



# 【個別報告】 需要側資源の活用（２） —フレキシビリティ資源としてのDERの 社会実装に向けた新たな取り組み—

電力中央研究所  
グリッドイノベーション研究本部 ENIC研究部門  
研究推進マネージャー（ヒートポンプ・電化技術）

副研究参事 橋本 克巳

研究報告会2024

2024年11月7日

RI 電力中央研究所

© CRIEPI 2024

本発表の位置づけ

RI 電力中央研究所

## 本報告でお伝えしたいこと

- 需要側機器によるフレキシビリティ向上への期待
- 需要側機器では、**お客様に受け入れて頂けることが重要**
  - フレキシビリティ向上のために、初期コスト・ランニングコストが増加すると、対応機器がお客様に選択されにくい
  - フレキシビリティ向上がお客様の商品選択理由となるような訴求力が必要
  - **便益提供とフレキシビリティ向上の両立が重要**
- 需要側機器の便益提供とフレキシビリティ向上の両立に関する当所での研究事例、及び、普及に向けた課題

© CRIEPI 2024

1

## 報告内容

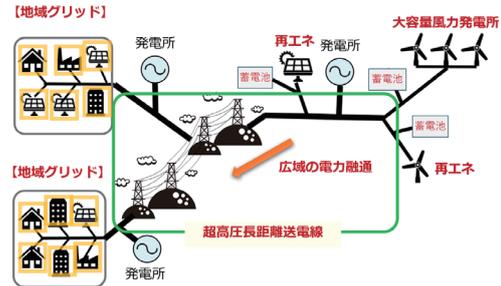
1. 需要側機器とフレキシビリティ
2. 便益提供とフレキシビリティ向上の両立  
～当所の取り組み事例～
3. 更なるフレキシビリティ活用に向けた課題  
～家庭用ヒートポンプ給湯機を例として～
4. まとめ

## 報告内容

1. 需要側機器とフレキシビリティ
2. 便益提供とフレキシビリティ向上の両立  
～当所の取り組み事例～
3. 更なるフレキシビリティ活用に向けた課題  
～家庭用ヒートポンプ給湯機を例として～
4. まとめ

## フレキシビリティ供給可能な需要側DERとは

■ 本報告では、需要側DERとは、お客様側で電力を消費し、エネルギーとして蓄え、また、必要に応じて供給（消費の抑制を含む）する機器とする



社会に存在するDER

- | 家庭部門   | 業務部門  | 産業部門   | 運輸部門  |
|--|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>エアコン</li> <li>ヒートポンプ給湯機</li> <li>蓄電池</li> <li>PV</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>空調機器 + 大規模蓄熱槽</li> <li>業務用ヒートポンプ給湯機</li> <li>厨房電化機器</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>ヒートポンプ</li> <li>電気炉（抵抗加熱、赤外線加熱、IH加熱）</li> <li>蓄熱空調機器</li> <li>植物工場</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>家用EV</li> <li>商用EV</li> <li>充電設備</li> <li>V2X</li> </ul> |

## 需要側機器のフレキシビリティ資源としての特徴

■ 需要側機器は、用途、エネルギーの使い方、蓄え方等に、それぞれの特徴を有する。フレキシビリティ向上へ活用する場合も、その特徴を活用し、主たる便益の提供と両立させる必要がある

	エアコン	ヒートポンプ給湯機	電気自動車(EV)	蓄電池
機能・用途	空調（冷房・暖房）	給湯	輸送	蓄電
日常生活	必要	必要	必要	非常時利用
入力	電力	電力	電力	電力
貯める		お湯（熱）	化学エネルギー	化学エネルギー
供給便益	空調（熱）	お湯（熱）	輸送	電力
フレキシビリティ向上	・（出力調整し）消費電力抑制（下げDR）	・ 運転時間変更（余剰再エネ電力活用（上げDR）、需給逼迫対応（下げDR）） ・ 沸き上げ能力制御	・ 充電時刻変更（余剰再エネ電力利用（上げDR）） ・ 放電時刻調整（下げDR）	・ 充電（上げDR） ・ 放電（下げDR） ・ 充放電電流制御
懸念	不快、熱中症等	湯切れ	電欠	充電不足
追加設備・機能	計測、制御高度化、通信機能、（蓄熱）	計測、制御高度化、通信機能、計測	計測、制御高度化、通信機能、インターフェース(V2G,V2H)	計測、通信機能、制御高度化

