

# 日本全国を対象とした家庭用燃料電池による一次エネルギー削減効果に関する研究

小池洋

指導教員 赤林伸一教授

## 1 研究目的

近年、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、電力消費の抑制が求められている。2015年1月時点で、日本国内では震災の影響によりベース電力の大半を賄っていた原子力発電所が全面停廃止しており、火力発電によりピーク電力に加えベース電力の大部分を補わなければならない状況となっている。現時点で火力発電設備の平均発電効率は受電端では約37%程度とされ、発電効率は近年、向上し続けているが、一次エネルギーの半分以上が大気中及び海中に放出され続ける限り、飛躍的な一次エネルギー利用の高効率化は望めない。

一方、1973年比で見ると2011年時点で民生部門のエネルギー消費量の増加率は他部門に比べ最も大きく、住宅におけるエネルギー消費の低減も増々求められており、エネルギー供給システムの見直しによる高効率化が求められている。

そこで、代替電源の一つ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。家庭用FCCGSは都市ガス等を改質し、燃料となる水素を取り出し、空気中の酸素と反応させて発電を行うシステムであり、発電時の廃熱を給湯・暖房に再利用することで一次エネルギーの利用効率（総合効率約80%（HHV））を向上させる為、省エネルギー効果が期待されている。

現在、電力会社では太陽光発電、風力発電等の再生可能エネルギー由来の電力は国の指導によりやむなく逆潮流<sup>\*1</sup>を認めており、年々買い取り価格は下がっているものの、電力会社の発電単価に比較して相対的に高い価格で買い取りを行っている。しかし再生可能エネルギーを用いた発電設備の運転状況は天候に左右されるため発電量が不安定であり、系統の送配電ネットワークの電圧変動に負荷をかける点が問題となる。一方、燃料電池による発電電力は再生可能エネルギー由来では無いため逆潮流を認めていない。これは現状では燃料電池が個々の住宅の電力需要に合わせて個々に

運転される為、逆潮流を行った場合、電力会社の日々の運転計画に影響を及ぼすためである。そこで、家庭用FCCGSの稼働状況を電力会社がコントロール出来れば、家庭用FCCGSの余剰電力を逆潮流させ、系統電力の負荷を低減出来る可能性がある。従って、分散型の発電機である燃料電池を多数導入した場合の一次エネルギー削減量等を検証する事は、我が国の将来のエネルギーベストミックスを検討する際の有用な資料になると考えられる。

本研究では、東日本大震災前後の一般電気事業者9社の発電構成・電力供給量を対象として、日本全国に固体酸化物形燃料電池（以下SOFC:Solid Oxide Fuel Cell）及び固体高分子形燃料電池（以下PEFC:Polymer Electrolyte Fuel Cell）を計530万台設置し、稼働させる。既報<sup>x1</sup>で算出した年間の時刻別一次エネルギー消費原単位を用いて、年間の一次エネルギー削減量を算出し、家庭用FCCGSの分散型電源としての導入効果の評価を行う事を目的とする。

## 2 住宅の計算条件

### 2.1 対象地域

対象地域は日本国内の沖縄電力を除く一般電気事業者9社の管轄範囲ごとの9地域とし、それぞれの戸建住宅及び集合住宅を対象住宅とする。給水温度等の算出には各都道府県庁所在地<sup>\*2</sup>の値を代表値として用いる。

### 2.2 対象住宅種別・仕様

図1に住宅モデル平面図を示す。戸建住宅の住宅モデルには日本建築学会住宅用標準問題モデル<sup>x3</sup>を、集合住宅には片廊下型板状タイプの中間階・中間住戸モデルを用いる。尚、熱損失係数は戸建住宅:2.57W/(m<sup>2</sup>・K)、集合住宅:2.20W/(m<sup>2</sup>・K)である。

### 2.3 世帯数・家庭用FCCGS設置住戸数

図2に対象地域毎の家庭用FCCGS設置住戸数を示す。ガス事業便覧<sup>x4</sup>のメーター調定戸数及びLPガス消費世帯数より、都道府県毎のガス使用世帯数を算出する。算出した都道府県毎のガス使用世帯数の全体に対する比率及び2030年度のFC普及目標台数(530万台)より、

都道府県毎の家庭用 FCCGS 設置住戸数を求める。更に、各都道府県の設置住戸数を各都道府県の戸建住宅・集合住宅の一般世帯数<sup>文2)</sup>の比率で按分し、それぞれの家庭用 FCCGS 設置住戸数を算出する。

### 2.4 生活スケジュール

生活スケジュール作成には生活スケジュール自動生成プログラム SCHEDULE<sup>文5)</sup>を用いる。世帯人員数は戸建住宅は3人(夫婦+小学生)、集合住宅は2人(夫婦のみ)及び、戸建住宅は4人(夫婦+小学生+中学生)、集合住宅は3人(夫婦+小学生)の2パターンとし、冬季・夏季・中間期の平日・休日についての在室パターン、照明及び各種機器(テレビ等)の電力消費スケジュールを作成する。

