

戦略的創造研究推進事業
(社会技術研究開発)
平成30年度実装活動報告書

研究開発成果実装支援プログラム

「低エネルギー消費型製品の導入・利用ならびに
市民の省エネ型行動を促進するシステムの実装」

採択年度 平成28年度

実装責任者 吉田 好邦 (東京大学大学院新領域
創成科学研究科、教授)

1. 要約

1-1 電気代そのまま払いの事業スキーム

H29年度では、電気代そのまま払いの事業の主体となるエネルギー事業者（電力事業者）として、事業者Aと冷蔵庫の買い替えに関する連携を構築し、同社との連携において電気代そのまま払いについて試行的な事業スキームを構築した。具体的には、足立区を対象として、10年以上前に製造された冷蔵庫を保有する世帯を募集し、計21世帯について、冷蔵庫の電力消費量を計測し、その結果に基づいて最新の省エネ型冷蔵庫に買い換えた場合の、月々の電気代の節約額と、買い替えでの返済年数を求めた。そして、この結果を事業者Aと共有し、世帯ごとに買い替えにおける返済プランを用意した。

しかしながら、H30年度に実際に冷蔵庫の買い替えを行った世帯はゼロであった。第一の理由は、冷蔵庫の電力消費の計測機器の不具合である。21世帯のうち、12世帯は主幹電力消費から、家電ごとの電力消費量を推定する機器分離技術を搭載した計測システムを採用したが、冷蔵庫の消費電力の推定値に正確性を欠いていた。第二の理由として、事業者Aの提供する冷蔵庫のラインナップが少なく、また価格も高いことがあった。以上の結果から、事業者Aが本プロジェクトから撤退し、電気代そのまま払いの事業スキームの再検討が必要となった。

そのため、新規に古い冷蔵庫を所有する世帯を募集し、電力消費量の計測により買い替えの提案を行うという当初の予定を変更し、事業スキームの検討を優先した。結果として、事業者B（家電量販店）、事業者C（融資事業）との連携をする中で、貸し倒れの際の補填として国の予算確保の可能性があることを、プロジェクト関係者と行政担当者、地方自治体、事業者の間の協議の中で確認をした。

電気代そのまま払いの事業スキームの協議の中で、その社会実装に向けての課題は与信にあることが明確になっている。そのための方策として新たに検討すべき項目として

- (1) リスクの公的保証・分散化
- (2) 買い替えによる価値の付加

が挙げられた。

(1)のリスクの公的保証・分散化は、与信のリスクの管理拡大である。事業者Aとの連携解消も一例となるが、前年度までの事業スキームを検討する中で、貸し倒れのリスクへの民間事業者の評価はかなりシビアであり、少なくとも社会実装の立ち上げの段階においては民間事業者のみでの社会実装は困難であるとの感触を得ている。そこで国や自治体による公的な保証の仕組みができることが望まれる。具体的には東京都がオリックスを保証機関として実施している融資制度があり、このような仕組みを活用することを検討する。東京都のバックアップの仕組みに加えて、上述した国の予算によるバックアップの可能性もある。

次にリスクの分散化については、クラウドファンディングの可能性を模索する必要があることが示唆される。どの程度の関心を集めることができるか、ファンドの運営をどのようにするかなど課題は多いが、民間事業者以外からの資金調達としては最後の手段といえる。これについては、資金の出し手と家電の買い替えを行う消費者を直接つなげる仕組み（いわゆるCtC）を考える。個人情報や安全に隠匿した上で、買い替え者の情報（買い替える家電の価格、投資回収年数など）を提示した上で、資金提供者を広く募集し、提供者には一定の金利収入が得られる仕組みとする。やりとりをCtCとするのは、仲介者を入れない

仕組みとすることで、社会実装に近づける狙いがある。この仕組み自体はブロックチェーンを用いた再生可能エネルギーの売買で実証がされており、本事業にも適用の可能性がある。

