

家庭用燃料電池のライフサイクルコストに関する研究

F15E042F 佐藤 広基
 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8月に川内原子力発電所1号機が福島第一原子力発電所事故以降、全国で初めて稼働を再開したが、他の原子力発電所は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。しかし、現時点で火力発電設備の受電端で平均発電効率は約41%であり、発電効率は年々上昇し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。

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、各家庭で消費される電力の一部を発電により賄うとともに、排熱を給湯などに利用することで総合効率を約80%に向上させることができる。家庭用FCCGSは「日本再興戦略」（平成27年6月30日閣議決定）において2030年度までに全国で530万台^{*1}導入することが目標とされている。

既往の研究^{文1)}では家庭用FCCGSが多数普及した場合の我が国全体における一次エネルギー削減効果を明らかにした。しかし、家庭用FCCGSはインシヤルコストが極めて高価であり、現在の価格^{*2}は固体酸化物形燃料電池（以下SOFC）で約195万円、固体高分子形燃料電池（以下PEFC）で約145万円となっている。従って、家庭用FCCGS導入にあたってはランニングコストを検討し、減価償却年数を考慮したライフサイクルコストについて検討する必要がある。

本研究では家庭用FCCGS導入時のライフサイクルコストの算出に必要な日本全国における一般電気事業者の電気料金及び一般ガス事業者のガス料金を調査し、既往の研究^{文1)}で算出した家庭用FCCGS導入住宅（以下FC住宅）におけるSOFC及びPEFCの稼働シミュレーションを基に、戸建住宅及び集合住宅の年間エネルギー

コストの算出を行い、導入を促進させるための料金設定やインシヤルコストの削減の検討をすることを目的とする。

2 研究概要

2.1 解析対象地域・住宅：図1に住宅モデル平面を示す。対象地域は沖縄県^{*3}を除く46都道府県の戸建住宅及び集合住宅とする。戸建住宅は日本建築学会住宅用標準問題モデル^{文2)}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：2.57[W/(m²・K)]、集合住宅：2.20[W/(m²・K)]である。

2.2 生活スケジュール：生活スケジュールの作成には生活スケジュール自動生成プログラムSCHEDULE^{文3)}を用いる。世帯人員数は戸建住宅では3人及び4人の2パターン、集合住宅では2人及び3人の2パターンとし、冬季・夏季・中間期の平日・休日における在室パターン及び各種機器・照明の電力消費スケジュールを作成する。

2.3 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。気象データには気象庁^{文4)}が公表している1時間毎の気象データを用いる。但し空調スケジュールはSCHEDULEを使用せず、在室時空調とし空調温度、

表1 対象住宅の空調・換気条件

空調条件 (在室時空調)	エアコン (年平均 COP:3.0)	冷房	設定温度	28[°C]
			期間	6月～9月
		暖房	設定温度	20[°C]
			期間	11月～3月
換気条件	換気回数		0.5[回/h]	
	台所レンジフード排気風量		300[m ³ /h]	

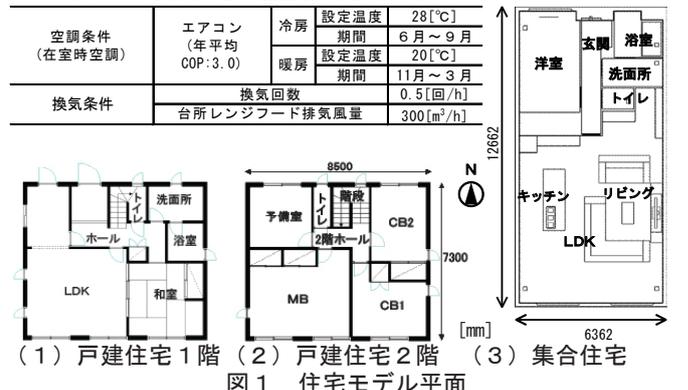


図1 住宅モデル平面

空調期間を TRNSYS で設定し、1 時間当りの電力消費量を求める。2.2 で算出した各種機器・照明電力スケジュールに空調用電力を加算し電力消費スケジュールを求める。

2.4 給湯スケジュール：気象データの外気温度データ及び、IBEC^{文4)}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湯量(40℃)における日給湯量^{文5)}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。