### 2.5 熱負荷計算と電力消費スケジュール

表1に対象住宅の空調・換気条件、図3に電力消費スケジュールの一例を示す。年間熱負荷計算には熱負荷シミュレーションソフト TRNSYS Ver. 16を使用し、各都道府県における各対象住宅の1時間毎の空調負荷を算出する。建物データは2.2で規定したデータ、気象データには気象庁<sup>文6)</sup>がweb上で公表している1時間毎の気象データ、照明・各種機器発熱データは2.4で算出したデータを用いる。但し空調スケジュールは SCHEDULE を使用せず、空調は在室時空調とし空調温度、空調期間を TRNSYS で設定する。空調に使用するエアコンは平均 COP を 3.0 とし、空調時の1時間当たりの消費電力を求め、2.4で算出した照明・各種機器電力スケジュールに加算し、世帯人員数・都道府県毎の電力消費スケジュールを求める。



(1) 戸建住宅1階 (2) 戸建住宅2階 (3) 集合住宅

図1 住宅モデル平面図

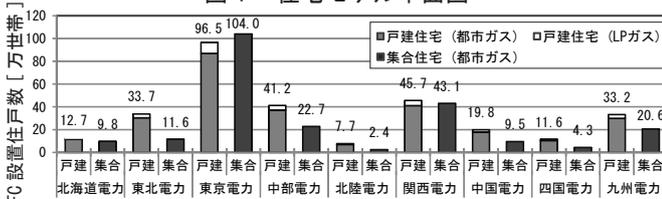


図2 対象地域毎の家庭用 FCCGS 設置住戸数

表2 世帯人員数別給湯量<sup>文7)</sup>

世帯人員数	1人世帯	2人世帯	3人世帯	4人世帯	5人世帯
給湯量(40℃) [ℓ/(日・戸)]	186.8	267.4	399.4	446.9	427.0

### 2.6 給水温度と給湯スケジュール

表2に世帯人員数別給湯量<sup>文7)</sup>を示す。給水温度を算出する際の気象データには気象庁<sup>文6)</sup>がweb上で公表している1時間毎の外気温データを用いる。気象データを基に日平均外気温を求め、暖房度日(D18-18)を算出し地域区分<sup>文8)</sup>を行う。又、月平均外気温を求め、地域区分毎の回帰式<sup>文8)</sup>を決定し、日毎の平均給水温度を算出する。算出した給水温度及び表2に示す世帯人員数別日給湯量(40℃)<sup>文7)</sup>を基に、給湯温度(70℃)における月別日積算給湯量を算出する。作成した給湯条件及び5分毎の給湯スケジュール<sup>文8)</sup>(湯量40℃)を基に給湯温度(70℃換算)におけるスケジュールを作成する。

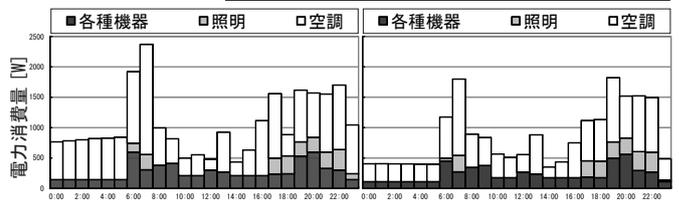
### 3 一般電気事業者の計算条件

#### 3.1 発電設備の概要

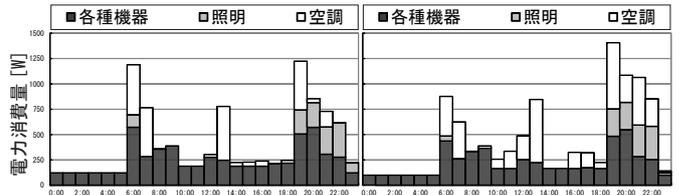
表3に一般電気事業者の発電設備容量を示す。経済的な観点では、石油系→LNG・天然ガス→石炭の順で発電単価が安くなる為、各一般電気事業者の供給電力の内ミドル電力は石炭を用いた汽力発電、LNG及び天然ガスを燃料としたコンバインドサイクル発電で賄い、マージナル電力は石油系の汽力発電で賄うと考えられる。尚、本研究では沖縄県及び沖縄電力を対象としていない。

表1 対象住宅の空調・換気条件

空調条件 (在室時空調)	冷房	設定温度	28[℃]
		期間	6月~9月
	暖房	設定温度	20[℃]
		期間	11月~3月
	換気回数		0.5[回/h]
	台所レンジフード排気風量		300[m³/h]



(1) 戸建住宅(冬季最寒日) (2) 集合住宅(冬季最寒日)



(3) 戸建住宅(夏季最寒日) (4) 集合住宅(夏季最寒日)

図3 電力消費スケジュールの一例(東京都)

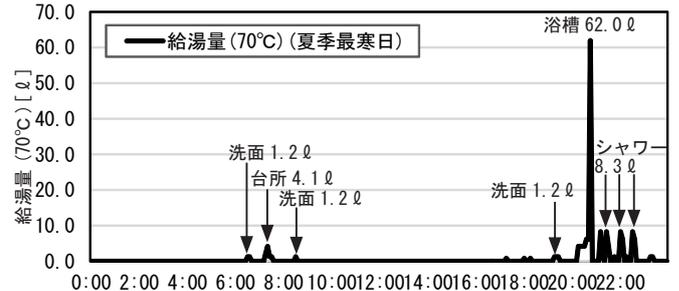


図4 給湯スケジュールの一例(東京都、戸建住宅:3人)