(2)の買い替えによる価値の付加は、住宅の断熱改修のようにエネルギー費用の低減だけでなく、居住者の健康にも寄与する場合には、健康便益を貨幣換算して、導入のメリットとして陽に加算することである。冷蔵庫の買い替えでは電気代の節約がこれまでメリットとしていたが、新しい冷蔵庫の最新の機能を利用できる便益を貨幣換算することで、購入者の月々の返済額を増やすことの受容性が高まることが期待できる。また電気代そのまま払いでは返済にかかる期間が長すぎて与信ができないことへの対応として、月々の返済額を多少上乘せして、電気代そのまま払いよりも短期間で返済を完了することを、消費者に受け入れてもらうことも提案する。なお、その場合には電気代そのまま払いから「節電払い」のような名称変更が必要である。

1-2 省エネアドバイスの提示

H29年度に設置した電力計測器（インフォメティス社製）については、足立区の世帯の電力消費量の計測の正確さに疑義が生じたため、昨年度は計測機器を変更（エネゲート社製）して計測を行うことを試みた。ただし計測器の変更に協力の意思を示したのは2世帯のみであった。電気代そのまま払いの提案はできないものの、当該2世帯については新しい冷蔵庫への買い替えの投資回収年数を求め、その結果を省エネアドバイスレポートとして送付した。

下川町については、地元の燃料店からのリースの形で新しい冷蔵庫に置き換えるスキームと地元の電気店からの購入の形で冷蔵庫を買い替える2つのスキームを提案した。12世帯について電力の計測を行い、その結果、自主的な買い替えを含め、8世帯が新しい冷蔵庫に買い替えている。

一方で、冷蔵庫の消費電力の計測器を設置することなく、消費電力を推定することを試みた。具体的には、アンケート調査等で入手可能な情報のみで、年間電力消費量を推定し、一定の誤差範囲で電力消費量が推定できることを示した。あわせて実測を伴う推定方法の検討し、その推定誤差を減少させることが可能であることを示した。

また今年度は家庭のHEMSデータによる電力消費曲線の周期性に着目して、朝型生活へのシフトが省エネに寄与するかどうかの仮説の検証をおこなった。その結果、夏季では仮説が支持されたが、それ以外の季節では必ずしも朝型生活へのシフトが省エネに寄与しない可能性が示唆された。

またより社会実装に近づけるために、生活シフトを含めた省エネアドバイスの提示による、より能動的な行動変容を目指すため、そのひとつのオプションとして、クールシェアによる節電効果および健康増進効果の検討を行った。具体的には埼玉県上尾市内の団地をモニターとした実験を行った。省エネナビの設置、活動量計の装着、生活行動アンケートを実施し、外出時間が長くなるに従って、電力消費量が減少する傾向を確認できた。

1-3 他地域への展開

「電気代そのまま払いの事業スキーム」ならびに「アドバイス提示システム」の2つの実施項目は、当初の予定通り北海道下川町と東京都足立区において実施することを想定しつつ、これら二地域以外への本実装事業の展開も引き続き念頭においている。

2. 実装活動の具体的内容

2-1. 電気代そのまま払い

電気代そのまま払いによる家電などの導入には、与信リスクを主とする課題を克服する必要がある。一方で、ビジネスの将来のシーズとしての注目をする事業者もあり、環境問題への関心の高い地方自治体などと合わせて、スキームの構築について議論を重ねてきた。具体的には事業者として事業者B（家電量販店）、事業者C（融資事業）、事業者D（新電力）、事業者E（協同組合）、公的機関として、省庁F、自治体G、自治体H、自治体Iなどと検討を行った。事業者Cは融資をする立場として、事業者Bは販売の立場として冷蔵庫の販売において商品のラインナップを豊富にそろえることができる。事業者Eには組合員への情報提供により、家電の買い替えを促す役割が期待される。自治体などの公的機関には、スキームを取りまとめるだけでなく、省庁Fより可能性を示唆されたように民間事業者だけで事業が成り立つ前の段階において、必要に応じて貸し倒れリスクの補填を担う。