3 ランニングコストの算出

ランニングコストの算出は各都道府県単位で行う。

3.1 電気料金の算出：図2に一般電気事業者による供給需要家数の割合^{文6)}を示す。日本では、電気事業法(1964年公布)の対象となる電気事業として、一般電気事業、卸電気事業、特定電気事業及び特定規模電気事業に分類される。各家庭への電力供給は一般電気事業者により行われる為、本報では日本国内の一般電気事業者9社の電気料金プランの調査を行う。調査を行う電気料金プランは家庭で最も多く契約されている従量電灯プラン^{※4)}とする。尚、本研究では燃料費調整額、太陽光発電促進付加金、再生可能エネルギー発電促進賦課金、口座振替割引は考慮しない。料金プランの一例として、表2に東京電力及び東北電力の電気料金プランを示す。

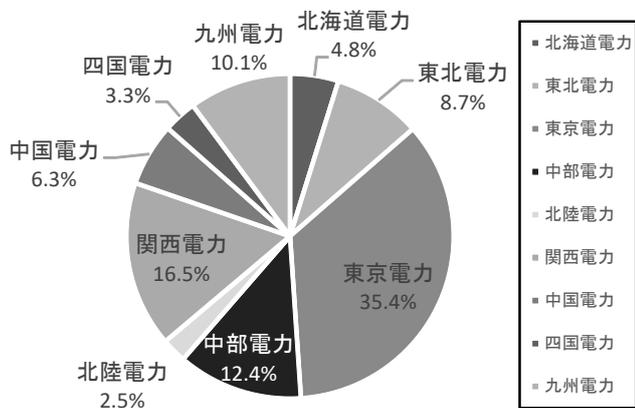


図2 一般電気事業者による供給需要家数の割合^{文6)}

表2 東京電力及び東北電力の電気料金プラン

一般電気事業者	東京電力		東北電力		
	区分	単位	料金単価[円]	単位	料金単価[円]
基本料金	10A	1契約	280.80	1契約	324.00
	15A	〃	421.20	〃	486.00
	20A	〃	561.60	〃	648.00
	30A	〃	842.40	〃	972.00
	40A	〃	1123.20	〃	1296.00
	50A	〃	1404.00	〃	1620.00
電力量料金	60A	〃	1684.80	〃	1944.00
	0~120kWh	1kWh	19.43	1kWh	18.24
	121~300kWh	〃	25.91	〃	24.87
	301kWh~	〃	29.93	〃	28.75

家庭用 FCCGS による逆潮流^{※5)}電力は一般電気事業者が買取ると仮定し、その際の売電従量単価は買電従量単価と同様とする。各家庭の従量電力料金は月毎の買電電力量と逆潮流電力量の収支から正味の電力消費量を算出し、従量単価を乗算することで算出する。更に、従量料金に契約アンペア数によって決定する基本料金を加算し、毎月の電気料金の算出を行う。

3.2 ガス料金の算出：表3にガス事業の分類^{文7)}を示す。各家庭にガスを供給する事業はガス事業法(1954年公布)の対象となる一般ガス事業及び簡易ガス事業と、液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律(1967年公布)の対象となるLPガス販売事業に分類される。LPガス販売事業者のガス料金は公共料金に含まれず、料金プランを自由に設定できる為、本報では調査対象としない。調査を行うガス料金プラン

表3 ガス事業の分類^{文7)}

	一般ガス事業	簡易ガス事業	LPガス販売事業
事業者数	205事業者	1,452事業者	21,052事業者
需要件数	約2,900万件	約140万件	約2400万件
ガス販売量	約363億m ³ /年	約1.7億m ³ /年	約80億m ³ /年

