5Y-5

燃料電池のエネルギー原価を強調した家庭用電力見える化システムの提案

豊川元務† 井上怜‡ 柴野直人‡ 金田重郎†
同志社大学理工学部† 同志社大学大学院理工学研究科‡

1. はじめに

省エネへの関心が高まる昨今，家庭用燃料電池の発電量を可視化する電力見える化システムが普及しはじめている．しかし，現状の見える化システムは，家庭での燃料電池によるガス発電量と電力会社からの買電量のコスト差を明示していないため，導入による省エネ効果の向上に繋がらない．従って本稿では，燃料電池によるガス発電の廉価性を強調した見える化システムを提案する．本システムは，ガス発電と買電のコスト差を容易に把握できるため，より強い省エネ効果が期待できる．本システムを用いて HEMS（燃料電池部はシミュレータ）を構築し，社会実験を行った結果，既存のシステムよりも光熱費の削減が見られた．またその削減が，省エネ行動を意識付けていることを確認できた．但し，本稿ではエネルギー利用率が高く 24 時間連続運転する SOFC 型家庭用燃料電池[1]を採用している．

2. 研究背景・目的

省エネへの関心が高まる昨今，燃料電池の発電量を可視化する電力見える化システムが普及しはじめている．見える化システム導入による生活習慣の見直しによって，導入前と比較した時 10%程度[2]の省エネが実現される．しかし，現状の見える化システムには，2 つの問題点がある．1 つ目に，燃料電池を効率良く動作させる節電目標を提示していない．2 つ目に，燃料電池の発電量と電力会社からの買電量のコスト差を明示せず，安価な発電を利用するための節電目標を提示していない．これらの問題点により，省エネ効果の向上が不十分である．

従って本稿では，上記の問題点を解決する，燃料電池を活かした見える化システムを提案する．本システムは，燃料電池の稼働率をパラメータとして表現し，燃料電池を効率良く動作させる節電目標を提示する．また，発電量と買電量のコスト差を明示し，安価な発電を利用するための節電目標を提示する．従って，燃料電池を活かした効率的な省エネ行動が可能となり，省エネ効果の向上が見込める．

3. 提案システム

本システムの概要を図 1 に示した．クラウドサーバ部分が見える化システム UI を提供する．但し，後述の社会実験では，燃料電池を線形近似式[3]により仮想化している．

被験者家庭の分電盤から，クランプオンセンサ[4]を用いて電流を測定．測定した電流データを，無線によりクライアント PC（Windows7）に送信する．電流データを送信されたクライアント PC は，規格として FTP を用い，WEB サーバ PC（CentOS5.9）にデータを送信する．サーバ PC では，送信された電流データを電力データに変換するなどの処理を行い，処理されたデータを WEB 画面とする．従って，端末から画面が閲覧可能となる．

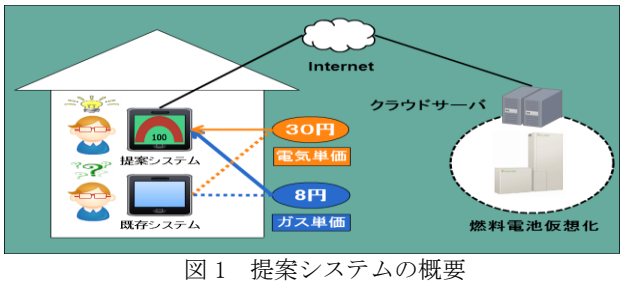

図 1 提案システムの概要

3. 1. 提案システム UI

本システム UI を図 2 に示した．燃料電池の稼働率パラメータとエネルギー単価を既存システムに追加した．その他の項目は，既存システムに頻出する項目を用いた．

図 2 提案システム UI

3. 1. 1. 稼働率パラメータ導入

表 1 燃料電池のエネルギー効率

発電した電力[W]	発電効率	発熱効率	エネルギー効率
50	10.10 %	39.39 %	49.49 %
300	34.84 %	40.77 %	75.61 %
700	46.30 %	42.86 %	89.16 %

燃料電池は，改質した都市ガスから電気と熱を生成する．生成された熱は給湯に利用できる．また動作の特徴として，家庭の消費電力に応じたエネルギー効率変化が挙げられる．エネルギー効率の変化を表 1 に示した．発電効率と発熱効率の加算をエネルギー効率とする．表 1 より，燃料電池の発電範囲は 0～700W であり，700W を発電している時が最大エネルギー効率となる．つまり，家庭での消費電力が 700W に近づくほど燃料電池のエネルギ

A Proposal of Energy Monitoring System Emphasizing Energy Cost of Household Fuel Cell
†Motomu Toyokawa,Shigeo Kaneda,Faculty of Science and Engineering,Doshiha University
‡Rei Inoue,Naoto Shibano,Graduate School of Science and Engineering,Doshisha University

Copyright ©2014 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

ー効率は上昇する．

図 2 に示すように，700W を稼働率パラメータの 100%として定義した．数値的にわかりやすい 100%を用い，パラメータ自体の色を青色として，燃料電池が最も良い状態だと視覚的に強調している．一方，燃料電池の発電量が少なく，非常に効率が悪い時，パラメータ自体の色は赤色となる．また，稼働率パラメータは低い数値を示す．従って，燃料電池のエネルギー効率が悪い時，省エネ行動を促進しない．このように，パラメータによって，燃料電池を効率良く動作させる節電目標を提示する．