これは沖縄電力が原子力発電設備を所有しておらず、震災前後で発電構成に影響が見られない為である。

### 3.2 電力供給量データ

図5に電力供給量実績値の一例（東京電力管内）を示す。電力供給実績データは、各一般電気事業者がweb ページ上で公表している1時間毎の値を用いる。尚、四国電力は2012年7月以降のデータしか公表されていない為、それ以前のデータは、中国電力、関西電力及び九州電力の電力供給実績値から求めた回帰式（決定係数  $R^2=0.971$ ）を用いて、想定した値を作成し計算を行う。

### 3.3 発電所稼働順位の作成

表4に一般電気事業者9社の総合ロスを示す。総発電電力と受電端一次エネルギー消費原単位は、発電機の稼働順位をベース電源である①水力、②原子力、消費電力の変動に対応する③火力、④揚水と設定し、火力では低発電単価（石炭）、高発電効率（LNG、石油順）

表3 一般電気事業者の発電設備容量

一般電気事業者 [万kW]	火力発電			水力発電	揚水発電	原子力発電	再生可能エネルギー	緊急設置電源	総計	原発無し計
	石炭	LNG・天然ガス系	石油系							
北海道電力	241	171	181	81	100	207	3	15	998	791
東北電力	68	438	1004	195	46	466	23	76	2315	1849
東京電力	460	3498	1211	218	681	1731	3	104	7906	6175
中部電力	410	1947	951	198	466	500	4	—	4475	3975
北陸電力	290	42	231	193	0	175	1	—	932	758
関西電力	180	1117	1080	328	492	977	2	7	4182	3206
中国電力	316	217	409	99	212	540	1	—	1793	1253
四国電力	125	224	94	96	69	202	1	—	809	607
九州電力	424	489	468	192	230	685	31	—	2519	1834

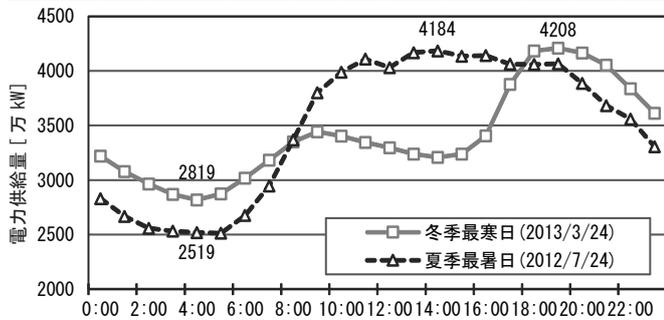


図5 電力供給量実績値（東京電力管内）

の順に発電機が稼働すると仮定する。発電効率及び総合ロス（所内ロス+送配電ロス+変電ロス）を基に受電端発電効率を算出し、発電設備容量で加重平均する事で、各時刻の系統電力の電力供給量に対する受電端時刻別一次エネルギー消費原単位を算出する。尚、水力発電及び原子力発電の設備稼働率は年間を通して100%と仮定している。水力発電及び原子力発電の発電端一次エネルギー消費原単位は0 [MJ/kWh] とする。稼働順位の一例として、図6に東京電力管内の電力供給量と受電端一次エネルギー消費原単位を示す。

### 3.4 時刻別一次エネルギー原単位

図7に東京電力管内の時刻別一次エネルギー消費原単位（原発あり（2012年度））を示す。時刻別一次エネルギー消費原単位は概ね6.6~8.1 [MJ/kWh] 程度で推移しており、電力供給量の比較的少ない中間期及び休日に小さく、電力供給量の比較的多い冬季・夏季及び平日に大きくなる。尚、年平均値<sup>※3</sup>は7.6 [MJ/kWh] である。

## 4 家庭用 FCCGS の計算条件

表5に家庭用 FCCGS の性能・仕様を、表6に PEFC の起動時刻を、表7に家庭用 FCCGS の運転条件を、図8

表4 一般電気事業者9社の総合ロス

一般電気事業者 [%]	北海道電力	東北電力	東京電力	中部電力	北陸電力	関西電力	中国電力	四国電力	九州電力
2011年度	11.9	8.8	7.8	8	9.4	7.9	8.4	9.8	7.7
2012年度	10.7	8.4	7.1	7.7	9.4	7.5	8.3	8.9	7.2