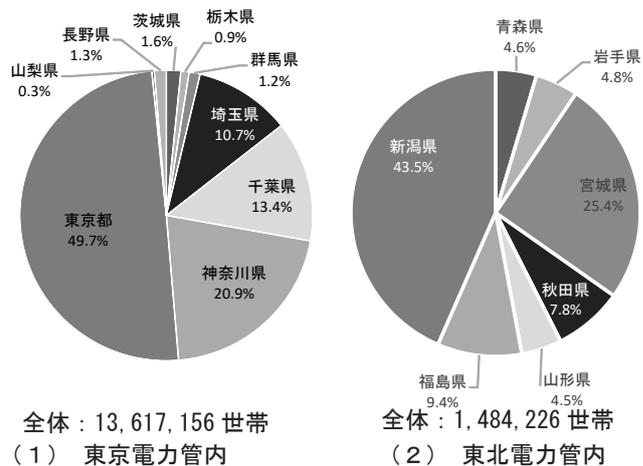


図3 東京電力管内及び東北電力管内における各県の一般ガス事業者の需要家数の割合

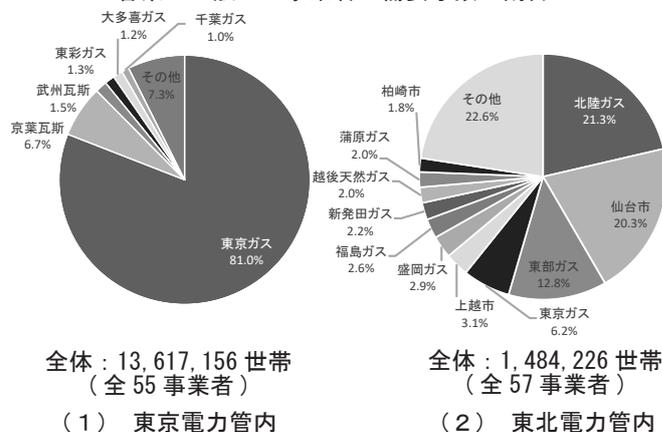


図4 東京電力管内及び東北電力管内における各一般ガス事業者の需要家数の割合

は沖縄県を除く日本全国の一般ガス事業者である 204 事業者とする。

図 3 に東京電力管内及び東北電力管内における各県の一般ガス事業者の需要家数の割合を、図 4 に東京電力管内及び東北電力管内における各一般ガス事業者の需要家数の割合を示す。各都県の一般ガス事業者の需要家数は東京電力管内では東京都が 49.7% (6,774,239 世帯) を占めており、東北電力管内では新潟県が 43.5% (645,231 世帯) を占めている。その中でも東京電力管内では東京ガスが 81.0% (10,703,029 世帯) を占める。東北電力管内では北陸ガスが 21.3% (363,393 世帯) を占め、次いで、仙台市ガス局が 20.3% (345,750 世帯) となる。

ガス料金は FC 住宅と家庭用 FCCGS を導入しないで、ガス給湯器^{※6}を使用する住宅(以下一般住宅)で異なる料金が設定されているため、一般ガス事業者における一般住宅用ガス料金及び FC 住宅用ガス料金についてそれぞれ調査を行う。尚、本研究では他の設備使用によるセット割引、口座振替割引、原料費調整制度による従量料金の変化は考慮しない。料金プランの一例

表 4 東京都における一般ガス事業者の一般住宅用ガス料金及び FC 住宅用ガス料金
(1) 一般住宅用ガス料金プラン

事業者名	区分[m ³]	基本料金[円]	従量料金[円/m ³]
東京ガス	0~20	724.5	161.17
	21~80	997.5	147.52
	81~200	1165.5	145.42
	201~500	2005.5	141.22
	501~800	6205.5	132.82
青梅ガス	801~	12058.5	125.47
	0~26	745.2	148.91
	27~80	1070.2	136.41
	81~202	1223.8	134.49
武陽ガス	203~	3076.1	125.32
	0~25	524.9	222.12
	26~70	1593.0	179.39
昭島ガス	71~200	2008.8	173.45
	201~	2646.0	170.27
	0~25	678.2	194.65
昭島ガス	26~255	1123.2	176.86
	256~	5744.5	158.73

(2) FC 住宅用ガス料金プラン

事業者名	区分[m ³]	基本料金[円]	従量料金[円/m ³]	
東京ガス	冬季(12月~4月)	0~20	745.2	165.78
		21~80	1458.0	130.14
		81~	1890.0	124.74
青梅ガス	冬季(12月~4月)	0~	4158.0	85.74
		0~	3402.0	70.67
武陽ガス	冬季(12月~4月)	0~20	524.9	194.55
		21~70	1987.2	121.43
		71~	3672.0	97.36
昭島ガス	冬季(12月~4月)	0~20	524.9	194.55
		21~	2754.0	83.09
昭島ガス	その他期	0~	2862.0	109.43

として、表 4 に東京都における一般ガス事業者の一般住宅用ガス料金及び FC 住宅用ガス料金を示す。毎月のガス料金は 1 ヶ月のガス使用量によって変化する基本料金、使用量に従量単価を乗算した従量料金の合計によって算出される。

図 5 に一般ガス事業者のガスグループ及びガスの単位発熱量を、図 6 に各電力管内の中で最も一般ガス事業者による需要家数の割合が多い都道府県を代表とした 9 都道府県(以下代表都道府県)における一般住宅及び FC 住宅を対象としたガス料金を示す。各都道府県内各一般ガス事業者で取り扱うガスグループ、ガスの単位発熱量が異なる為、各都道府県におけるガス料金は一般ガス事業者毎にガス種別で単位発熱量当たりの価格に換算し、各都道府県において一般ガス事業者の需要家数で加重平均することにより算出する。

