

家庭用燃料電池を用いた関西電力管内における一次エネルギー削減効果に関する研究

鈴木麻衣子
指導教員
赤林伸一教授

1 研究目的

IT化による電力需要の増加や東日本大震災による電力不足により、住宅においても電力消費の抑制が求められている。2014年1月時点で、日本国内ではベース電力の大半を賄っていた原子力発電所が全面停止しており、これを代替する電源を検討することは重要な課題である。そこで、代替電源として家庭用燃料電池コージェネレーションシステム（以下家庭用FCCGS）による自家発電の導入が考えられる。

本研究では、東日本大震災前後の発電構成・電力供給量を対象に、関西電力管内の戸建及び集合住宅に固体酸化物形燃料電池（以下SOFC）を10万台単位で設置した場合の年間の一次エネルギー削減量を算出し、分散型電源の導入効果の評価を行うことを目的とする。

2 研究概要

2.1 解析対象：表1に家庭用FCCGSの性能を示す。対象地域は関西電力管内の戸建及び集合住宅^{*1}とする。気象データには気象庁が公表している気象データ^{*2}を用い、各府県庁所在地^{*2}の値を代表値として用いる。住宅モデルは、戸建住宅には日本建築学会住宅用標準問題モデルを、集合住宅には片廊下型板状タイプの間隔・中間住戸モデルを用いる。

2.2 住宅負荷：図1に電力消費・給湯スケジュールの一例を示す。生活スケ

ジュール自動生成プログラム SCHEDULE
を用いて照明・機器
発熱データを、熱負
荷シミュレーション
ソフト TRNSYS を用

表1 家庭用FCCGSの性能

燃料電池 (SOFC) の種類		現行機	将来機
定格効率 [%] (HHV 基準)	発電	42.0	49.6
	熱回収	39.2	27.1
	総合	81.2	76.7
定格出力 [kW]	発電	0.70	
	熱	0.65	0.38
稼働時ガス消費量 [kW]		1.67	1.41
貯湯温度 [℃]		70	
貯湯タンク容量 [ℓ]		90	30
余剰熱放出時ファン消費電力 [W]		4.8	
バックアップボイラ熱効率 [%]		95	

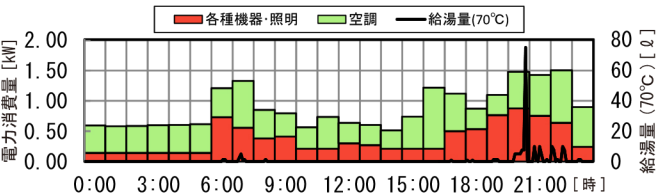


図1 電力消費・給湯スケジュールの一例
(冬季ピーク日:2012年2月2日(木)、戸建住宅:3人^{*3})

いて空調負荷をそれぞれ算出し、年間の電力消費スケジュールを作成する。尚、空調は冷暖房平均COP3のエアコンを用いて行う。給湯スケジュールは、気象データの外気温データ及び、IBEC^{文3)}の給水温度推定式を基に、日平均給水温度を算出する。算出した給水温度及び使用温度(40℃)における日給湯量^{文4)}を基に、貯湯温度(70℃)での時刻別給湯量を算出し、年間の給湯スケジュールを作成する。

2.3 解析条件：表2に家庭用FCCGSの解析caseを、表3に家庭用FCCGSの運転方法を示す。家庭用FCCGS設置住宅（以下FC住宅）及び非設置住宅（以下従来住宅）の計算条件は同様とする。家庭用FCCGSを稼働する際に発生した余剰電力は逆潮流^{*4}させ、給湯需要を満たした後の余剰熱はラジエータ（ファンの出力4.8W）で大気に放出する。湯量不足時にはバックアップボイラ（熱効率95%）を用いる。又、電力の一次エネルギー消費原単位には時刻別一次エネルギー消費原単位を用いる。燃料電池の仕様、運転方法、住宅負荷^{*3}、FC設置率^{*5}をパラメータとした場合の家庭用FCCGS導入前後の一次エネルギー削減量を算出し評価を行う。

3 解析結果

3.1 1世帯・1日当たりの解析結果：図2にFC総合効率及び各種電力量の日推移を、図3に家庭用FCCGS稼働状態の時刻変化を示す。case1,6,7の場合、家庭用FCCGSによる発電電力量は1日の消費電力量の約72%を

表2 家庭用FCCGSの解析case

家庭用FCCGS解析case	燃料電池の仕様	運転方法	住宅負荷	FC設置率 (台数[万台])
case1	現行機	終日定格運転	戸建:3人、集合:2人	50%(約340)
case2	将来機	終日定格運転	戸建:3人、集合:2人	50%(約340)
case3	現行機	終日電主運転	戸建:3人、集合:2人	50%(約340)
case4	現行機	ピーク時定格他電主運転 ^{*6}	戸建:3人、集合:2人	50%(約340)
case5	現行機	終日定格運転	戸建:4人、集合:3人	50%(約340)
case6	現行機	終日定格運転	戸建:3人、集合:2人	10%(約70)
case7	現行機	終日定格運転	戸建:3人、集合:2人	30%(約200)

表3 家庭用FCCGSの運転方法

運転方法	終日定格運転	ピーク時定格他電主運転	終日電主運転
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 [時]	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 [時]	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 [時]
	■ 定格出力運転	■ 電主運転	