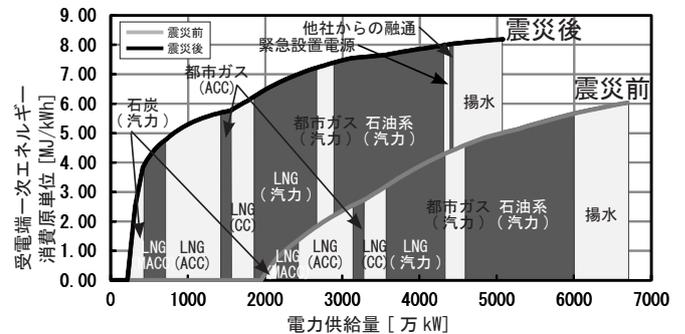


図6 電力供給量と受電端一次エネルギー消費原単位（東京電力管内）

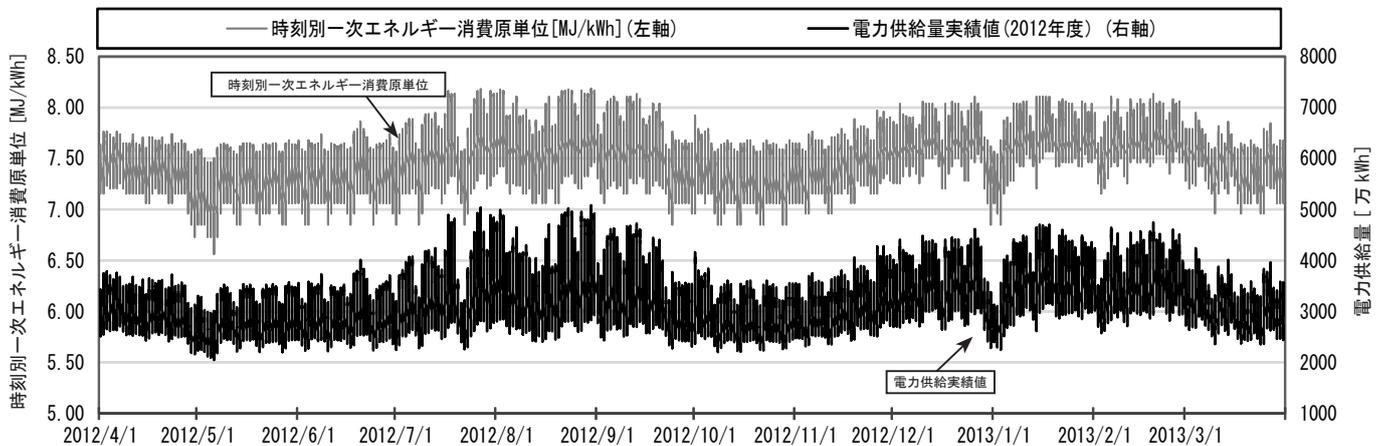


図7 時刻別一次エネルギー消費原単位（原発あり（2012年度）、東京電力管内）

に家庭用 FCCGS の部分負荷時能力曲線を示す。セルスタックの種類は固体高分子形 (PE) と固体酸化物形 (SO) の 2 種類とし、PEFC は P 社製 (燃料: 都市ガス) と T 社製 (燃料: LP ガス) を、SOFC は O 社が販売している現行仕様及び販売予定の将来仕様の 4 機種を計算対象とする。尚、SOFC- II はタンク貯湯量が 30 ℓ の場合と 90 ℓ の場合の計算を行う。PEFC は 1 日 1 回起動停止を行う為、対象地域・季節・住宅種別・運転方法毎に起動時刻を設定する。起動時刻は冬季、夏季、中間期それぞれの最寒日 (日平均外気温が最低を記録した日) を代表日として決定する。尚、9 地域毎の代表都市は

表 5 家庭用 FCCGS の性能・仕様

燃料電池の種類	PEFC- I	PEFC- II	SOFC- I	SOFC- II
性能水準	現行仕様			
燃料種類	都市ガス	LPガス	都市ガス	都市ガス
製造会社	P 社製	T 社製	O 社	
定格効率 (HHV) [%]	発電	35.2%	34.3%	42.0%
	熱回収	50.6%	50.5%	39.2%
	総合	85.8%	84.8%	81.2%
定格出力 [kW]	発電	0.75	0.70	0.70
	熱回収	1.08	1.00	0.65
ガス消費量 [kW]	2.13	2.04	1.67	1.41
貯湯タンク容量 [ℓ]	147	200	90	30/90
起動到達時間 [min]	50		-	
ファン消費電力 [W]	-		4.8	
貯湯温度 [°C]	70			

表 6 PEFC の起動時刻

(1) 冬季最寒日

対象地域	冬季最寒日	運転時定格運転		運転時電主運転		ピーク時定格他電主運転	
		戸建住宅	集合住宅	戸建住宅	集合住宅	戸建住宅	集合住宅
北海道電力管内	2012/12/26	7:40	10:30	7:40	9:50	7:40	10:30
東北電力管内	2012/12/25	8:20	11:00	8:00	10:10	8:10	10:10
関東電力管内	2013/2/24	8:30	12:00	5:40	10:10	7:10	11:50
中部電力管内	2013/1/4	5:40	12:10	4:30	9:10	5:00	10:10
北陸電力管内	2013/2/24	5:50	12:10	5:20	10:10	5:40	12:10
関西電力管内	2013/1/3	8:10	12:10	5:10	10:20	6:10	12:10
中国電力管内	2013/2/7	9:00	12:10	5:40	10:00	7:10	12:00
四国電力管内	2013/2/7	9:30	12:10	4:20	9:00	6:00	12:10
九州電力管内	2013/2/7	9:20	12:10	5:10	10:00	6:50	12:10

(2) 夏季最寒日

対象地域	夏季最寒日	運転時定格運転		運転時電主運転		ピーク時定格他電主運転	
		戸建住宅	集合住宅	戸建住宅	集合住宅	戸建住宅	集合住宅
北海道電力管内	2012/6/13	9:50	12:10	0:55	3:30	0:55	7:15
東北電力管内	2012/6/13	10:05	12:10	0:55	5:40	0:55	9:00
関東電力管内	2012/6/12	10:40	12:10	2:20	11:30	2:20	11:30
中部電力管内	2012/6/22	10:20	12:10	0:55	5:15	0:55	8:40
北陸電力管内	2012/6/1	11:10	12:10	1:00	7:10	5:20	12:10
関西電力管内	2012/6/21	11:50	12:10	1:00	7:00	5:40	12:10
中国電力管内	2012/6/1	11:00	12:10	1:00	7:00	4:20	12:10
四国電力管内	2012/6/5	12:10	12:10	5:20	10:20	7:50	12:10
九州電力管内	2012/9/22	12:10	12:10	1:00	8:30	6:40	12:10