4 家庭用 FCCGS の種類と性能

表 5 に家庭用 FCCGS と高効率ガス給湯器の性能と価格を、表 6 に家庭用 FCCGS の運転条件を示す。家庭用 FCCGS は SOFC の現行及び将来仕様の 2 機種と PEFC とする。耐久年数は稼働開始からオーバーホールまでの年数(10 年)とする。尚、SOFC 導入住宅は給湯需要を

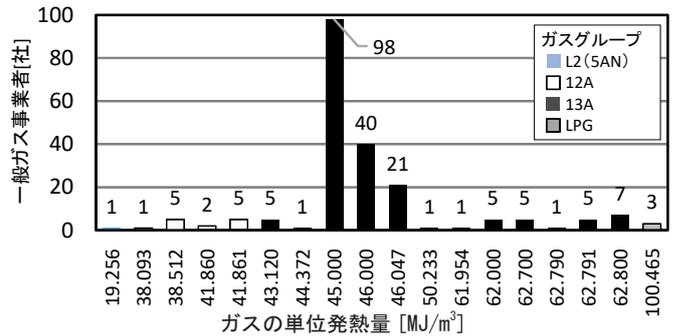
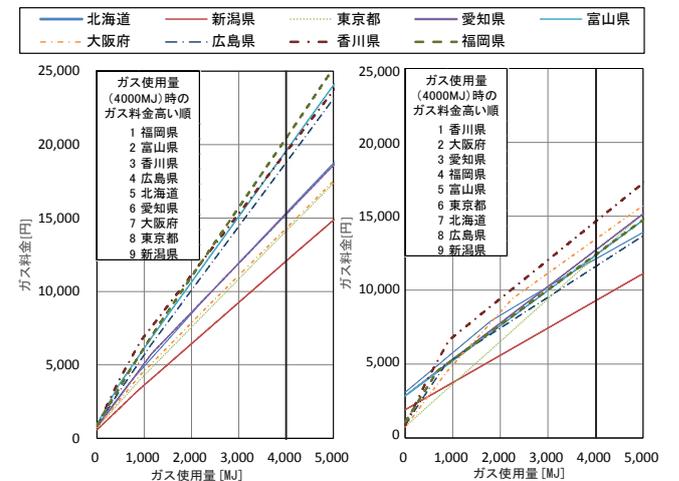


図 5 一般ガス事業者のガスグループ及びガスの単位発熱量



(1) 一般住宅用ガス料金 (2) FC 住宅用ガス料金

図 6 代表都道府県における一般住宅及び FC 住宅を対象としたガス料金

満たした後の余剰熱はラジエータ（ファンの出力：4.8W）で大気へ放出する。FC住宅の発電余剰電力は逆潮流させ、湯量不足時にはバックアップボイラ（熱効率：95%）を用いる。家庭用 FCCGS のインシャルコストは、本体価格（希望小売価格^{※7}）の他に、設置費用、補助金を考慮すると、SOFC は 195 万円、PEFC は 145 万円となる。尚、補助金は平成 26 年度民生用燃料電池導入支援事業^{※8}により交付されるものを考慮する。

5 解析 case

表 7 に解析 case を示す。FC 住宅及び一般住宅の住宅種別・仕様、電力消費・給湯スケジュールは同様とする。両住宅共に空調はエアコン（平均 COP:3.0）で行い、給湯は一般住宅は高効率ガス給湯器（熱効率：95%）、FC 住宅は家庭用 FCCGS で賄う。住宅種別、世帯人員数、設置 FC、FC 運転方法を変化させ、FC 住宅の年間エネルギーコストの算出を行う。インシャル

表 5 家庭用 FCCGS と高効率ガス給湯器の性能と価格

機種	燃料種類	SOFC-I (現行仕様)	SOFC-II (将来仕様)	PEFC	高効率ガス給湯器(24号)	
		都市ガス	都市ガス	都市ガス	都市・LPガス	
性能	定格効率 (HHV) [%]	発電	42.0	49.6	35.2	—
		熱回収	39.2	27.1	50.6	—
	定格出力 [kW]	発電	0.70	0.70	0.75	—
		熱回収	0.65	0.38	1.08	—
	ガス消費量 [kW]	1.67	1.41	2.13	48.4(最大)	
	貯湯タンク容量 [L]	90	30	147	—	
	出湯温度 [°C]	70	70	60	70	
	バックアップボイラ熱効率 [%]	95				
	耐久年数 [年]	10				
	価格	希望小売価格 ^{※7} [万円]	215	215	160	25
設置費用 [万円]		20				
補助金 [万円]		40	40	35	—	
導入価格 [万円]		195	195	145	28	

