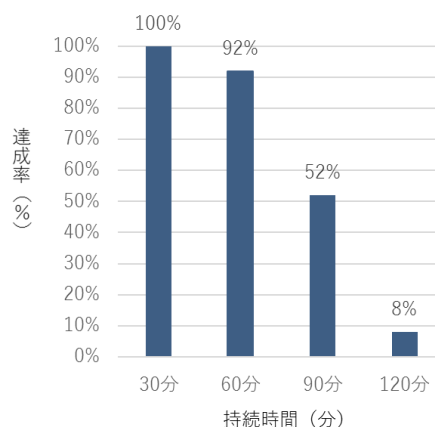


図 13 持続時間ごとの達成率

~ Key Findings ~

実際の電力取引に対応したアグリゲーションシステムの構築

本実証の大きな成果として、HP のような小規模リソースを 550 軒もの住宅に設置し統合制御することで、実際の電力取引の要件に対応した DR 効果 (DR 量・レスポンスタイム・持続時間) を達成したことがあげられる。2017 年 11 月にマンチェスターで開催された成果報告会では、ダイキン工業の三上浩英氏、日立製作所の築島隆尋氏より、実際の DR データを発表しながら、その成果について以下のように報告されている。

**三上浩英氏、築島隆尋氏のコメント**

今回の実証では、DRの削減効果がグラフ上に綺麗に確認することができた(図11)。ここまで明確にDR効果が得られることは非常に珍しい。また、成果としても目標とした200kWを安定的に実現できた他、レスポンスタイムの平均は2~3分とNational Gridの取引要件を満たしており、実際の電力取引に対応可能なレベルということができる。

また、実際の電力取引のシミュレーションとして、既存アグリゲーターであるFlexitricity社が実際に取引で使用する機器とアグリゲーションシステムを接続することで、接続仕様等の技術情報に加え、メンテナンス方法や運用ノウハウなど、実際の運用フェーズを意識した情報を入手することができたことも成果の一つである。

本実証では、アグリゲーションシステム間や取引先との通信規格としてOpenADR2.0bに準拠した通信フレームワークを提供するなど国際標準化を意識して設計されている。本実証のユースケースは英国の商取引に対応したものと非常に有益との評価を得ており、SGTEC(需要設備向けスマートグリッド実用化技術調査専門委員会)やIEC(国際電気標準会議)等で検討されている国際標準化への貢献も考えられる。

**住民に負荷をかけないDR制御の実現**

本アグリゲーションシステムの特徴の一つとして、DR制御により急激に室温を低下させないよう配慮したFail Safe機能を備えていることがあげられる。具体的には、DR制御開始から室温が2℃以上低下してしまった場合には、自動的にDRから離脱(OptOut)するという機能である。また、DR制御開始時に室温が18℃未満の住居においても、DR制御を実施しない(開始と同時に離脱する)、DR制御中に住民によるリモコン操作があった場合にも、DRから離脱し、リモコン操作を優先するシステム設計としている。この機能の効果について、日立製作所の築島隆尋氏は次のようにコメントしている。

**築島隆尋氏のコメント**

自動的に離脱する機能のおかげで、約90%の住民はDRが実施されたことに全く、もしくはほとんど気づくこともなかった。トータルの離脱率は10%前後であったが、その多くは外気温が低いため、DR開始時に自動的に離脱するケースで、住民が自ら離脱を選択するケースは少ない。

住民はリモコンを操作することでDR制御から離脱することが可能であるが、HEMSが提供された住宅においては、タブレットに表示された画面(図14)を操作することで、HPを再稼働させることが可能である。