(3) 中間期最寒日

対象地域	中間期最寒日	運転時定格運転		運転時電主運転		ピーク時定格他電主運転	
		戸建住宅	集合住宅	戸建住宅	集合住宅	戸建住宅	集合住宅
北海道電力管内	2012/4/7	5:45	12:10	0:55	1:40	0:55	6:15
東北電力管内	2012/4/7	6:40	12:10	0:55	1:25	0:55	8:10
関東電力管内	2012/4/7	8:40	12:10	0:55	2:05	0:55	12:10
中部電力管内	2012/4/7	6:45	12:10	0:55	1:20	0:55	8:10
北陸電力管内	2012/4/7	8:20	12:10	1:00	1:10	0:55	12:10
関西電力管内	2012/4/7	8:55	12:10	0:55	2:55	0:55	12:10
中国電力管内	2012/4/7	8:55	12:10	0:55	2:55	0:55	12:10
四国電力管内	2012/4/7	9:45	12:10	0:55	5:20	0:55	12:10
九州電力管内	2012/4/1	10:15	12:10	0:55	6:20	0:55	12:10

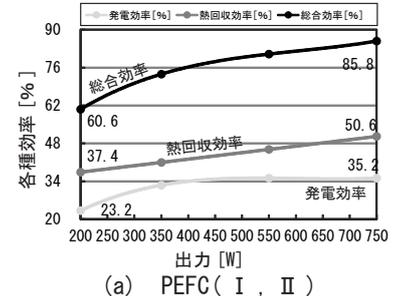
表 7 家庭用 FCCGS の運転条件

PEFC	運転方法	①運転時定格運転 (逆潮流あり) ②運転時電主運転 (逆潮流なし) ③ピーク時定格運転、 その他電主運転 (逆潮流あり)	定格出力で発電を行う。 電力需要に追従して発電を行う。 ピーク時間帯 (13:00~16:00) を定格出力で発電を行い、それ以外の時間帯は電力需要に追従して発電を行う。
	起動条件	起動時刻は給湯需要のピークを迎える 20:45 から稼働時間を逆算し決定する。	起動時刻が 13 時以降になる場合、発電開始時刻が 13 時となる起動時刻を設定する。
	停止条件	作湯量が日積算給湯需要を満たした場合、貯湯タンクが満蓄になった場合及び発電時間が 20 時間に達した場合、発電を停止する。 起動停止は 1 日 1 回とし、1 日当たり 4 時間強制的に停止する。	
SOFC	運転方法	①終日定格運転 (逆潮流あり) ②終日電主運転 (逆潮流なし) ③ピーク時定格運転、 その他電主運転 (逆潮流あり)	定格出力で発電を行う。 電力需要に追従して発電を行う。 ピーク時間帯 (13:00~16:00) を定格出力で発電を行い、それ以外の時間帯は電力需要に追従して発電を行う。
	稼働条件	SOFC は 24 時間 365 日運転し続けるものとする。	

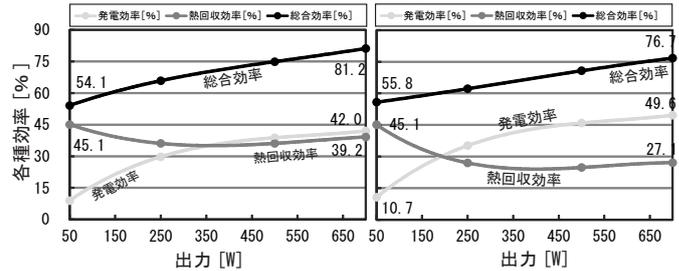
最寒日の日平均外気温が最も低い都市とする。SOFC 設置住戸では、貯湯タンク容量を満たした後の余剰熱はラジエータ (ファンの出力: 4.8W) で大気に放出する。家庭用 FCCGS 稼働時の余剰電力は逆潮流<sup>\*1</sup> させる。電主運転時には図 8 の部分負荷時能力曲線を用いて各効率を変化させる。

5 計算フロー及び計算 case

表 8 に計算パラメータを、表 9 に計算 case を示す。世帯人員数 2 パターン×電源構成 2 パターン×燃料電池の設置・仕様 5 パターン×燃料電池の運転方法 3 パターン=計 60 パターンの計算を行い、本論文では表 9 に示す case について報告を行う。世帯人員数 2 パターンでは、住宅負荷 (電力消費スケジュール (2.5) 及び給湯スケジュール (2.6)) を、電源構成 2 パターンで発電構成における原発の有無 (3.1)、電力供給量 (3.2) 及び時刻別原単位 (3.4) を、燃料電池の設置・仕様 5 パターンで燃料電池の機種・設置条件をそれぞれパラメータとする。尚、家庭用 FCCGS を多数設置した際の導入効果の検討を行う場合、FC の発電電力により系統電力負担分の電力需要が低減されるため、FC 設置前後において系統電力の一次エネルギー消費原単位が減少し、従来住宅及び非住宅部門<sup>\*4</sup> においても一次エネルギー消費量が削減されると考えられる。その為、FC 設置住宅以外の住宅及び非住宅部門も考慮し、FC 導入効果の検討