表 6 家庭用 FCCGS の運転条件

機種	運転条件	運転条件
		共通条件

表 7 解析 case

解析case	住宅種別	世帯人員数	設置FC	FC運転方法
case1	戸建住宅	3人	SOFC-I	終日定格運転
case2	戸建住宅	4人	SOFC-I	終日定格運転
case3	戸建住宅	3人	SOFC-II	終日定格運転
case4	戸建住宅	3人	PEFC	運転時定格運転
case5	戸建住宅	3人	SOFC-I	終日電主運転
case6	戸建住宅	3人	SOFC-I	ピーク時定格運転他電主運転
case7	集合住宅	2人	SOFC-I	終日定格運転
case8	集合住宅	3人	SOFC-I	終日定格運転
case9	集合住宅	2人	SOFC-II	終日定格運転
case10	集合住宅	2人	PEFC	運転時定格運転
case11	集合住宅	2人	SOFC-I	終日電主運転
case12	集合住宅	2人	SOFC-I	ピーク時定格運転他電主運転

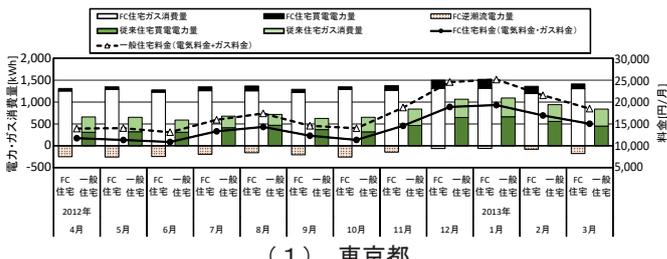
コストと算出したランニング時のエネルギーコストにより家庭用 FCCGS のライフサイクルコスト評価を行う。

6 解析結果

6.1 東京都及び新潟県における年間の解析結果：図 7 に東京都及び新潟県における一世帯当たりの電力・ガス消費量とランニングコストの月積算値の推移 (case1) を示す。SOFC-I を導入し、終日定格運転を行った場合、一般住宅と比較して燃料電池の稼働によりガス消費量は増加するが、燃料電池の発電により買電電力量は減少し、逆潮流による売電を含めると東京都では1カ月当たり約2千~6千円のランニングコストが削減され、年間ランニングコストが約4万3千円削減される。新潟県では、東京都より FC 住宅用ガス料金が安い為、1カ月当たり約5千~1万円のランニングコストが削減され、年間ランニングコストが約8万円削減される。

東京都と新潟県共に FC 住宅では燃料電池の発電により買電電力量が少なくなる為、一般住宅で買電電力量が多い、冬季(11~3月)、夏季(6~9月)、中間期(4、5、10月)の順にランニングコスト削減額が多い。又、FC 住宅における逆潮流電力による売電料金は電力消費量の少ない、中間期、夏季、冬季の順に少なくなる。

6.2 東京都における各 case の解析結果：図 8 に東京都における各 case の電力・ガス消費量と年間ランニングコスト削減額を示す。戸建住宅 (case1~6) において、世帯人員数の違い (case1: 3人, case2: 4人) で比較すると、case2 では case1 と比較して給湯の需要が多く、燃料電池の大気放熱量が減少し、総合効率が向上するため、年間ランニングコスト削減額は多くなる。



(1) 東京都



(2) 新潟県

図 7 一世帯当たりの電力・ガス消費量とランニングコストの月積算値の推移 (case1) (戸建住宅、世帯人員数3人、FC住宅：SOFC-I (終日定格運転)、一般住宅：高効率ガス給湯器 (24号))

今回の解析 case では case2 が最も年間ランニングコスト削減額が多く、年間で約 5 万円削減される。家庭用 FCCGS の機種の違い (case1, 3, 4) で比較すると、発電効率の高い SOFC- II を用いる case3 が 3 case の中で最も年間ランニングコスト削減額が多い。又、PEFC の運転による年間ランニングコスト削減額が今回の解析 case の中で最も少なく約 2 万円である。これは SOFC- I・II と比較して PEFC は作湯量が日積算給湯需要を満たした場合、稼働を停止する為、燃料電池の稼働時間が他の case と比較して短い為である。家庭用 FCCGS の運転条件の違い (case1, 5, 6) で比較すると、case1 では逆潮流電力量が比較的多いため、年間ランニングコスト削減額が 3 case の中で最も多くなる。集合住宅 (case7 ~ 12) でも戸建住宅 (case1 ~ 6) と同様の傾向があるが、全 case