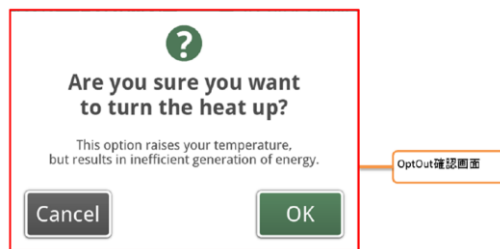


図14 DR制御離脱の確認画面

図15は2017年1月27日午前中に実施されたDRにおける離脱数の推移である。DR開始当初は364軒が参加していたが、120分間の持続時間の間に151件が離脱する結果となった。そのうち大半はFail Safe機能による自動離脱である。制御開始5分以内の離脱は外気温が18℃以下であったため自動離脱されたものである。

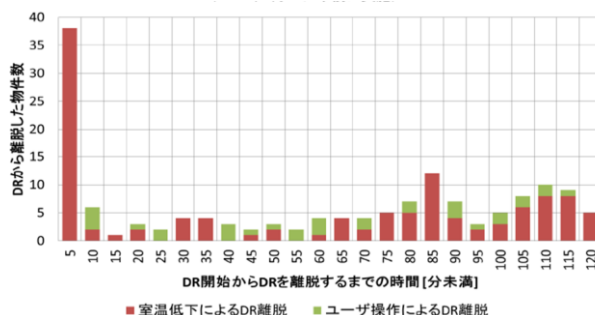


図15 2017年1月27日午前のDR離脱数推移

このように温度低下と連動したFail Safe機能が具備されていることで、DRによる住民への負荷を低減することができている。GMCAのMark Atherton氏は、Fail Safe機能があることが住民のDRへの満足度が高い要因であると考えている。

**Mark Atherton氏のコメント**

DRの目的を理解し、自分でコントローラーを触らず、制御を信じて任せている住民ほどDRへの満足度が高いことがわかった。制御されるだけではなく、自らの選択により離脱する権利があるということも、住民の満足度が高い要因であったと思う。

室温が下がると自動離脱することもあり、実証期間中、DRが実施されたことに、全く気づかない住民も約70%存在した(図16)。実証前には住民からDRに対して不安を感じる声もあったが、実際にはFail Safe機能が効果を発揮し、住民に過大な負荷をかけることなく、実際の電力取引に適用可能なDRを実践できたことが、本実証の大きな成果である。



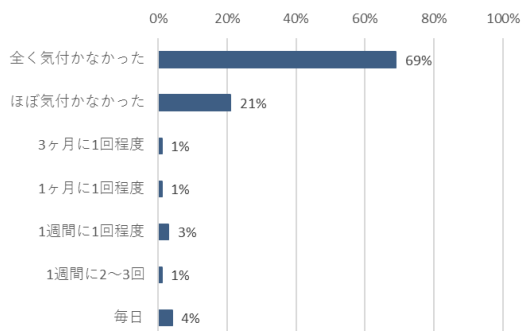


図 16 DR の実施に気づいた頻度

## 6. テーマ3：ビジネスモデル構築

テーマ3では、みずほ銀行が主体となり、テーマ1及びテーマ2においてHPやDRを実際に運用することで得られたデータを事前に実施された実現可能性調査での経済性評価に反映することで、事業採算性の評価・検証を実施している。テーマ3では、英国における電力市場の状況や特性を把握した上で、テーマ1・テーマ2で実証した小口アグリゲーションビジネスを実際に事業化する上で考えられるビジネスモデル(事業実施主体、ファイナンススキーム等)の評価・決定と、各モデルにおける事業収益等のシミュレーションが実施された。

### 6.1. HP普及に関する検討

HPの普及に向けて、一番の課題となるのは高額な導入コストである。機器コスト/設置コストを合わせると、従来のガスボイラー(GB)の導入コストに対し2~3倍のコストが必要となってしまう、普及が進まない要因となっている。

HPの導入に関しては、実際の導入コストに加え、家庭部門の再生熱システムへの移行を促す補助制度であるRHIによる補助金支給(7年間)も含めて評価する必要がある。これまではRHIによる補助金を含めてもGBの導入コストよりHP導入コストが高額となっていたが、2017年4月にRHIの再生熱買取単価が約33%増額されたことから、電気式HPに関しては、補助金込みであれば7年間の総額でGBの導入コストとの差額を回収できる可能性があることがわかった(図17)。ガスハイブリッド式HPについては電気式HPと比較し再生熱の買取量が少なくなるため、新たな再生熱買取価格であっても、GBの導入に対し約1,000GBP高額になってしまう。