## 需要側機器をフレキシビリティ資源とする場合に 考慮すべきこと

- お客様は、空調や給湯など自らの便益のために需要側機器を購入するのであって、「社会システムの最適化」のために身銭を切るわけではない
- 需要家便益が、フレキシビリティ資源より優先される



- DERのフレキシビリティの活用には、以下が求められる
  - ①本来の便益を確保した上で、フレキシビリティを提供しうる機器（両立）
  - ②需要側機器によるフレキシビリティ提供に伴うお客様の明確なメリット

## 報告内容

1. 需要側機器とフレキシビリティ
2. 便益提供とフレキシビリティ向上の両立  
～当所の取り組み事例～
3. 更なるフレキシビリティ活用に向けた課題  
～家庭用ヒートポンプ給湯機を例として～
4. まとめ

## 需要側機器による便益提供と フレキシビリティ向上の両立

当所の実証事業を含め研究成果から、以下をご紹介します

- (1)住宅断熱性の違いによるエアコンの**デマンド調整（下げDR）**と快適さの関係
- (2)植物工場の**デマンド制御（上げ、下げDR）**と植物育成
- (3)**余剰再生電力を積極的に消費するヒートポンプ給湯機（需要シフト）**

### 🏠 家庭部門

- ・ **エアコン** ←(1)
- ・ **ヒートポンプ給湯機** ←(3)
- ・ PV
- ・ 蓄電池

### 🏢 業務部門

- ・ 空調機器 + 大規模蓄熱槽
- ・ 業務用ヒートポンプ給湯機
- ・ 厨房電化機器

### 🏭 産業部門

- ・ 蓄熱槽を持つヒートポンプ
- ・ 電気炉（抵抗加熱、赤外線加熱、IH加熱）
- ・ 蓄熱空調機器
- ・ **植物工場** ←(2)

### 🚗 運輸部門

- ・ 自家用EV
- ・ 商用BEV
- ・ 充電装置
- ・ V2X

## (1) エアコンのデマンド制御時の快適性の検討

### 背景

- 需給ひっ迫時の発動を想定し、**次世代スマートメータには電流制限機能が付与される**
- DR活用の視点から、電流制限時のエアコンの特性評価が必要



### 懸念事項

- エアコンの消費電力をある値以下に制限することで、室内の快適性が維持できなくなる恐れがある
- 長時間に及ぶと、熱中症や低体温症の発症も懸念される

### 当所の研究

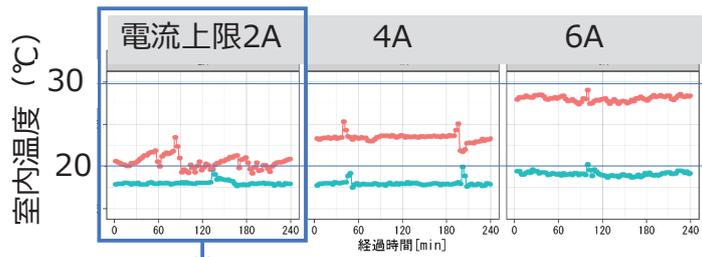
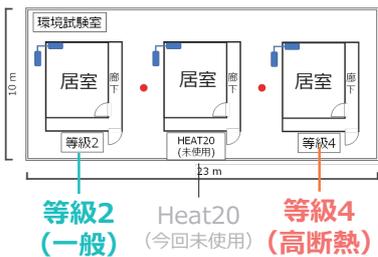
断熱等級が異なる住宅において、エアコンに電流制限<sup>(注)</sup>を設けた場合の、室内温度の変化を**実験住宅で検証**

(注) 電流センサ・温度センサと学習リモコンを用いて、エアコンの消費電流およびエアコン吸込口近傍の空気温度の測定値に応じてエアコンの設定温度・風量を変更し、エアコンの電流を目標値以下に抑えるための制御装置（自作）を設置

(出典)：上野・安田・宮永“住宅のレジリエンス向上に資する技術の開発—電力ひっ迫時等にエアコンを利用可能にする外部制御装置の試作—”電力中央研究所報告, GD22011 (2023)