で戸建住宅と比較し集合住宅では年間ランニングコスト削減額が約 5 千 ~ 2 万円 (約 50 ~ 80%) 減少する。

6.3 東京都及び新潟県における減価償却までの年数：
表 8 に東京都及び新潟県の戸建住宅において FC 住宅用ガス料金プランとイニシャルコストを変化させた場合の減価償却までの年数 (case1, 3, 4) を示す。caseA を基準とし、caseB では 3.2 で算出した FC 住宅用ガス料金を半額として年間ランニングコスト削減量を算出する。caseC ではイニシャルコストを 2016 年度の目標値 (SOFC- I・II : 80 万円、PEFC: 70 万円) とし、caseD ではイニシャルコストを 2030 年度の目標値 (SOFC- I・II : 60 万円、PEFC: 50 万円) とする。caseE は耐久年数までに減価償却するためのイニシャルコストを算出する。

東京都では現状の料金設定 (caseA) の場合、減価償却するためには SOFC- I・II では約 35 ~ 40 年、PEFC では約 60 年かかる。caseB では約 13 ~ 18 年、caseC では約 11 ~ 21 年、caseD では約 7 ~ 11 年で減価償却が可能となる。耐久年数 (10 年) までに減価償却 (caseE) するためには SOFC- I を約 70 万円、SOFC- II を約 77 万円、PEFC を約 48 万円とする必要がある。

新潟県では現状の料金設定 (caseA) の場合、減価償却するためには SOFC- I・II では約 20 年、PEFC では約 31 年かかる。caseB では約 11 ~ 15 年、caseC では約 6 ~ 11 年、caseD では約 4 ~ 6 年で減価償却が可能となる。耐久年数までに減価償却 (caseE) するためには SOFC- I・II を約 110 万円、PEFC を約 66 万円とする必要がある。

6.4 全国における解析結果： 図 9 に代表都道府県における電力・ガス消費量と年間ランニングコスト削減額を示す。最も年間ランニングコストの削減額が多い県は、北海道であり、戸建住宅で約 10 万円、集合住宅で

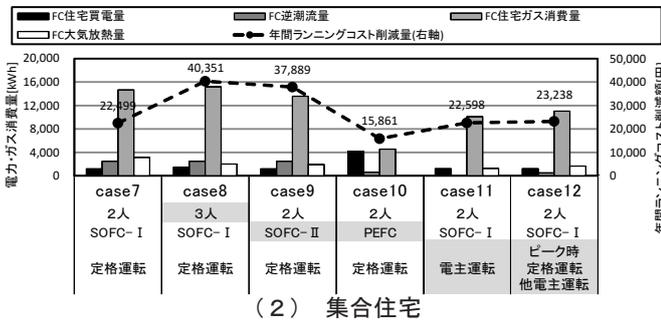
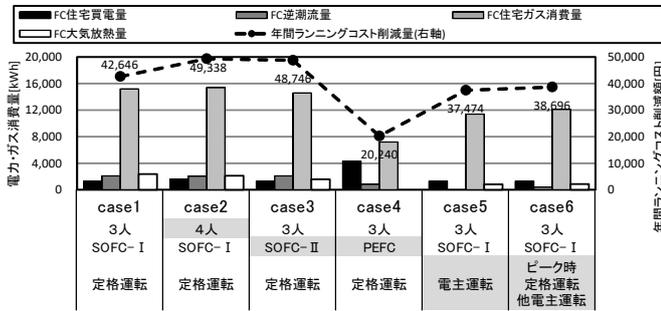


図 8 東京都における各 case の電力・ガス消費量と年間ランニングコスト削減額

表 8 東京都及び新潟県の戸建住宅において FC 住宅用ガス料金プランとイニシャルコストを変化させた場合の減価償却までの年数 (case1, 3, 4)