この試算にはHPを導入したことによる光熱費の削減効果は含めていない。本実証では6割程度の住民が光熱費を削減できたと回答している。大幅な機器コスト/設置コストの低減も導入数が少ないうちは期待できないため、当面はRHI等による政策

的な後押しが普及には必要である。RHIは2020年に新規受付を終了する予定であり、HPの継続的な普及拡大には、RHIの延長や他の支援策の新設が不可欠と考える。

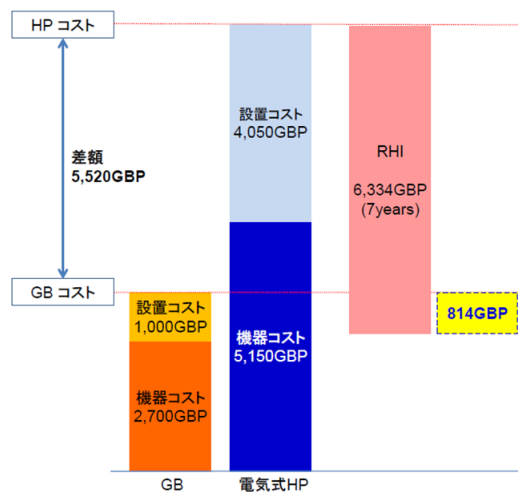


図 17 ガスボイラーとの導入コスト比較(電気式HP)

### 6.2. 家庭向けDRアグリゲーションビジネスに関する検討

英国では、再生可能エネルギーの導入拡大に伴う系統負荷の低減を目的として、DRによる電力取引(ネガワット取引)が既に実施されており、アグリゲーターや電力小売事業者へのヒアリングでは、将来的にDRの市場規模は拡大していくと想定される。一方で、現時点においては、DRのリソースとしては産業・業務部門が想定されており、HPなど家庭部門の小口リソースを対象としたDRについては経済性の観点から実用化には数年を要すると考えられている。そのため、家庭向けDRアグリゲーションビジネスの普及を検討する際には、産業・業務部門向けのDRの普及状況や家庭部門向けエネルギー関連サービスの動向等を注視していくことが重要と考える。

英国の冬季ピーク時間帯(15:00~19:00)における部門別電力消費量の部門別内訳を見ると、その半分を家庭部門が占めていることがわかる(図18)。このことから、家庭部門へのDR適用には大きなポテンシャルがあることが伺える。本調査でも確認できたとおり、家庭向けDRアグリゲーションビジネスの展開には、アグリゲーションに必要な機器の導入コストの他、住民への説明・認知向上・アフターフォロー等に課題が存在する。実際には、自治体等の地域の事業者と連携が不可欠であり、エリアを絞ってスモールスタートしながら、ノウハウを蓄積していくことが必要である。また、現状は3MW以上となっている、Short Term Operating Reserve(以下、STOR)の取引下限量を引き下げるなど、小口DRリソースの取引量拡大に資する電力市場の改革等に資する提言も有効と考える。

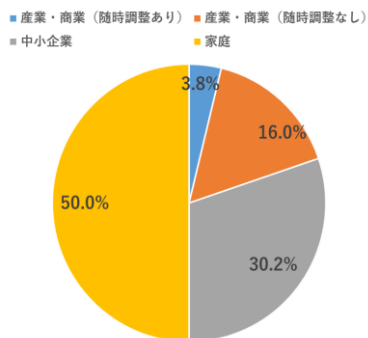


図 18 冬季ピーク時間帯の部門別電力消費量 (2010年)