議論における論点は、第一にファイナンスである。売り切りでローンを組む場合、あるいはリースの場合にも、デフォルトリスクに備える金利・手数料をどのように下げるかが課題である。現在の家電のローン返済では、返済は長くて2年程度であり、存在する最長の返済期間5年とした場合の金利・手数料相当額は非常に大きくなる。型番を限って安く調達し、金利分も内数として見せるというやり方はあり得るが、多様なラインナップを消費者に提供する場合には難しい。

このような現状を踏まえ、今年度の検討では、環境省のエコリース促進事業の利用が提案された。エコリース促進事業は低炭素機器をリースで導入した際に、リース料総額の2～5%を補助する補助金制度である。リース料金をエネルギー費用の削減で充当できれば、電気代そのまま払いの枠組みにはめることができる。ただし現在のエコリース促進事業では、家電が対象外となっているため、制度の変更が必要である。家電などの小口が対象外なのは、実際に引き受け手がないことである。そのため機器コストの最低額が60万円となっており、現在では家庭の冷蔵庫は対象外となっている。要するに実現への課題が、貸し倒れリスクであるため、何らかの保証制度を導入することが必要となる。そのために、東京都の中小企業制度融資の利用が、本プロジェクトのスキームに応用が可能な例として提起された。この制度では、公的機関である東京都が一定の保証をすることにより、オリックスをはじめとする金融事業者が中小企業に融資をすることを促進するものである。具体的にはデフォルトリスクの80%を東京都、残り10%ずつをオリックス（保証会社）と金融機関にてシェアしている。

冷蔵庫の買い替えのスキームにこの融資を適用する場合の試算をする。1件あたりの価格を10万円とすると、10万世帯とした場合の総費用が100億円、デフォルト率を4%でのデフォルト額が4億円、公的な保証の割合が80%であれば3億2000万円が必要となり、1件あたり約3200円が世帯あたりのデフォルトリスクとなる。ただし、これには事務的な運用コストは考慮していないことに留意する必要がある。

このように融資のリスクを抑えた公的な保証の下でリースの受け手を立てることが可能となるが、現実には事業として収益が小さければビジネスとして成立しない。そのためには以下に述べるような買い替えに参加する需要の数を増やすことが必要である。自治体G、自治体H、自治体Iを合わせると300万世帯であり、このうち環境省の調査により約25%が15年以上冷蔵庫保有と仮定する。冷蔵庫1台が10万円とすると10万世帯規模で100億円程度

となる。グリーンボンド発行の目安が10億円といわれており、買い替え需要の見通しが明るくなれば実現が可能な規模となっている。逆に少なくともこのくらいの規模が必要であるともいえる。

第二の議論の論点は、買い替え需要をいかにして確保するかという問題である。インセンティブを活用して、買い替えを希望する人が自ら手を挙げる仕組みが望ましい。英国ではMy Dataという取り組みが過去にあり、家庭の家の間取りや家電の情報を登録すると、省エネ提案を提供するというものである。このようなプラットフォームの整備を検討したい。さらにアプリ化の進むうちエコ診断や、東大で開発した省エネ家計簿アプリ、しんきゅうさん（環境省のウェブサイト）などがプラットフォームの候補となる。

将来的な取組みとして、冷蔵庫の型番などを登録する情報バンクがある。家庭が使用家電の型番などの情報を情報バンクに登録し、これを購入した企業が販促や開発に利用する枠組みである。家電の買い替えの需要の探索にも活用は可能である。

家庭だけでなく賃貸住宅や、古い旅館、ホテルも可能性がある。賃貸オーナーに対する枠組みを考え、インセンティブを付けることで、エコで快適な賃貸物件を増やすことはあり得る。例えば賃貸物件の家電買替をリースにする場合、家賃に上乗せすることになる。退去後も負債を引き継げる点で、賃貸物件は電気代そのまま払いに向いている。