## (1) 高断熱高気密住宅では エアコンをデマンド調整しても快適さが維持

- 環境試験室に**等級2**と**等級4**の居室。同一のエアコンを設置
- 温度と電流を計測し、設定された電流上限値以下になるようリモコン設定温度と風量を制御する装置を外付け（電流上限値：2A, 4A, 6A）
- 居室内温度を計測（下図：環境試験室2℃（冬期）、エアコン暖房）
- **高断熱居室（等級4）**であれば、エアコンのデマンド制御下でも快適さを維持できることを**実際に確認**（立上時や急激な負荷変動時を除く）
- フレキシビリティ向上への寄与が期待できる



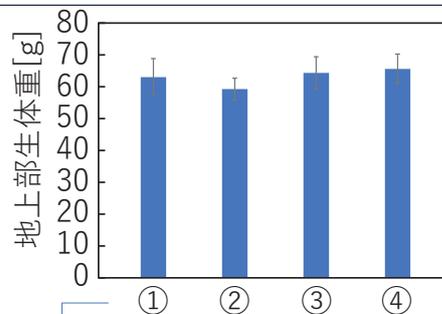
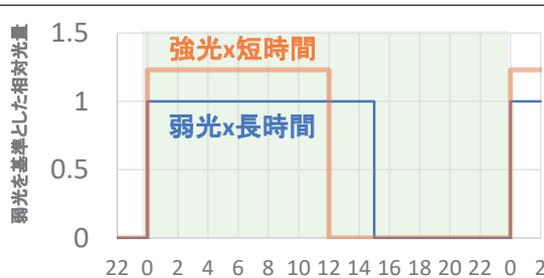
冬季（暖房）において、エアコンの電流を2Aに制限した場合でも、室内温度は一般住宅（等級2：水色）の18℃に対し、高断熱住宅（等級4：オレンジ色）では20℃に維持できた

- ・ 環境試験室内には断熱等級が異なる三つの居室があるが、そのうち二つを使用
- ・ 在室/不在も模擬可能

（出典）：上野・安田・宮永“住宅のレジリエンス向上に資する技術の開発—電力ひび迫時等にエアコンを利用可能にする外部制御装置の試作—”電力中央研究所報告, GD22011 (2023)

## (2) 離島電化植物工場を用いたデマンド制御～光～

- NEDOプロ（宮古島）にて植物工場のデマンド制御（個別報告4で紹介）
- LED調光で上げ・下げDRを行う場合、**積算照射光量（消費電力量）が同等であれば同等の育成**になることを確認  
→ 消費電力量(kWh)が同等であれば、消費電力(kW)は変更可能  
→ この知見をDR活用することを検討
- フレキシビリティ向上への寄与が期待できる（作物毎の試験は必要）



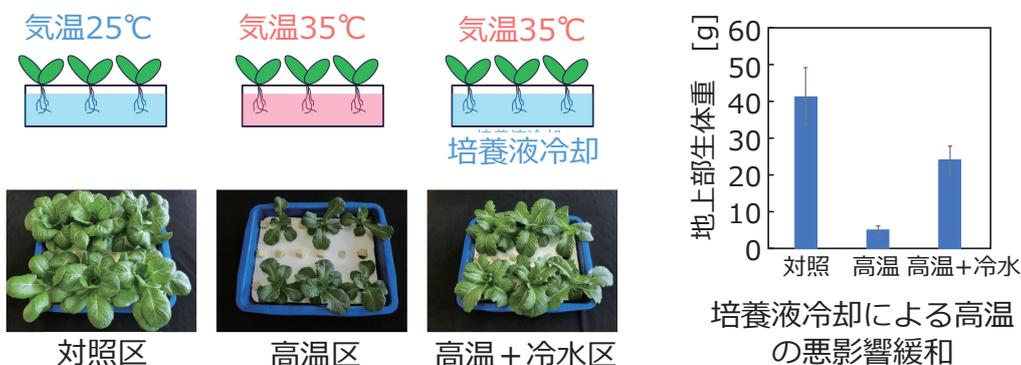
強光x短時間と弱光x長時間の1日照射パターン

- ① 弱光x長時間（2週間）の後、強光x短時間（2週間）
- ② 弱光x長時間（2週間）の後、弱光x長時間（2週間）
- ③ 強光x短時間（2週間）の後、弱光x長時間（2週間）
- ④ 強光x短時間（2週間）の後、強光x短時間（2週間）