### 6.3. ビジネスモデルの総合評価

家庭向け DR アグリゲーションビジネスの導入時期について、アグリゲーターや電力小売事業者等へのヒアリングでは、家庭向けスマートメーターの設置完了日処とされる 2020 年前後が指標となるのではとの意見が多かった。そのためビジネスの展開ステップを考える上では、まずは需要家の獲得が比較的容易である公共住宅や公共施設の DR アグリゲーションから事業を開始し、一般家庭へと拡大していくことを想定する。また、UC1 と UC4 (STOR のみ) 以外のユースケースは電力アグリゲーションの実証結果や関係者のインタビュー結果から実現性の議論が難しいと考えており、経済性評価では上記 2 つの UC における収支モデルを基データとして採用している。

この導入シナリオに基づいた収支予測が図 19 である。家庭用 HP のアグリゲーションビジネスを成立させるには、多数の HP を DR プログラムに参加させることが鍵となる。マンチェスター広域市 (GM) 域内だけでは、HP を導入できる家庭数が限られるため、損益分岐点である 5.5~6 万台の HP を確保するには、GM 域外へ事業範囲を拡大し潜在的な HP 導入候補となる家庭数を増加させることが早期黒字化に向けて有効と考える。この試算結果に基づく 2025 年には単年度黒字化を達成する見込みである。

項目	前提条件
参加 HP	GM域内公共住宅 2030年までにGM域内公共住宅26万戸のうち約15% (約4万戸)にHPを導入、導入HP全てがDR参加し、100%のシェア獲得
	GM域内一般住宅 2030年までに全世帯の20%がHPを導入、うち30%がDR参加、うち50%のシェア獲得
	全英展開 2030年までに全世帯の約8.5% (230万戸)がHPを導入、うち30%がDR参加、うち30%のシェア獲得
電力取引	Availability 365回/年、2h/回、£0.00387/kWh
	Utilization 冬季: 155回/年、1.7h/回、£0.16978/kWh その他季: 98回/年、1.5h/回、£0.16978kWh

ビジネスモデルの検討にあたっては、まずは GM 域内で、GMCA 等の自治体と強く連携しながら事業を立ち上げていくことを前提に、図 20 に示すとおり、家庭向け DR アグリゲーション事業を行う新設会社「New Co.」を事業主体とし、上位アグリゲーターや National Grid (STOR 市場) と取引していくことを想定している。

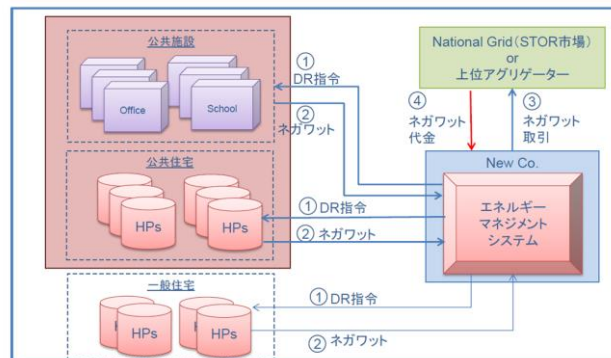


図 20 ビジネスモデルの概要

公共住宅や公共施設等の DR プログラムへの参加は自治体との連携が前提であり、また一般住宅への展開・関係構築についても自治体と一体となって進めている事業であるということが重要な要素である。長期的な温室効果ガスの排出量削減に貢献するという公共的な目的をもった事業であることから、自治体にとっても関与を明確とすることが望ましいと推察され、「New Co.」の設立については自治体との共同出資という形態も考えられる。

また、ビジネスモデルを評価する上で重要な点は、HP の普及速度である。図 19 の試算では、HP の導入コストは一般家庭が負担するものと考えており、試算結果には含まれていない。図 17 で示したとおり、現状の導入コストでは補助金 (RHI) 無しには HP の普及は進まないと考えられる。試算のとおり、5.5~6 万台以上の DR プログラムへの参加 HP を確保するためには、HP そのものの普及が拡大する必要があり、その為、2020 年以降も RHI 相当の HP 導入インセンティブが継続されることがキーマイルストーンとなる。