解析case		caseA	caseB	caseC	caseD	caseE	
解析条件		現状料金設定	FC住宅用ガス料金プラン半額	イニシャルコスト低下 (2016年度の目標値)	イニシャルコスト低下 (2030年度の目標値)	イニシャルコスト低下 (10年で減価償却)	
東京都	イニシャルコスト [万円]	SOFC-I: 195.0 SOFC-II: 195.0 PEFC: 145.0 高効率ガス給湯器: 28.0	195.0 195.0 145.0 28.0	80.0 80.0 70.0 28.0	60.0 60.0 50.0 28.0	70.6 76.7 48.2 28.0	
	年間ランニングコスト削減額 [万円]	SOFC-I: 4.3 SOFC-II: 4.9 PEFC: 2.0	12.7 12.8 6.7	4.3 4.9 2.0	4.3 4.9 2.0	4.3 4.9 2.0	
	減価償却までの年数 [年]	SOFC-I: 39.2 SOFC-II: 34.3 PEFC: 57.8	13.1 13.0 17.5	12.2 10.7 20.8	7.5 6.6 10.9	10.0 10.0 10.0	
	新潟県	イニシャルコスト [万円]	SOFC-I: 195.0 SOFC-II: 195.0 PEFC: 145.0 高効率ガス給湯器: 28.0	195.0 195.0 145.0 28.0	80.0 80.0 70.0 28.0	60.0 60.0 50.0 28.0	108.2 111.5 65.8 28.0
		年間ランニングコスト削減額 [万円]	SOFC-I: 8.0 SOFC-II: 8.3 PEFC: 3.8	14.3 14.5 7.6	8.0 8.3 3.8	8.0 8.3 3.8	8.0 8.3 3.8
		減価償却までの年数 [年]	SOFC-I: 20.8 SOFC-II: 20.0 PEFC: 31.0	11.7 11.6 15.4	6.5 6.2 11.1	4.0 3.8 5.8	10.0 10.0 10.0

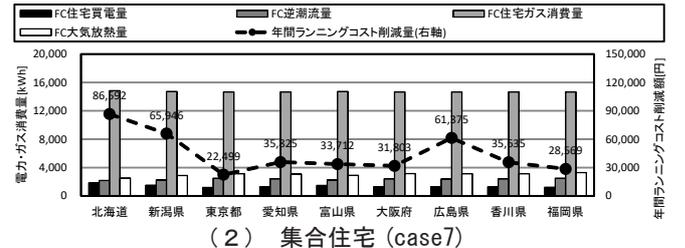
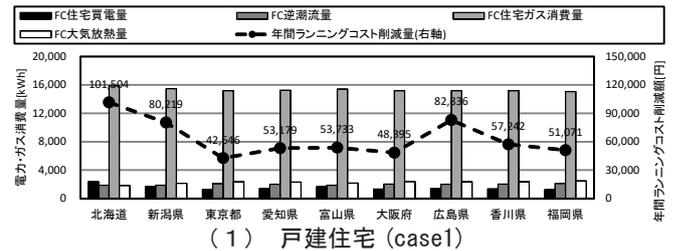


図 9 代表都道府県における電力・ガス消費量と年間ランニングコスト削減額

(戸建住宅の世帯人員数：3人、集合住宅の世帯人員数：2人、FC住宅：SOFC-I (終日定格運転)、一般住宅：高効率ガス給湯器 (24号))

は約9万円削減される。又、最も削減額が少ない県は東京都であり、戸建住宅で約4万円、集合住宅では約2万円の削減となる。北海道と東京都の年間ランニングコストの削減額の差は約6万円である。

北海道電力管内（北海道）及び東北電力管内（新潟県）では給湯の熱量が多く必要なため、燃料電池の 대기放熱量が減少し、総合効率が向上するため、年間ランニングコスト削減額は多くなる傾向がある。又、広島県では電力消費量は大阪府や香川県と比較して年間エネルギーコストに殆ど差がないが、一般住宅用ガス料金が他県と比較して高く、FC住宅用ガス料金は安い為、年間ランニングコスト削減額が多くなる。

7 まとめ

7.1 case1における年間の解析結果

①FC住宅では燃料電池の発電により買電電力量が少なくなる為、一般住宅で買電電力量が多い、冬季（11～3月）、夏季（6～9月）中間期（4、5、10月）の順にランニングコスト削減額が多い。

7.2 各 case の解析結果

①戸建住宅（case1～6）において、世帯人員数の違い（case1:3人, case2:4人）で比較すると、case2ではcase1と比較して給湯の需要量が多く、燃料電池の 대기放熱量が減少し、総合効率が向上するため、年間ランニングコスト削減額は多くなる。

②今回の解析 case では case2 が最も年間ランニングコスト削減額が多く、年間で約5万円削減される。又、PEFCの運転による年間ランニングコスト削減額（case4）が最も少なく、年間で約2万円である。