積算光量が等しい各種DR条件での栽培結果

## (2) 離島電化植物工場を用いたデマンド制御～温度～

- 空調と培養液の調温を停止：生育に悪影響を与える（下図：対照と高温）
- 培養液の調温（24℃）のみを継続：生育が**改善する**（下図：高温+冷水）
- フレキシビリティ向上と植物生育の両立に向けて課題が明確になった



## 実用化に向けた課題

- 地上部生体重改善のための調温についての検討、作物毎の実証
- 高温では植物からの蒸散量が増加し湿度が上昇する  
これは長期的な影響（カビ・雑菌繁殖）を及ぼす可能性があるため、湿度管理についての検討が必要

## (3) ヒートポンプ給湯機

## 需要側機器による脱炭素化の切り札

- 需要側機器による脱炭素化には**省エネ×電化×脱炭素電源の活用**が有効
- ヒートポンプ給湯機は**省エネ×電化**に有効であり、**脱炭素電源（PVの余剰電力）の活用**に対応した機種が発売済

- (1) **省エネ×電化**：一次エネ消費の削減が可能
  - (2) **脱炭素電源の活用**：再エネ余剰電力の積極的な消費
- さらに、
- (3) 実用技術、かつ、累積出荷台数が約1000万台
  - (4) **再エネである大気熱を活用**できる
  - (5) フレキシビリティへの貢献が期待できる機器として注目

## （参考）家庭用ヒートポンプ給湯機～開発経緯と特徴

- 当所は1985年よりヒートポンプを用いた給湯に注目、1995年から自然冷媒CO<sub>2</sub>に着目し基礎研究に着手、1998年から共同で開発した家庭用CO<sub>2</sub>冷媒ヒートポンプ給湯機が2001年に商品化

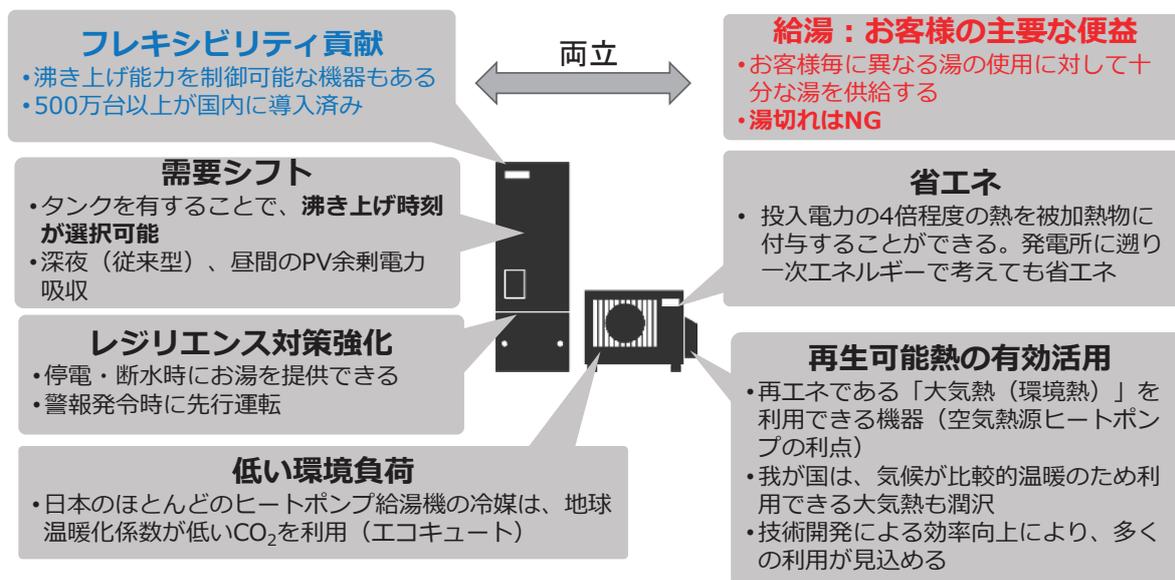
### 当所の寄与

- 1995～
  - ・ オゾン層を破壊せず、地球温暖化効果も低く、毒性なく、非可燃のCO<sub>2</sub>冷媒研究にいち早く着手
  - ・ CO<sub>2</sub>が、給湯に最適な冷媒であることを理論的に解明
  - ・ 実験で超臨界CO<sub>2</sub>による給湯を検証
- 1998-2001
  - ・ 東京電力、デンソーと共同開発
- 2001
  - ・ 商品化、「エコキュート」の誕生



