

燃料電池を用いた関東地方における電力ピークカットに関する研究

小池 洋
指導教員 赤林伸一教授

1 研究目的

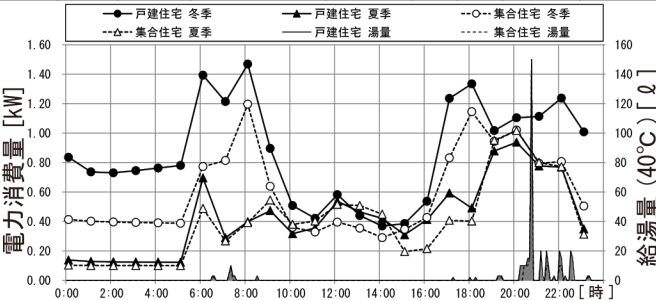
東日本大震災の影響により日本国内では一部を除き原子力発電所が全面停止し、火力発電所も一部被災し停止している（2013 年 1 月現在）。原発停止による電力供給不足の影響を受け、節電の意識は高まっているが、当面の間は冬季・夏季の電力需要ピーク時の電力需給の逼迫が懸念される。現在、政府により代替電源として再生可能エネルギーによる電源を全電源の約 30%にする政策が進められている。しかし、風力・太陽光発電等は天候により発電量が不安定であり、電力会社によっては補助電源の設置が必要となり、設備過多となる可能性がある。そこで本研究では、代替電源として家庭用燃料電池コージェネレーションシステム（以下家庭用 FCCGS）を対象とする。東京電力管内の戸建及び集合住宅に多数の家庭用 FCCGS を設置し、燃料電池の種類、発電出力及び運転方法を変化させて稼働させた場合の一次エネルギー削減量、CO₂ 削減量、ランニングコストの削減量を求め、電力需要のピークカット及び分散型代替電源としての導入効果の評価を行う事を目的とする。

2 住宅モデルと解析条件

2.1 対象地域と住宅モデル：表 1 に対象住宅の解析条件を示す。解析対象地域は東京電力管内とする。解析対象住宅は、戸建住宅では日本建築学会住宅用標準問題モデル、集合住宅で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。

表 1 対象住宅の解析条件

住宅形式	世帯数 [万世帯]	世帯人員数 [万人]	1 世帯当たり 世帯人員数[人/世帯]	給湯量 (40℃) [L/日]	給水温度 [℃]				給湯量 (60℃)※2 [L/日]	
					1 月	8 月	1 月	8 月	1 月	8 月
戸建住宅	889	2513	3	400	6.3	25.0	1	252	173	173
集合住宅	942	1782	2	268						



2.2 電力・給湯スケジュール：図 1 に対象住宅の電力消費及び給湯スケジュールを示す。日本建築学会拡張アメダス気象データ（標準年）の外気温データ及び IBEC^{※1} の給水温度推定式^{文1)} を基に各都市の給水温度を算出する。算出した給水温度、1 日当たりの平均世帯人数別給湯量 (40℃) ^{文2)} 及び IBEC の給湯スケジュール^{文1)} を基に、冬季・夏季の給湯量 (60℃) ^{※2)} を求め時刻別のスケジュールを作成する。又、生活スケジュール自动生成プログラム SCHEDULE 及び熱負荷シミュレーションソフト TRNSYS により対象住宅の照明、各種機器（テレビ等）及び空調の消費電力を算出し、各住宅にお