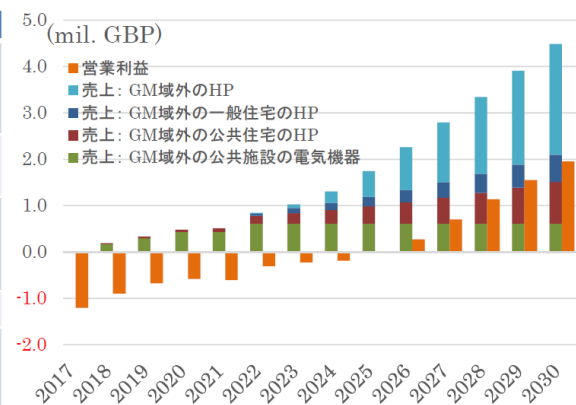


図 19 家庭向け DR アグリゲーションビジネスの収支予測

～ Key Findings ～

家庭向けDR アグリゲーションビジネスの課題整理

ビジネスモデルの検討結果としては、家庭向けDR アグリゲーションビジネスが本格化するのには2020年以降となったが、本実証の中で、実際のアグリゲーションに関するデータを取得・分析したり、アグリゲーター・電力小売事業者等のニーズを確認したりすることで、家庭向けDR アグリゲーションビジネスの具体化に向けた課題を整理することができた。

1つ目の課題は、DR リソースの拡大である。本実証の成果によりHPによるDR 取れ高を推計するモデルを構築したが、そのシミュレーション結果では、特に夏期において、DR 取れ高が下がり収入が減少することがわかった(図21)。このため、実際に事業を進める上では、DR リソースの多様化を進めることが有益と考える。

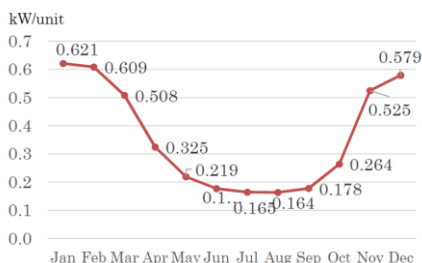


図21 HP1台あたりのDR 取れ高(推計値)

DR リソースとして有望と考えるものは、蓄電池と電気自動車(以下、EV)である。蓄電池は家庭用太陽光発電(以下、PV)との組み合わせによる普及が目立っており、蓄電池をDR リソースとしてアグリゲーションビジネスを行おうという事業者も見られる。EVについては現状はほとんど普及しておらず、蓄電池やHPよりも更に遅いタイミングでの普及となる可能性もあるが、英国でもガソリン車・ディーゼル車の新規販売が2040年以降禁止することが発表されており、将来的には有望なDR リソースとなる可能性も高い。

また、このようなDR リソースを活用したサービスを提供する事業者と連携して事業拡大することも選択肢の1つである。今回ビジネスモデル検討を担当したみずほ銀行の船橋泰晴氏は、DR リソースの拡大可能性について次のようにコメントしている。

船橋泰晴氏のコメント

実際のビジネス推進を考える場合は、現地の事業者との連携についても考慮しなければいけない。DR のビジネス化にはDR 単独ではなく複数サービスを組み合わせさせたシナジー効果の実現が重要ではないか。また、英国では大手電力小売事業者が市場の9割を占めているが、中小規模の小売事業者が差別化戦略としてDR ビジネスを展開することが考えられる。連携する先としてはリテール事業者が有望である。

2つ目の課題は、DNO 向けのビジネスモデルの検討である。テーマ1: HP 導入実証の説明でも述べたように、DNO は配電網の安定運用に向け、HP やEV の導入など電化の普及状況を注視しており、配電網増強への投資や投資繰り延べに向けたDR アグリゲーターとの連携について検討を開始している。マンチェスター地区のDNO であるENW のPaul Bircham氏は実証の成果、今後のDNO の在り方について、次のようにコメントしている。