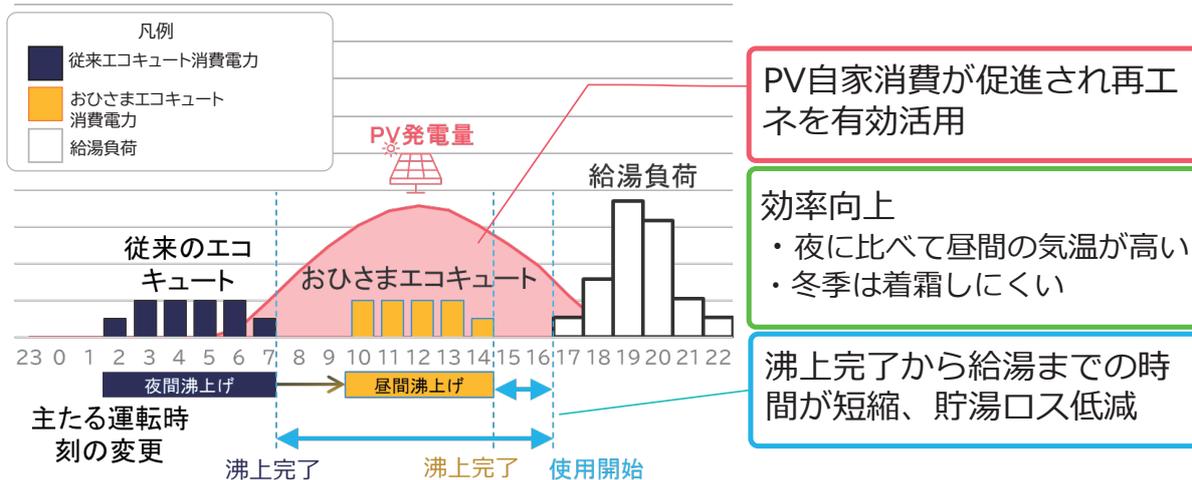
## （3）家庭用ヒートポンプ給湯機を例とした 需要家便益との両立に関する取り組み

- ヒートポンプ給湯機には、様々な便益があるが、お客様の主要な便益である給湯が最優先される



### (3) 家庭用ヒートポンプ給湯機 ～おひさまエコキュート～

- PVの余剰電力活用に向け、昼間焚き上げ方式の「おひさまエコキュート」を開発（電中研も参画）
- お客様便益は、従来機と同等を確保
- 昼間運転による効率向上による、新たな需要家メリットを創出
- PV出力が少ない（曇天・雨天）場合も考慮した電気料金メニューを提供



© CRIEPI 2024

16

### (3) 家庭用ヒートポンプ給湯機 ～おひさまエコキュートの実績～

- メーカー、東京電力、当所が開発したおひさまエコキュートを、PVが設置された実際の住宅で試運用した結果

- 期間平均の昼間消費電力量比率は**85%**となった
- 期間平均のPV自家消費率は**89%**（従来型に比べ32ポイント改善と推算）
- 期間平均のヒートポンプ効率が**11.6%向上**（運転時平均外気温度が4.4℃高い）

期間平均値	
昼間消費電力量比率	<b>85%</b>
自家消費率の押し上げ効果	
①PV自家消費率（実績）	<b>89%</b>
②PV自家消費率（従来）	57%
差分（①－②）	<b>32</b>
省エネ性能の向上	
外気温度（℃）③HP運転時	16.1
ヒートポンプ本体の成績係数（おひさまエコキュート）	<b>3.77</b>
外気温度（℃）④夜間平均	11.7
ヒートポンプ本体の成績係数（夜間平均温度での推定値）	<b>3.38</b>
差分（③－④）	<b>4.4</b>

（出典）：八木橋ら，住まいとでんき，Vol.35，2023，November，pp17-20表4より作成

© CRIEPI 2024

17

## 報告内容

1. 需要側機器とフレキシビリティ
2. 便益提供とフレキシビリティ向上の両立  
～当所の取り組み事例～
3. 更なるフレキシビリティ活用に向けた課題  
～家庭用ヒートポンプ給湯機を例として～
4. まとめ