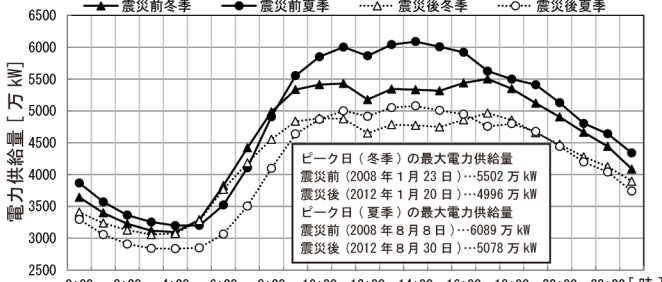


図 2 震災前後のピーク日の電力供給量

解析 case		case1		case2		case3		case4		case5	
住宅形式		戸建	集合	戸建	集合	戸建	集合	戸建	集合	戸建	集合
燃料電池の種類		PEFC	PEFC	PEFC	SOFC-I	PEFC	SOFC-II	SOFC-I	SOFC-I	SOFC-II	SOFC-II
定格能力 (HIV基準)	出力 [kW]	0.75		0.75	0.70	0.75	1.50	0.70	0.70	0.70	1.50
	定格	0.75		0.75	0.70	0.75	1.50	0.70	0.70	0.70	1.50
	最小	0.05		0.05	0.05	0.11	0.11	0.05	0.05	0.11	0.11
	効率 [%]	36	42	36	42	36	42	36	42	36	42
移動時ガス消費量 [kW]	発電	45	45	39	45	39	39	39	39	39	39
	移動時ガス消費量 [kW]	2.1	2.1	1.7	2.1	3.6	1.7	3.6	1.7	3.6	1.7
給湯能力 (60℃) [L/日]	冬季	14	14	14	14	30	14	30	14	30	14
	夏季	21	21	22	21	46	22	46	22	46	22
運転方法		熱主定 格運転	熱主定 格運転	熱主定 格運転	case A ~ case E	熱主定 格運転	case A ~ case E	case A ~ case E	case A ~ case E	case A ~ case E	case A ~ case E

表 3 一次エネルギー換算値及び CO₂ 排出原単位

(1) 一次エネルギー換算値		MJ/kWh
電力	火力発電平均値 (省エネ法による)	
	昼間: 8 時~22 時	
	夜間: 22 時~8 時	
都市ガス	東京電力の全電源平均値 (全日)	MJ/m ³
	H23 年度	
	時刻別値	

(2) CO ₂ 排出原単位		kg-CO ₂ /kWh
電力	東京電力 CO ₂ 排出原単位	
	H20 年度	
	H23 年度	
都市ガス	火力発電需要端 CO ₂ 排出原単位	kg-CO ₂ /Nm ³
	東京ガス CO ₂ 排出原単位	
	CO ₂ 排出原単位	

表 4 電気及び都市ガスの料金プラン				
(1) 買電・逆潮流料金プラン				
時間帯別電灯	電力量料金・逆潮流料金	昼間：7 時～23 時	27.85	円/kWh
		夜間：23 時～7 時	11.82	
従量電灯	電力量料金		18.89	
		逆潮流料金	18.89	
	逆潮流料金	昼間：7 時～23 時	18.89	
		夜間：23 時～7 時	11.82	
(2) 都市ガス料金プラン				
一般料金	冬季	従量	40.34	円/立方メートル
		基本	1,000	
		基本	1,000	
家庭用 FCCGS 料金	夏季	従量	40.34	円/立方メートル
		基本	1,000	
		基本	1,000	

ける時刻別の電力消費スケジュールを作成する。

3 解析方法

図2に震災前後のピーク日の電力供給量、表2に家庭用 FCCGS の性能・解析条件、表3に一次エネルギー換算値及びCO₂ 排出原単位、表4に電気及び都市ガスの料金プラン、表5に固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の運転方法を示す。東京電力管内において解析 case 毎に家庭用 FCCGS の解析条件、各種換算値を組み合せ、家庭用 FCCGS 導入前後^{※3}の一次エネルギー消費量、CO₂ 排出量及びランニングコストを算出する。その際の家庭用 FCCGS の設置台数は、一次エネルギー換算値が時刻別値の場合、総世帯数の5%、10%、20%、30%、40%及び50%とし、他の換算値では50%として解析を行う。尚、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 (ファンの消費電力 4.8W) で大気に放出する。

4 解析結果

図3～8に震災前冬季・夏季の一台当たりの各種換算値毎の一次エネルギー削減量、CO₂ 削減量及びランニングコスト削減量を示す。冬季において一次エネルギー換算値に全電源平均値を用いた場合の一次エネルギーは、case4-A, C, E で最も多く削減される。又、case1 では冬季・夏季ともにいずれの換算値を用いた場合でも一次エネルギー、CO₂ 排出量及びランニングコストが削減される。一次エネルギー換算値に火力発電平均値を用いた場合の一次エネルギー、火力発電需要端の CO₂ 排出原単位を用いた場合のランニングコストは、冬季・夏季ともにほぼ全ての case で一次エネルギー、CO₂ 排出量及びラン

表5 固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の運転方法

解析case	運転方法
case A	終日定格運転
case B	ピーク時間帯 (9 時～19 時) は定格出力運転、それ以外の時間帯は最小出力 (アイドリング) 運転
case C	ピーク時間帯 (9 時～19 時) は定格出力運転、それ以外の時間帯は電主運転
case D	7 時～23 時は定格出力運転、それ以外の時間帯は最小出力 (アイドリング) 運転
case E	7 時～23 時は定格出力運転、それ以外の時間帯は電主運転