(a) PEFC (I, II)



(b) SOFC- I (c) SOFC- II

図 8 家庭用 FCCGS の部分負荷時能力曲線

を行う必要がある。比較対象住宅（以下従来住宅）及び家庭用 FCCGS 設置住宅（以下 FC 住宅）の住宅種別・仕様、住宅電力消費スケジュール、給水・給湯データは同様とし、給湯は従来住宅は高効率ガス給湯器（熱効率：95%）、FC 住宅は家庭用 FCCGS（湯量不足時にはバックアップボイラー（熱効率95%）で補う）で行うものとする。設定した各種計算条件を基にパラメータスタディを行い、家庭用 FCCGS 導入前後の一次エネルギー削減量を求め、家庭用 FCCGS の分散型代替電源としての導入効果の検討を行う。

## 6 計算結果

### 6.1 1世帯・1日当たりの計算結果

図9に1世帯・1日当たりの計算結果(case6)を示す。夏季最寒日においてPEFC-Iは13時00分に発電を開始する。その後5時間50分の稼動を行い、18時50分に作湯量が日積算給湯需要量を満たし停止する。SOFC-II(90ℓ)、PEFC-Iによる発電電力量は1日の消費電力量の内それぞれ86.5%、15.1%を賄っており、逆潮流電力量は家庭用FCCGSによる発電電力量の内それぞれ51.3%、68.3%である。又、日平均総合効率はそれぞれ72.3%、85.8%である。

### 6.2 東京電力管内における年間の計算結果

図10に日積算一次エネルギー削減量と日積算供給実績値の年変化(case6、東京電力管内)を示す。FC住宅全体では一次エネルギー消費量は年間で15PJ程度削減される。家庭用FCCGSの導入により対象電力管内全体の電力需要量の系統電力負担分が減少し、系統電力の時刻別一次エネルギー消費原単位が減少する。その為、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

表8 計算パラメータ

項目	計算case
世帯人員数	①戸建住宅：4人、集合住宅：3人 ②戸建住宅：3人、集合住宅：2人
電源構成	①震災前：原発あり(2011年度供給実績値) ②震災後：原発なし(2012年度供給実績値)
燃料電池の仕様・設置条件	①戸建住宅：PEFC-I(都市ガス機：147ℓ)：90%、PEFC-II(LPガス機：200ℓ)：10% 集合住宅：SOFC-I(現行仕様：90ℓ)
	②戸建住宅：PEFC-I(都市ガス機：147ℓ)：90%、PEFC-II(LPガス機：200ℓ)：10% 集合住宅：SOFC-II(将来仕様：30ℓ)
	③戸建住宅：SOFC-I(現行仕様：90ℓ)、集合住宅：PEFC-I(都市ガス機：147ℓ)
	④戸建住宅：SOFC-II(将来仕様：30ℓ)、集合住宅：PEFC-I(都市ガス機：147ℓ)
	⑤戸建住宅：SOFC-II(将来仕様：90ℓ)、集合住宅：PEFC-I(都市ガス機：147ℓ)

表9 計算case

計算case	世帯人員数		電源構成及び電力供給実績値	運転方法	燃料電池の条件	
	戸建住宅	集合住宅			戸建住宅	集合住宅
case1	3人	2人	原発なし(2012年度)	定格運転	SOFC-I	PEFC-I
case2	4人	3人	原発なし(2012年度)	定格運転	SOFC-I	PEFC-I
case3	3人	2人	原発あり(2011年度)	定格運転	SOFC-I	PEFC-I
case4	3人	2人	原発なし(2012年度)	電主運転	SOFC-I	PEFC-I
case5	3人	2人	原発なし(2012年度)	定格運転	SOFC-II(30ℓ)	PEFC-I
case6	3人	2人	原発なし(2012年度)	定格運転	SOFC-II(90ℓ)	PEFC-I
case7	3人	2人	原発なし(2012年度)	定格運転	PE(I:90%+II:10%)	SOFC-II(30ℓ)
case8	3人	2人	原発なし(2012年度)	定格運転	PE(I:90%+II:10%)	SOFC-I

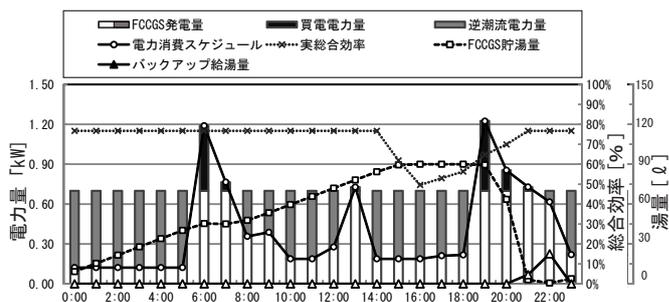
ギー消費量が削減される。東京電力管内での一次エネルギー消費量はcase6の場合、年間で25PJ程度削減される。