### 3. 更なるフレキシビリティ活用に向けた課題～家庭用ヒートポンプ給湯機を例として～

## 家庭用ヒートポンプ給湯機のDRポテンシャル

- 一台当たり消費電力は1kW程度だが、少なめに見積もって500万台（下表）が稼働中（累積出荷台数は約940万台）  
→ フレキシビリティへの貢献ポテンシャルは大
- ただし、DR（デマンドレスポンス）対応機種への切替が必要
- 需要家側DER機器の普及には、お客さまが「DR対応機種」を欲しがるような仕組みが必要

年度毎の出荷台数から試算した家庭用ヒートポンプ給湯機のストック台数（電中研）

ストック台数試算（10年買い換え）	520万台
ストック台数試算（15年買い換え）	770万台
【参考】2023年度末の累計出荷台数	940万台
【参考】戸建て住宅世帯数 <sup>[1]</sup>	2745万户
【参考】総世帯数 <sup>[1]</sup>	5622万世帯

## ヒートポンプ給湯機のフレキシビリティ活用に向けて

- おひさまエコキュートは、通信機能と高度な制御なしでも、需要シフトによるPV余剰電力の活用と、お客様便益（湯切れ防止、経済的負担抑制）の両立が可能



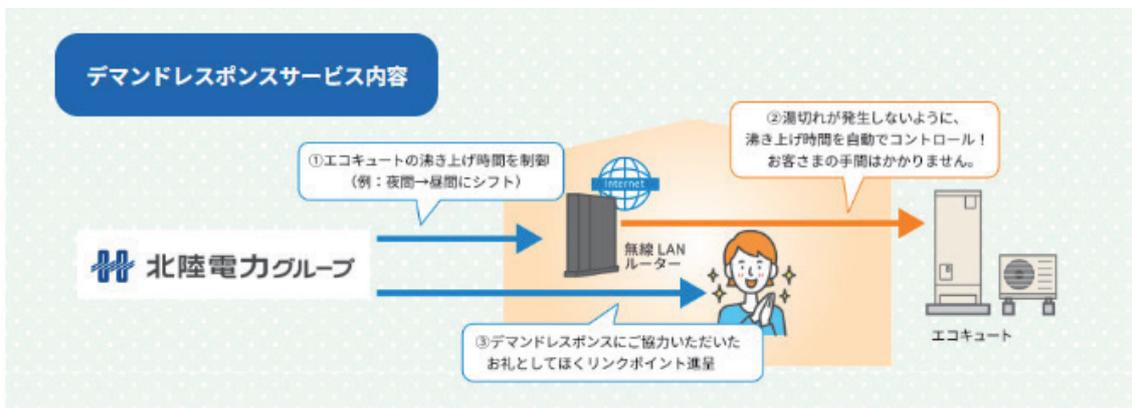
- ヒートポンプ給湯機を本格的なフレキシビリティ資源とするには、外部との連携機能（計測・通信・制御）が必要  
(常時ではなくてもよい)