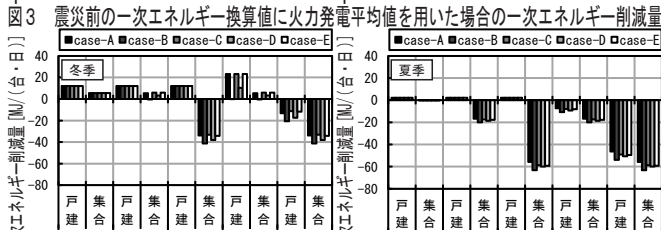
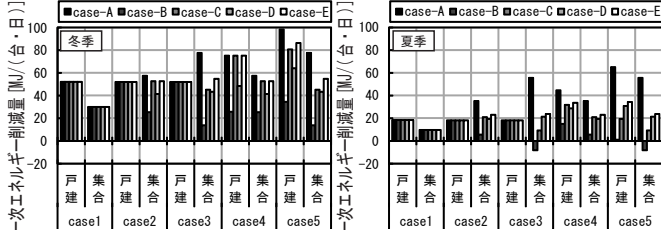


図3 震災前の一次エネルギー換算値に火力発電平均値を用いた場合の一次エネルギー削減量

図4 震災前の一次エネルギー換算値に全電源平均値を用いた場合の一次エネルギー削減量

ニングコストは削減される。

5 まとめ

- ①冬季では一次エネルギー換算値に全電源平均値を用いた場合の一次エネルギーは、case4-A, C, E で最も削減される。
- ② case1 では冬季・夏季ともにいずれの換算値を用いた場合でも一次エネルギー、CO₂ 排出量及びランニングコストは削減される。
- ③一次エネルギー換算値に火力発電平均値を用いた場合の一次エネルギー、火力発電需要端の CO₂ 排出原単位を用いた場合の CO₂ 排出量及び時間帯別電灯料金プランを用いた場合のランニングコストは、冬季・夏季ともにほぼ全ての case で一次エネルギー、CO₂ 排出量及びランニングコストは削減される。

注釈

- ※1 建築環境・省エネルギー機構
- ※2 家庭用 FCCGS では、60℃の湯を貯湯しており、月毎の給水温度の水と混ぜ合わせる事で使用温度 (40℃) の湯を作り出す。
- ※3 比較対象住宅は電力・給湯需要共に家庭用 FCCGS 使用住宅と同時刻に発生するものとする。給湯機器は高効率ガス給湯器 (熱効率 95%) を使用し、空調は電力 (エアコン: 冷暖房平均 COP 3) で賄い、電力は系統電力からの買電とする。
- ※4 逆潮流とは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事を言う。現在、電力会社は家庭用 FCCGS からの逆潮流を認めていない。

参考文献

- 文1) 建築環境・省エネルギー機構: 住宅事業建築主の判断基準 6章給湯設備のエネルギー消費量に関する評価方法
- 文2) 前、高須ら: 住宅における給湯日消費量の季節・短期変動, 日本建築学会環境系論文集, No. 622, pp. 73-80, 2007. 12

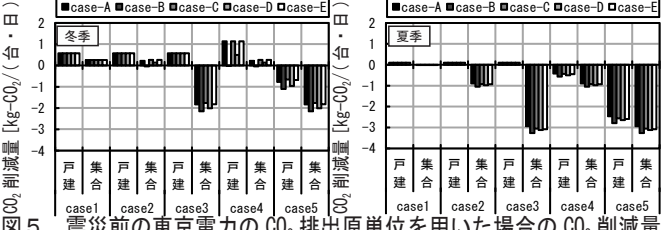


図5 震災前の東京電力のCO₂ 排出原単位を用いた場合のCO₂ 削減量

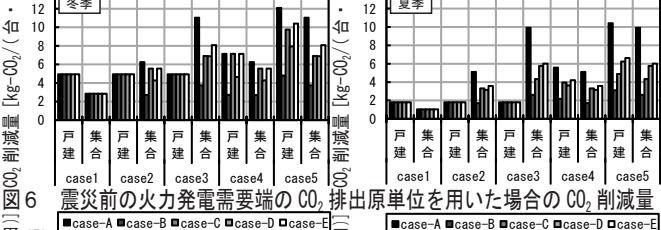


図6 震災前の火力発電需要端のCO₂ 排出原単位を用いた場合のCO₂ 削減量

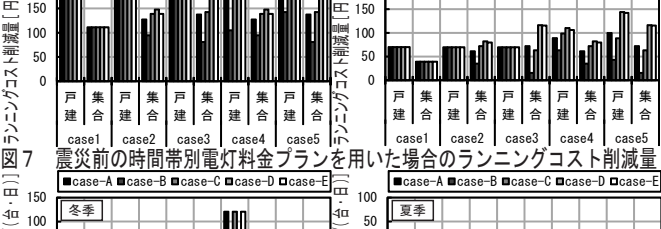


図7 震災前の時間帯別電灯料金プランを用いた場合のランニングコスト削減量



図8 震災前の従量電灯料金プランを用いた場合のランニングコスト削減量