③家庭用 FCCGS の運転条件の違い（case1, 5, 6）で比較すると、case1では逆潮流電力量が比較的多いため、年間ランニングコスト削減額が3caseの中で最も多くなる。

7.3 減価償却までの年数

①東京都において現状の料金設定（caseA）で減価償却するためには SOFC- I・II では約35～40年、PEFC では約60年かかる。

②東京都において耐久年数までに減価償却（caseE）するためには SOFC- I を約70万円、SOFC- II を約77万円、PEFC を約48万円とする必要がある。

③東京都においてイニシャルコストを2030年度の目標値（SOFC- I・II :60万円、PEFC:50万円）とした場合（caseD）、約7～11年で減価償却が可能となる。

7.4 全国における解析結果

①最も年間ランニングコストの削減額が多い県は、北海道であり、戸建住宅で約10万円、集合住宅では約9万円削減される。又、最も削減額が少ない県は東

京都であり、戸建住宅で約4万円、集合住宅では約2万円の削減となる。北海道と東京都の年間ランニングコストの削減額の差は約6万円である。

②北海道電力管内（北海道）及び東北電力管内（新潟県）では給湯の熱量が多く必要なため、燃料電池の 대기放熱量が減少し、総合効率が向上するため、年間ランニングコスト削減額は多くなる傾向がある。

注釈

- ※1 全世帯数の約1割程度を普及目標とする。又、2020年度において140万台の普及を目標としている。
- ※2 本体価格の他、設置費用、補助金などを含めた総額。
- ※3 沖縄電力は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、燃料電池の稼働シミュレーションを行っていない。
- ※4 北海道電力・東北電力・東京電力・中部電力・北陸電力・九州電力は従量電灯Bプランを、関西電力・中国電力・四国電力は従量電灯Aプランを対象とする。
- ※5 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。
- ※6 本研究では、高効率ガス給湯器（熱効率95%）とする。
- ※7 SOFCは大阪ガス（<http://home.osakagas.co.jp/>）の販売する希望小売価格、PEFCは東京ガス（<http://www.tokyo-gas.co.jp/>）の販売する希望小売価格とする。

参考文献

- 文1) 赤林ら「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3」日本建築学会大会学術講演梗概集, 2015年
- 文2) 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年
- 文3) 気象庁: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 文4) 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5) 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年12月
- 文6) 電気事業連合会 電力統計情報 web ページ: <http://www.fepc.or.jp>
- 文7) ガス事業便覧:平成26年度版
- 文8) 一般社団法人 燃料電池普及促進協会 web ページ: <http://www.fca-enefarm.org/>
- 文9) 北海道電力 web ページ: <http://www.hepco.co.jp/> 電気料金単価は平成26年11月1日実施単価
- 文10) 東北電力 web ページ: <http://www.tohoku-epco.co.jp/> 電気料金単価は平成26年4月1日実施単価
- 文11) 東京電力 web ページ: <http://www.tepco.co.jp/> 電気料金単価は平成26年3月1日実施単価
- 文12) 中部電力 web ページ: <http://www.chuden.co.jp/> 電気料金単価は平成26年5月1日実施単価
- 文13) 北陸電力 web ページ: <http://www.rikuden.co.jp/> 電気料金単価は平成26年6月1日実施単価
- 文14) 関西電力 web ページ: <http://www.kepco.co.jp/> 電気料金単価は平成26年6月1日実施単価
- 文15) 中国電力 web ページ: <http://www.energia.co.jp/> 電気料金単価は平成27年4月1日実施単価
- 文16) 四国電力 web ページ: <http://www.yonden.co.jp/> 電気料金単価は平成27年4月1日実施単価
- 文17) 九州電力 web ページ: <http://www.kyuden.co.jp/> 電気料金単価は平成26年3月1日実施単価
- 文18) 東京ガス web ページ: <http://www.tokyo-gas.co.jp/> 一般住宅用ガス料金単価・FC住宅用ガス料金単価は平成27年12月10日実施単価
- 文19) 青梅ガス web ページ: <http://www.omegas.co.jp/> 一般住宅用ガス料金単価・FC住宅用ガス料金単価は平成26年4月1日実施単価
- 文20) 武揚ガス web ページ: <http://www.buyo-gas.co.jp/> 一般住宅用ガス料金単価は平成27年1月20日実施単価 FC住宅用ガス料金単価は平成26年12月22日実施単価
- 文21) 昭島ガス web ページ: <http://www.akishimagas.co.jp/> 一般住宅用ガス料金単価は平成26年4月1日実施単価 FC住宅用ガス料金単価は平成26年6月6日実施単価