3. 1. 2. エネルギー単価導入

燃料電池を導入した家庭に対しては，大阪ガスの料金体系に，「マイホーム発電料金 A～F」が適用され，ガスの単価が極めて安くなる[5]．またガスは使用量が多いほど単価が安くなっていくのに対し，電気は電力会社からの買電量が多いほど単価が上がっていく[6]．燃料電池はガスで電気を生成するため，家庭内におけるガス使用量は増え，電気買電量は減る．つまり，電気とガス両方の単価が下がる．従って，燃料電池による発電は光熱費を削減する．

図 2 に示すように，ガス単価を青色で，電気単価を黄色で表示した．電気単価は，買電を行っていない時（0kWh）黄色だが，行うとオレンジ色に変化する．従って視覚的に強調され，買電への警告を発する．またパラメータは，赤色に変色し警告を強める．電気は，家庭の消費電力が燃料電池の最大発電量 700W を超えた時，電力会社から超過分買電される．つまり消費電力が 700W を超えた時，節電行動が必要という明確な節電目標をユーザーに提示する．

4. 社会実験

4. 1. 実験概要

実験はマンション住まい 4 人家族の家庭で行い，3 種類の見える化画面 A，B，C の比較を実施した．画面 A は既存システムを再現した画面である．現在の消費電力や光熱費目安などを表示し，当日消費した電力と前日消費した電力をヒストグラムと折れ線で表現している．画面 B には，画面 A に燃料電池の稼働率を追加した．画面 C は，画面 A に燃料電池の稼働率とエネルギー単価を追加した，図 2 提案システム画面である．この 3 つの画面を，それぞれ 4 日間被験者家庭に導入し，消費電力と光熱費を計測した．画面 A-B を比較し燃料電池の稼働率がもたらす省エネ効果の確認．画面 B-C を比較しエネルギー単価がもたらす省エネ効果の確認を行った．なお画面 A-B と画面 B-C の比較では，それぞれ違う曜日を用いている．

4. 2. 実験結果

画面 A-B を比較した結果，消費電力が約 2kWh．光熱費が約 40 円削減された．これを月単位（30 日/4 日を乗算し計算）に換算すると，消費電力は約 15kWh．光熱費が約 140 円削減された．画面 B-C を比較した結果，消費電力が約 2kWh．光熱費が約 50 円削減された．これを月単位に換算すると，消費電力は約 18kWh．光熱費が約 150 円削減された．

5. 考察

燃料電池の稼働率とエネルギー単価の表示が，省エネを引き起こす要因となったか確認するため，被験者家族に対して，AHP による意識分析を行った．実験画面で表示している「エネルギー単価，アドバイス，消費電力量グラフ，全国使用率，電気料金目安，CO_2 排出量，瞬間消費電力量，燃料電池稼働率パラメータ」項目の比較と，人間が行動を起こす要因とされる「態度，主観的規範，行動制御感，道徳的規範」項目[7][8]の比較をそれぞれ行った．「態度」は自身に利益をもたらしたか．この項目は主に単価や電気料金目安が重要となる．「主観的規範」は社会的に見てよい行動を行ったか．この項目は主に CO_2 排出量が重要となる．「行動制御感」は行動のための情報が十分であったか．この項目は主に電力関連，アドバイスが重要となる．「道徳的規範」は自分自身にとって正しい行動を行ったか．この項目は主に全国使用率が重要となる．つまり画面 B では，「行動制御感」が画面 A よりも重要視されているか．画面 C では，「態度」が画面 B よりも，重要視されているかが問題となる．

被験者家族全員に「行動制御感」，「燃料電池稼働率パラメータ」を重要視する傾向が見られた．従ってパラメータの追加により，画面 B の方が省エネ行動のための指標をわかりやすく明示できている．パラメータが光熱費の削減をもたらした．

被験者家族全員に「態度」，「エネルギー単価」を重要視する傾向が見られた．従って単価の追加により，画面 C の方が利益をわかりやすく明示できている．単価が光熱費の削減をもたらした．

6. まとめ

本稿では，燃料電池の廉価性を活かした見える化システムを提案した．提案システムは，既存システムにはない，燃料電池稼働率とエネルギー単価を明示し，省エネ効果の向上が確認できた．本 HEMS システムは，SOFC 型燃料電池を導入した家庭に適している．最後に今後の課題として，本稿ではマンション住まいの家庭に限った実験であったため，一軒家の家庭など様々な条件で実験を行う必要がある．

参考文献

[1]JX 日鉱日石エネルギー，SOFC 型家庭用燃料電池製品仕様
http://www.noe.jx-group.co.jp/lande/product/fuelcell/spec.html
[2]グリーンエネルギーナビ HEMS，見える化のメリット
http://hems.green-energynavi.com/user_data/merit.php
[3]柴野直人，家庭用燃料電池における導入効果の推定が可能な線形近似式の提案，電気学会情報システム研究会資料，巻:IS-13，号:37-46.48-52.54-56，P:1-6，2013 年 09 月 11 日
[4]HIOKI，クランプオンセンサ 9298
http://www.hioki.co.jp/products/product/option/841/
[5]大阪ガス，マイホーム発電料金
http://home.osakagas.co.jp/price/menu/profitable/p_01.html
[6]関西電力，従量電灯 A
http://www1.kepco.co.jp/ryoukin/dento_a.html
[7]lcek Ajzen，A Theory of Planned Behavior
http://www.duluth.umn.edu/~kgilbert/educ5165-731/Readings/Theory%20of%20Planned%20Behavior-%20Azjen.pdf
[8]名古屋大学エネルギーマネジメント研究・検討会，消費電力の見える化が省エネ意識および行動に与える影響
http://web-honbu.jimu.nagoya-u.ac.jp/fmd/5skannrika/FM/h23em-kenkyukai/h23em6.pdf

Copyright ©2014 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.