### 6.3 日本全国での計算結果

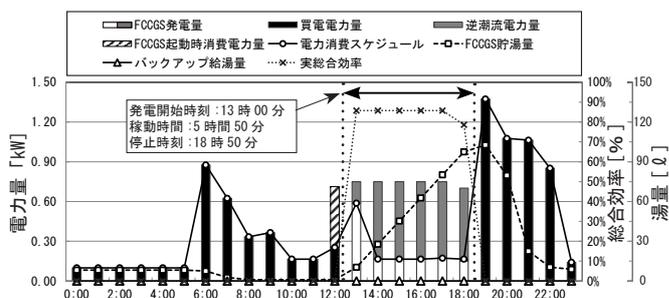
図11に日本全国の日積算一次エネルギー削減量(case6)を示す。各地域での日積算一次エネルギー削減量を合算し、日本全国の一次エネルギー削減量を算出する。case6の場合、日本全国での一次エネルギー消費量は75PJ程度削減される。

### 6.4 各caseの比較

図12に年積算一次エネルギー削減量及び削減率を示す。尚、一次エネルギー削減率は一般電気事業者の火力発電の年間燃料消費量<sup>文9)</sup>に各ガス会社の都市ガスとLPガスの年間販売量<sup>文4)</sup>を加えて算出する(2011年度：5643PJ、2012年度：6093PJ)。case1とcase2について世帯人員数で比較すると、case2(戸建：4人、集合：3人)の方が、給湯の需要が相対的に多い為、FC住宅における一次エネルギー削減量が多く、総一次エネルギー削減量も多くなる。case1とcase3について電源構成で比較すると、どちらの場合でも総一次エネルギー消費量は削減されるが、case3(原発あり(2011年度))ではFC住宅の一次エネルギー消費量は増加している。原発を含めた発電構成の場合、系統電力の一次エネルギー消費原単位が小さい為、一次エネルギー削減量は相対的に小さくなる。case1とcase4について燃料電池の運転方法で比較すると、逆潮流分の発電電力があるため、定格運転を行ったcase1の方が一次エ



(1) 東京都、戸建住宅：3人、震災後、SOFC-II(90ℓ)、夏季最寒日、定格運転



(2) 東京都、集合住宅：2人、震災後、PEFC-I、夏季最寒日、定格運転

図9 1世帯・1日当たりの計算結果(case6)

エネルギー削減量は多い。case1 と case5 について SOFC の仕様を比較すると、case5 の方が将来仕様で発電効率が高い為、一次エネルギー削減量が多くなる。case5 と case6 について貯湯タンク容量で比較すると、case6 の方が貯湯タンク容量が大きく、大気に放熱されるエネルギーが少なくなる為、FC 住宅における一次エネルギー削減量が多く、総一次エネルギー削減量も多くなる。尚、case6 は最も一次エネルギー削減量が多く、全体で 75PJ 削減される。燃料電池の設置条件について case1 と case8 及び case5 と case7 で比較すると、総一次エネルギー削減量に大きな差は見られない。一次エネルギー削減率は、原発なし (2012 年度) の case では 0.6 ~ 1.3% 程度となる。

### 7 まとめ

- ① 夏季最寒日において PEFC- I は 5 時間 50 分の稼動を行う。SOFC- II (90 ℓ)、PEFC- I による発電電力量は 1 日の消費電力量のそれぞれ 86.5%、15.1% を賄っており、逆潮流電力量は家庭用 FCCGS による発電電力量の内それぞれ 51.3%、68.3% である。又、日平均総合効率はそれぞれ 72.3%、85.8% である。
- ② 電源構成で比較すると、どちらの場合でも総一次エネルギー消費量は削減されるが、原発あり (2011 年度) では FC 住宅の一次エネルギー消費量が増加する。原発を含めた発電構成の場合、系統電力の一次エネルギー消費原単位が小さい為、一次エネルギー削減

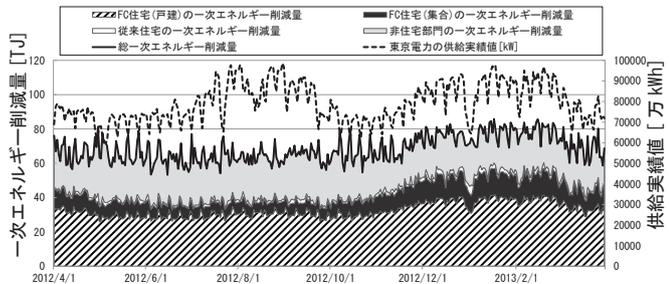


図 10 日積算一次エネルギー削減量と日積算供給実績値の年変化 (case6: 東京電力管内、定格運転、戸建住宅 (3 人、SOFC- II (90 ℓ))、集合住宅 (2 人、PEFC- I)、原発なし (2012 年度))

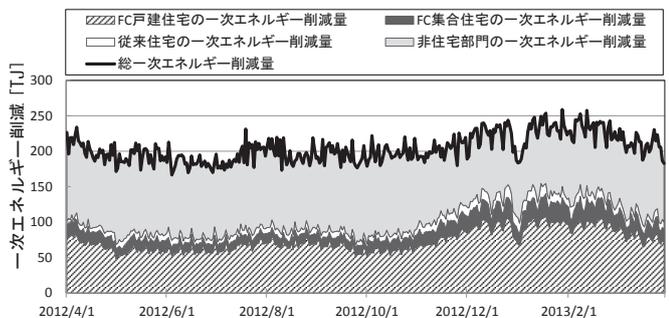


図 11 日本全国の日積算一次エネルギー削減量 (case6: 定格運転戸建住宅 (3 人、SOFC- II (90 ℓ))、集合住宅 (2 人、PEFC- I)、原発なし (2012 年度))