Paul Bircham氏のコメント

HP やEV による電化が進むと家庭における電力需要パターンが大きく変わる。本実証でHP 導入による配電網への影響をシミュレーションできたことは貴重な経験となった。今後DNO には配電網全体を最大限効率的に活用していくオペレーターとしての役割が求められるようになる。HPに限らず、DR に対してインセンティブを付与していくことも積極的に検討している。

実際に米国ニューヨーク州では配電事業者によるDR 実証が実施されており、DR リソースを活用したピーク削減が配電ネットワークへの投資繰り延べにどの程度貢献できるか検証されている。今回の実証ではUC3にあたるビジネスモデルであり、このようなビジネスが実際に具体化するのであれば、家庭向けDR アグリゲーションビジネスの収益を更に改善する要因となりえる。DNO 向けビジネスモデルの可能性と課題について、みずほ銀行の船橋泰晴氏は、次のように考えている。

船橋泰晴氏のコメント

今後電化が推進されていく上で、DR による負荷調整はDNO にとって重要な要素である。一方で、投資繰り延べによる経済的便益をDNO やアグリゲーター、一般家庭といった関係者でどのように配分するかについては市場での合意形成に至るまで少し時間がかかると見ている。

7. まとめ

本実証で実施された3つのテーマについて、実施内容・成果・Key Findings を整理してきたが、実証に参加する関係者全てが強く連携し、550台ものHP を利用したアグリゲーションや家庭向けDR アグリゲーションビジネスといった新たなビジネスモデルの実現に向け、議論と工夫を積み重ねてきたことが非常に印象的であった。

実証事業の締めくくりとして、GMCA のAlex Ganotis氏は実証関係者への感謝と次の展望についてコメントしている。

**Alex Ganotis 氏のコメント**

本実証に関わった皆様にお礼を申し上げます。本実証ではたくさんの方の公共住宅の小口リソースを束ねることで DR が実現可能であることを証明できた。これは今度の低炭素化社会の実現に向けて大きな示唆となっている。

実証で終わらず、次のステップに進むためには、何ができたのか、何ができなかったのか適切に評価しなければいけない。

GMCA としてはマンチェスターを先進的な環境都市として世界に打ち出していくつもりであり、本実証の成果を活用し今後も取り組みを進めていく。

本実証ではアグリゲーションシステムなど最先端の technology も導入されたが、一般家庭部門も含めたスマートコミュニティの実現には、住民への普及・啓発活動等 non-technological な活動や工夫が、非常に重要であることが確認された。再生可能エネルギーの導入拡大・温室効果ガス排出量の削減に向け、日本や英国はもちろん、世界各国において一般家庭向け DR アグリゲーションビジネスの検討が進められていく見込みである。その際に、本実証で得られた知見・ノウハウが広く共有され活用されることを強く願っている。

**8. 謝辞**

本ケーススタディの執筆にあたり、ご協力を賜った築島隆尋氏、貝瀬泰輔氏、窪田敦之氏、鈴木健氏、新井裕氏（日立製作所）、三上浩英氏、中川浩一氏（ダイキン工業）、船橋泰晴氏、小野深恵子氏、西田拓哉氏（みずほ銀行）、Alex Ganotis、Mark Atherton、Tina Bugliosi 氏（GMCA）、Trevor Smith 氏（Wigan Council）、Elliot Simm 氏（Northwards Housing）、Pearl Ashton 氏（SIX TOWN HOUSING）、Paul Bircham 氏（Electricity North West）、Michael Parry 氏（Daikin UK）に感謝の意を表す。

なお、本ケーススタディは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託により作成されている。

**9. 参考文献**

- [1] NEDO, 「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業 英国・マンチェスターにおけるスマートコミュニティ実証事業」平成 26 年度～平成 28 年度 成果報告書 2017 年
- [2] BEIS, 「The Clean Growth Strategy」2017 年
- [3] National Grid, 「Future Energy Scenarios」2017 年
- [4] Daikin UK, 「Smart Communities Project Greater Manchester」2017 年