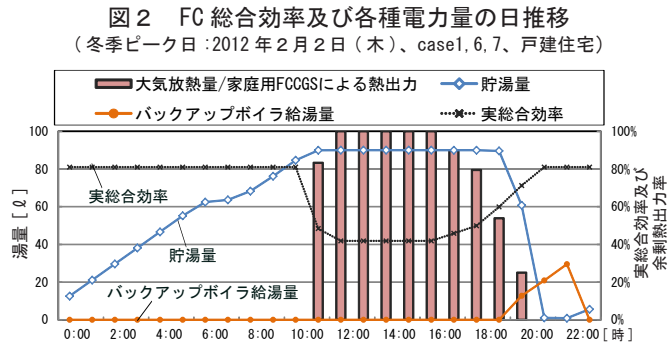
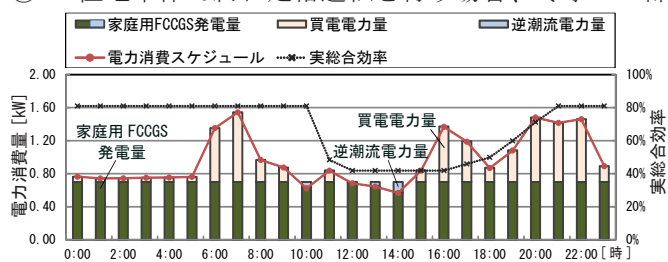
賄っている。又、家庭用 FCCGS による熱出力は、case1, 6, 7 の場合、日積算では熱出力のうち約 35% が大気に放出されており、日平均総合効率は約 67% である。

3.2 関西電力管内における年間の解析結果：図 4 に日積算一次エネルギー削減量の年変化 (case1) を示す。FC 住宅単体で終日定格運転を行う場合、冬季の一部を除き、一次エネルギー消費量は増加する。しかし、家庭用 FCCGS の導入により関西電力管内全体の電力需要が減少し、時刻別一次エネルギー消費原単位が低下する。そのため、家庭用 FCCGS の導入前後で同等の電力需要量である従来住宅及び非住宅部門では、年間を通じて一次エネルギー消費量が削減される。従って関西電力管内全体での一次エネルギー消費量は、case1 の場合、50PJ 程度削減される。

図 5 に各 case の年積算一次エネルギー削減量を示す。case1 と case2 を比較すると、case2 の方が家庭用 FCCGS の発電効率が高いため、一次エネルギー削減量は多くなる。case1, 3, 4 について運転方法で比較すると、終日定格運転の場合の一次エネルギー削減量が最も多く、終日電主運転の場合が最も少ない。case1 と case5 を比較すると、case5 の方が給湯需要量が相対的に多いため、FC 住宅における一次エネルギー削減量が多く、年積算一次エネルギー削減量も多くなる。又、case1, 6, 7 について FC 設置率で比較すると、設置率が高いほど、一次エネルギー削減量は多くなる。

4 まとめ

- ① case1, 6, 7 の場合、冬季ピーク日において家庭用 FCCGS の日平均総合効率は約 67% である。
- ② FC 住宅単体で終日定格運転を行う場合、冬季の一部



を除き、一次エネルギー消費量は増加するが、従来住宅及び非住宅部門では年間を通じて一次エネルギー消費量が削減されるため、関西電力管内全体での一次エネルギー消費量は、case1 の場合、50PJ 程度削減される。

- ③ case1 と case2 を比較すると、case2 の方が家庭用 FCCGS の発電効率が高いため、一次エネルギー削減量は多い。
- ④ case1, 3, 4 について運転方法で比較すると、終日定格運転の場合の一次エネルギー削減量が最も多く、終日電主運転の場合が最も少ない。
- ⑤ case1 と case5 を比較すると、case5 の方が給湯需要量が相対的に多いため、FC 住宅における一次エネルギー削減量が多く、年積算一次エネルギー削減量も多くなる。
- ⑥ case1, 6, 7 について FC 設置率で比較すると、設置率が高いほど、一次エネルギー削減量は多くなる。

注釈

- ※1 関西電力管内の世帯人員数は戸建住宅で 2.9 人、集合住宅で 1.9 人^{※1)}。
- ※2 大津市、京都市、神戸市、大阪市、和歌山市、奈良市の 6 都市。
- ※3 世帯人員数が戸建住宅：3 人、集合住宅：2 人の場合及び、戸建住宅：4 人、集合住宅：3 人の場合においてそれぞれ電力消費・給湯スケジュールを算出する。
- ※4 自家発電により発電した余剰電力を電力会社線側に逆流させること。
現在、電力会社は家庭用 FCCGS からの逆流を認めていない。
- ※5 大阪ガスの顧客数 (約 670 万戸、H23 年度) に対する家庭用 FCCGS の総稼働台数の割合。本研究では 10% (約 70 万戸)、30% (約 200 万戸)、50% (約 340 万戸) とする。
- ※6 ピーク時間帯：9 時～19 時

参考文献

- 文 1) 総務省統計局 平成 22 年国勢調査
- 文 2) 気象庁：http://www.jma.go.jp/jma/index.html
- 文 3) 建築環境・省エネルギー機構：住宅事業建築主の判断基準：http://www.ibec.or.jp/
- 文 4) 前、高須ら：住宅における給湯消費量の季節・短期変動，日本建築学会環境系論文集，No. 622，pp. 73-80，2007. 12