- DR対応機器（計測・通信・制御装置を標準装備）がお客様から強く求められるような、多様なインセンティブや環境性評価などが必要

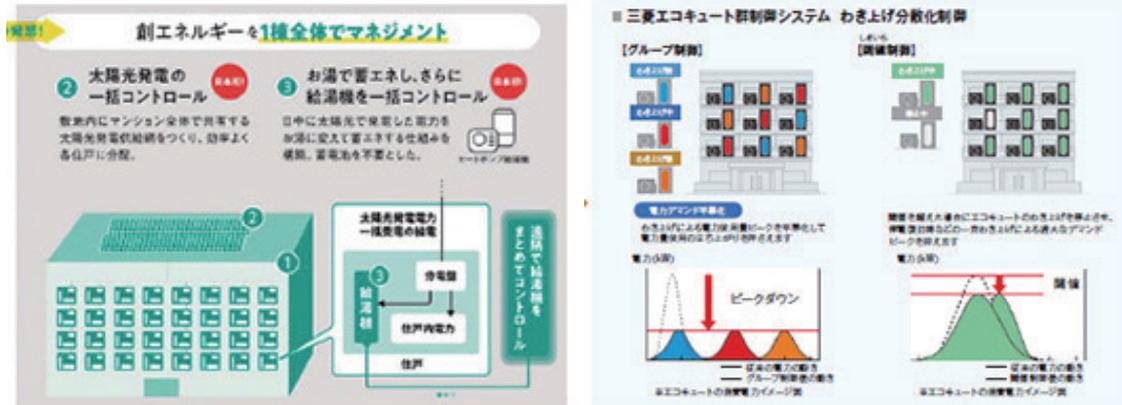
## (参考) 機器リース+DR : Easyキュート 北陸電力様

- エコキュートリース（6050円/月）に対し、エコキュートリース+DR（5500円/月）をご提案
- DR協力でポイント還元
- 湯切れが無い制御



(参考) マンションの全住戸に備えたエコキュートを群制御  
 ～ ZEHモデル「Solei-Yu」(三菱地所レジデンス様、三菱電機様、NextPower様) ～

- 一括受電マンション、全室(528戸)エコキュート設置
- 屋上に400kWのPV設備を設置
- 蓄電池によらないPV自家消費
- エコキュートの沸き上げ時間帯のスケジューリングを、アグリゲーターが遠隔制御する群制御システム(数十～数百台)を開発し、再エネ活用しつつ、デマンド抑制



© CRIEPI 2024

(出典) : [https://www.nef.or.jp/award/kako/r05/b\\_14.html](https://www.nef.or.jp/award/kako/r05/b_14.html)

22

## 家庭用ヒートポンプ給湯機対応機器の開発・普及 に向けた業界団体の動き

### 日本冷凍空調工業会

- DR対応機器として求められる機器として「自律制御型DR」と「外部指令応答型DR」に分類<sup>[1]</sup>
- 給湯機器メーカーと電力会社、双方に求められる仕様と契約要件を検討<sup>[1]</sup>

### 日本電機工業会(JEMA)

- 料金メニューを網羅し、随時更新するデータベースの構築を提案<sup>[2]</sup>  
 (機器側から参照する)

(出典) : [1] 日本冷凍空調工業会、第44回総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会

(出典) : [2] JEMA機関誌「電機」、JEMA75周年記念特集、この5年間(2018～2022年)における電機業界およびそれを取り巻く動向とJEMAの取組み

© CRIEPI 2024

23

## まとめ

- 需要側機器によるフレキシビリティ向上への期待
- 需要側機器では**お客様に受け入れて頂けるため**には、
  - ▶ 便益提供とフレキシビリティ向上の両立が必要
- 当所の取り組み事例として、エアコン、植物工場、家庭用ヒートポンプ給湯機について、本来便益の毀損が少ないフレキシビリティ提供に関する研究成果を紹介
  - ▶ 特に、おひさまエコキュートでは、昼間の再エネ余剰電力の効果的な消費と共に、効率向上を実現することで、お客様への有効な訴求力となっている

ご清聴ありがとうございました

**R 電力中央研究所**

Central Research Institute of Electric Power Industry

## 参考文献

1. 上野・安田・宮永：住宅のレジリエンス向上に資する技術の開発—電力ひっ迫時等にエアコンを利用可能にする外部制御装置の試作—, 電力中央研究所報告, GD22011 (2023).
2. 「2021年度～2022年度成果報告書 N E D O先導研究プログラム/エネルギー・環境新技術先導研究プログラム/植物工場向けDR・生育維持システムの基礎技術開発」NEDO成果報告書データベース (報告書管理番号20230000001046) (2023)
3. 八木橋 他：おひさまエコキュートの実フィールド計測, 住まいとでんき, Vol.35, November, pp17-20 (2023).
4. 総務省：令和5年住宅・土地統計調査 (2024).
5. 北陸電力株式会社：Easyキュート.  
[https://www.rikuden.co.jp/home/easy\\_cute.html](https://www.rikuden.co.jp/home/easy_cute.html)
6. 一般財団法人新エネルギー財団：令和5年度新エネ大賞 新エネルギー財団会長賞.  
[https://www.nef.or.jp/award/kako/r05/b\\_14.html](https://www.nef.or.jp/award/kako/r05/b_14.html)
7. 日本冷凍空調工業会：第44回総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会 資料1 (2024).  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene\\_shinene/sho\\_energy/pdf/044\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/pdf/044_01_00.pdf)
8. JEMA：JEMA75周年 記念特集 この5年間（2018～2022年）における電機業界およびそれを取り巻く動向とJEMAの取組み, 機関誌「電機」, 2023年6月号から2024年2月号 (2023,2024).