量は相対的に小さくなる。

- ③ 世帯人員数で比較すると、世帯人員数の多い方が、給湯需要が相対的に多い為、一次エネルギー削減量も多くなる。
- ④ 燃料電池の運転方法で比較すると、定格運転を行った場合が一次エネルギー削減量は多い。
- ⑤ SOFC の仕様で比較すると、将来仕様では発電効率が高い為、一次エネルギー削減量は多くなる。
- ⑥ SOFC- II (将来仕様) について貯湯タンク容量で比較すると、貯湯タンク容量が大きい方が、大気に放熱されるエネルギーが少なくなる為、一次エネルギー削減量は多くなる。
- ⑦ 一次エネルギー削減率は、原発なし (2012 年度) の case では 0.6 ~ 1.3% 程度となる。

### 注釈

- ※1 逆潮流とは自家発電により発電した余剰電力を系統電力側に逆流させる事を言う。現状では、家庭用 FCCGS の余剰電力は系統連系規定により逆潮流出来ない。
- ※2 静岡県は富士川以東を東京電力が、富士川以西を中部電力がそれぞれ供給管轄地域としているため、代表都市は富士川以東の市町村で世帯数、世帯人員数ともに最大<sup>2)</sup>である富士市、富士川以西については県庁所在地である静岡市とする。
- ※3 時刻別原単位の年平均値は、各時刻における時刻別原単位をその時刻における電力供給実績値により加重平均して算出する。
- ※4 非住宅部門の電力消費量については 1 世帯当たりの電力消費量及び世帯数から、電力管内全体での家庭部門の電力消費量を算出する。各電力会社の電力供給実績値から家庭部門の電力消費量を差し引いた残りを非住宅部門の電力消費量とする。

### 参考文献

- 文 1) 赤林伸一、坂口淳、有波裕貴、小池洋：「家庭用燃料電池による一次エネルギー削減効果に関する研究その 1~2」日本建築学会大会学術講演梗概集、2014 年
- 文 2) 総務省統計局：平成 22 年国勢調査
- 文 3) 宇田川光弘：標準問題の提案 住宅用標準問題、日本建築学会環境工学委員会熱分科会第 15 回シンポジウムテキスト、1985
- 文 4) ガス事業便覧：平成 25 年度版
- 文 5) 空調調和衛生工学会：住宅消費エネルギー計算法委員会
- 文 6) 気象庁：http://www.jma.go.jp/jma/index.html
- 文 7) 前、高須ら：住宅における給湯日消費量の季節・短期変動、日本建築学会環境学論文集、No. 622, pp. 73-80, 2007. 12
- 文 8) 建築環境・省エネルギー機構：住宅事業建築主の判断基準
- 文 9) 電気事業連合会 電力統計情報：燃料実績
- 文 10) 田中俊六：温対法と省エネの原単位問題「全電源平均」と「火力平均」、2007 年
- 文 11) 経済産業省：資源エネルギー庁
- 文 12) 北海道電力 web ページ：http://www.hepco.co.jp/
- 文 13) 東北電力 web ページ：http://www.tohoku-epco.co.jp/
- 文 14) 東京電力 web ページ：http://www.tepco.co.jp/
- 文 15) 中部電力 web ページ：http://www.chuden.co.jp/
- 文 16) 北陸電力 web ページ：http://www.rikuden.co.jp/
- 文 17) 関西電力 web ページ：http://www.kepco.co.jp/
- 文 18) 中国電力 web ページ：http://www.energia.co.jp/
- 文 19) 四国電力 web ページ：http://www.yonden.co.jp/
- 文 20) 九州電力 web ページ：http://www.kyuden.co.jp/
- 文 21) 一般財団法人電力土木技術協会：水力発電所データベース http://www.jepoc.or.jp/hydro/

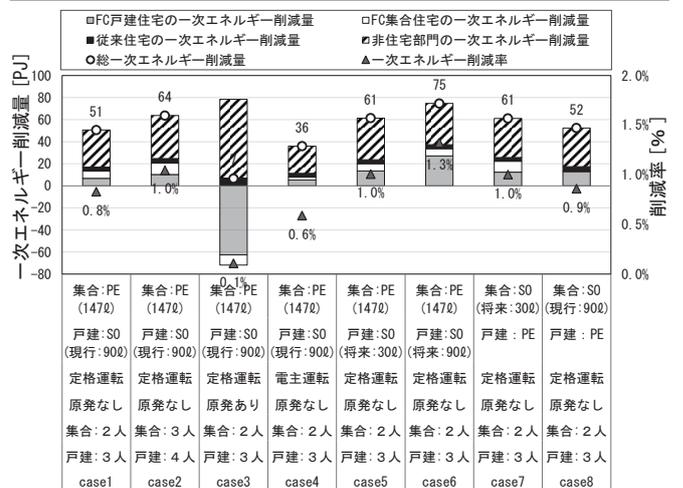


図 12 全国の年積算一次エネルギー削減量と削減率