以上のファイナンスと需要の探索の2つの論点については、ファイナンスの仕組みができれば、これを新しい販売方法としてアピールができるため、需要の掘り起こしが期待できる。したがってファイナンスにおいて、リースの受け手が参入できるような需要の十分な大きさを示す必要がある。冷蔵庫の法定償却年数は6年であり、これがリース・レンタルの年数の基準である。メーカーは部品の保証は10年までであり、これ以上の期間は望めない。そこで完全な電気代そのまま払いでなく、買い手の負担を上積みすることも現実的には必要となる。買い手の理解を得るために省エネ以外の副次的な便益を提供することも重要である。冷蔵庫ではないが、さいたま市におけるグリーンニューディール事業では、エコリフォームによる断熱改修を検討している。断熱改修では省エネによる光熱費の削減だけでなく、ヒートショックの防止のような健康便益が得られる。このような健康便益の対価を上乗せして支払ってもらうことにより、返済期間を短縮することが可能である。

2-2. 省エネアドバイス

(1) HEMSの電力データ分析

HEMSから収集された約1000世帯の家庭電力消費データをから30分おきに51週間取得したものをを用いて、フーリエ変換による電力需要曲線の周期性を検討した。各世帯の「周期」は、その世帯のその週における最大の振幅の周期により定義する。はじめに季節ごとに周期の出現割合について分類した。51週間の電力需要曲線のデータを用いた結果、表1のようになった。

表1 各季節における各周期の出現割合

	春	夏	秋	冬
12時間周期の割合	40%-50%	20%	40%~50%	60%
24時間周期の割合	30%-40%	50~60%	30%~40%	30%

12時間周期の典型的な形状は、一日に朝と夜の2回電力消費のピークが現れるもので、24

時間周期では夜間のみ高いピークが現れるのが典型的な形状であり、それぞれ朝型生活、夜型生活を示唆していると考えられる^り。表1では夏季には24時間周期、冬季には12時間周期が生起しやすいことを示している。これは夏季には早朝の時間帯が過ごしやすく空調負荷が比較的小さい一方で、冬季には早朝の時間帯の空調負荷が大きくなるのが理由のひとつと考えられる。

次に、各季節における一世帯ごとの電力消費量と周期について集計を行なった。夏、冬、春・秋の集計期間に関してはそれぞれ6月から8月の10週間、12月から2月の10週間、10月から11月の8週間と4月から5月の8週間の計16週間である。冬季における結果を表2に示す。表2では、縦軸が12時間周期の出現週数（一世帯において着目している周期の週が期間内にいくつあったか）、横軸が24時間周期の出現週数となっており、縦軸と横軸の数値の交点が、交点の周期の頻度において、24時間周期の電力消費量の方が12時間周期の電力消費量と比較して大きい週数の全体の週数に占める割合である。

表2 周期の生起頻度別に示す、24時間周期が12時間周期よりも電力消費が大きい週数の割合（上表：夏、中表：冬、下表：春秋）

		24時間周期の週数										計	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
12時間周期の週数	0												
	1	22%	50%	67%	64%	54%	67%	86%	77%	86%			70%
	2	86%	78%	71%	67%	85%	73%	79%	75%				77%
	3	67%	79%	78%	89%	76%	75%	85%					79%
	4	57%	78%	93%	89%	80%	73%						80%
	5	56%	67%	58%	95%	100%							82%
	6	77%	75%	81%	80%								78%
	7	60%	88%	81%									80%
	8	74%	71%										73%
	9	70%											70%
	10												
計		65%	75%	77%	84%	81%	72%	83%	76%	86%		77%	

		24時間周期の週数										計	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
12時間周期の週数	0												
	1	50%	0%	100%	33%	33%	56%	40%	56%	70%			55%
	2	0%	50%	50%	67%	0%	75%	38%	38%				47%
	3	0%	50%	60%	50%	80%	89%	67%					64%
	4	50%	0%	40%	80%	67%	60%						58%
	5	43%	45%	75%	53%	47%							52%
	6	40%	75%	43%	50%								57%
	7	55%	33%	33%									41%
	8	58%	50%										54%
	9	57%											57%
	10												
計		54%	49%	48%	53%	54%	69%	50%	44%	70%		54%	

		24時間周期の週数																計											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16										
12時間周期 の週数	0																												
	1	0%	0%		100%	40%	67%	67%	75%	50%	20%	60%	50%	88%	62%	53%													58%
	2			100%	100%	14%	100%	60%	40%	0%	0%	0%	50%	44%	36%														40%
	3	0%	33%	100%	33%	43%	0%	50%	60%	75%	20%	50%	25%	67%															42%
	4	100%	33%	33%	67%	67%	33%	50%	67%	100%	67%	67%	89%																68%
	5	40%	0%	50%	50%	40%	57%	50%	33%	60%	63%	73%																	53%
	6		50%	25%	14%	100%	25%	67%	75%	33%	18%																		34%
	7	50%	40%	0%	33%	67%	60%	33%	64%	71%																			51%
	8	100%	33%	50%	56%	33%	14%	50%	77%																				52%
	9	43%	33%	29%	20%	50%	67%	44%																					43%
	10	100%	50%	46%	20%	43%	55%																						47%
	11	11%	50%	27%	56%	29%																							33%
	12	45%	20%	38%	50%																								36%
	13	40%	40%	44%																									41%
	14	38%	71%																										56%
	15	59%																											59%
16																													
計		47%	45%	39%	43%	39%	45%	50%	63%	62%	31%	61%	60%	65%	50%	53%												47%	

この結果、夏季に関してはOzawa et al.¹⁾の世帯間における結果と同じく24時間周期の方が12時間周期と比較して電力消費量が大きくなったが、冬季と春秋期に関しては電力消費量の大きさは周期によらないという結果が得られた。この結果より、電力消費データを用いた省エネアドバイスにおいて、朝型生活の推奨をする際には、季節により効果に差異があることが示され、アドバイスレポートの内容には十分な配慮が必要であることが示唆された。

参考文献

1) Akito Ozawa, Ryota Furusato, Yoshikuni Yoshida, “Determining the relationship between a household’s lifestyle and its electricity consumption in Japan by analyzing measured electric load profiles”, Energy and Buildings, Vol.119, 200-210(2016)

3. 実装成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

3-1. 展示会への出展等

特になし

3-2. 研修会、講習会、観察会、懇談会、シンポジウム等

特になし

3-3. 書籍、DVD

特になし

3-4. ウェブサイトによる情報公開

・吉田研究室ウェブサイト, <http://www.ee.k.u-tokyo.ac.jp/>, H29年12月

3-5. 学会以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

・高瀬香絵、「節電払い/電気代そのまま払いのこれまでとこれから」、シンポジウム「再生可能電源大量導入に伴うエネルギーシステムのイノベーションと電気代

そのまま払いの新たな展開」2018年12月20日、学士会館（東京）

3-6. 論文発表

(1) 国内誌 (0 件)

(2) 国際誌 (0 件)

3-7. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

(1) 招待講演（国内会議 0 件、国際会議 0 件）

(2) 口頭発表（国内会議 1 件、国際会議 0 件）

- ・長浜駿多、磐田朋子（芝浦工大）、外出による電力消費量と活動量の効果に関する研究、第14回日本LCA学会研究発表会、九州大学伊都キャンパス、2019年3月5日

(3) ポスター発表（国内会議 2 件、国際会議 0 件）

- ・長浜駿多、磐田朋子（芝浦工大）、外出による電力消費量と活動量の効果に関する研究、第14回日本LCA学会研究発表会、九州大学伊都キャンパス、2019年3月6日
- ・宮坂桃花、磐田朋子（芝浦工大）、省エネ冷蔵庫買い替えに対する意識と電力消費量推計手法の検討、第14回日本LCA学会研究発表会、九州大学伊都キャンパス、2019年3月6日

3-8. 新聞報道・投稿、受賞等

(1) 新聞報道・投稿 (0 件)

(2) TV放映 (0 件)

(3) 雑誌掲載 (0 件)

(4) 受賞 (0 件)

3-9. 知財出願

特になし

3-10. その他特記事項

特になし