家庭用燃料電池のライフサイクルコストに関する研究
東北電力管内を対象としたケーススタディ

志田　眸
指導教員　　赤林　伸一　教授

❶ 研究目的

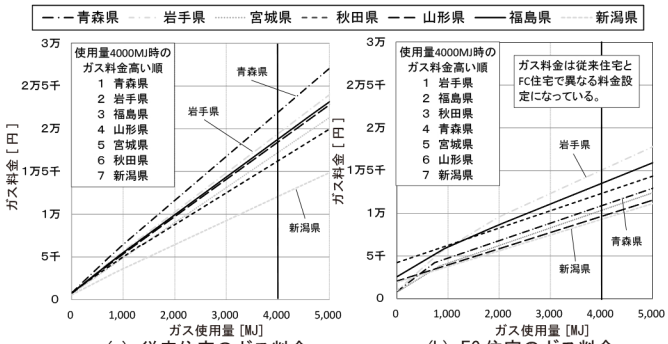
家庭用 FCCGS※1は、各家庭で消費される電力の一部を発電により賄うとともに、排熱を給湯などに利用することで総合効率を約 80%に向上させることができる。家庭用 FCCGS は 2030 年までに全国で 530 万台導入する事が目標※2とされており、既往の研究文1) では燃料電池が多数普及した場合の我が国全体における一次エネルギー削減効果を明らかにしている。しかし、家庭用 FCCGS はイニシャルコストが極めて高価であり、家庭用 FCCGS 導入時のライフサイクルコストについて検討する必要がある。

本研究では東北電力管内※3の電気･ガス料金を調査し、既往の研究文1) で算出した FC 住宅※4における固体酸化物形燃料電池（SOFC）及び固体高分子形燃料電池（PEFC）の稼働シミュレーションを基に、戸建住宅の年間エネルギーコストの算出を行い､家庭用FCCGSのライフサイクルコスト評価を行い、導入を促進させるための料金設定やイニシャルコストの削減の検討をすることを目的とする。

❷ 研究概要

2.1　解析対象：対象住宅は東北電力管内の戸建住宅とする。住宅モデルは日本建築学会住宅用標準問題モデルを用いる。熱損失係数は 2.57[W/(m^2・K)] とする。

2.2　電気・ガス料金：図 1 に東北電力管内の各県における従来住宅※5及び FC 住宅を対象としたガス料金を、表 1 に東北電力文2) の電気料金を示す。ガス料金の調査対象は東北電力管内を管轄する各ガス事業者文3) とする。ガス料金はガス種別で単位発熱量当たりの価格に換算し、各県において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。又、家庭用 FCCGS からの逆潮流※6電力の売電単価は買電単価と同じとする。



(a) 従来住宅のガス料金　　(b) FC 住宅のガス料金

図 1　東北電力管内の各県における従来住宅※5及び FC 住宅を対象としたガス料金

表 1　東北電力文2) の電気料金

		区分	単位	料金単価[円]
従量電灯B	基本料金	40A	1契約	1,296
	電力量料金	0～120kWh	1kWh	18.24
		121～300kWh	1kWh	24.87
		301kWh～	1kWh	28.75

表 2　対象住宅の空調・換気条件

空調条件（在室時空調）	エアコン（平均COP：3.0）	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]

2.3　解析条件：表 2 に対象住宅の空調・換気条件を、表 3 に家庭用 FCCGS と高効率ガス給湯器の性能と価格を、表 4 に家庭用 FCCGS の運転条件を、表 5 に解析 case を示す。SOFC 及び PEFC の稼働シミュレーションには既往の研究文1) のデータを使用する。FC 住宅及び従来住宅共に空調はエアコン（平均 COP:3.0）で行い、給湯は FC 住宅は家庭用 FCCGS、従来住宅は高効率ガス給湯器（熱効率 :95%）で賄う。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。FC 住宅及び従来住宅において年間のエネルギーコストを算出し、イニシャルコストを含めて評価を行う。

❸ 解析結果

3.1　新潟県における年間の解析結果：図 2 に新潟県に

表 3　家庭用 FCCGS と高効率ガス給湯器の性能と価格

機種			SOFC-Ⅰ（現行仕様）	SOFC-Ⅱ（将来仕様）	PEFC	高効率ガス給湯器(24号)
性能	燃料種類		都市ガス	都市ガス	都市ガス	都市・LPガス
	定格効率(HHV)[%]	発電	42.0	49.6	35.2	—
		熱回収	39.2	27.1	50.6	—
		総合	81.2	76.7	85.8	—
	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[℃]		70	70	60	70
	バックアップボイラ熱効率[%]		95			
	耐久年数※8[年]		10			
価格	希望小売価格[万円]		215	215	160	25
	設置費用[万円]			20		3
	補助金[万円]		40	40	35	—
	導入価格[万円]		195	195	145	28

表 4　家庭用 FCCGS の運転条件

SOFC	①終日定格運転	・定格出力で運転を行う。(逆潮流あり)
	②終日電主運転	・電力需要に追従して運転を行う。(逆潮流なし)
	③ピーク時定格運転他電主運転	・ピーク時(13:00～16:00)は定格出力で運転を行い、それ以外の時間帯は電力需要に追従して運転を行う。(ピーク時:逆潮流あり、その他:逆潮流なし)
	稼動条件	・SOFCは24時間365日運転し続けるものとする。 ・余剰排熱はファンにより大気中に放熱する。
PEFC	運転時定格運転	・定格出力で運転を行う。(逆潮流あり)
	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。 ・発電開始時刻が13時以降になる場合、発電開始時刻は13時とする。
	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時間に達した場合に発電を停止する。 ・起動停止は1日1回とし、1日当たり4時間は強制的に停止する。

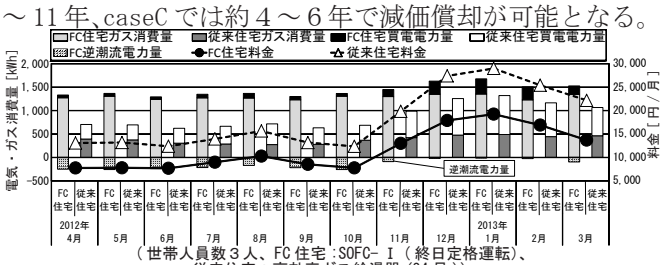
表 5　解析 case

解析case	世帯人員数	FC設置条件	FC運転条件
case1	3人	SOFC-Ⅰ	終日定格運転
case2	4人	SOFC-Ⅰ	終日定格運転
case3	3人	SOFC-Ⅱ	終日定格運転
case4	3人	PEFC	運転時定格運転
case5	3人	SOFC-Ⅰ	終日電主運転
case6	3人	SOFC-Ⅰ	ピーク時定格運転他電主運転

おける一世帯あたりの電気・ガス消費量とランニングコスト※7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、従来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年間ランニングコストは約８万円削減される。

3.2　新潟県における各 case の解析結果：図３に新潟県における各 case の電気・ガス消費量と年間ランニングコスト削減額を示す。世帯人員数の違い（case1,2）で比較すると、case2 では case1 と比較して給湯の需要量が多いため、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。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、約８万５千円削減される。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３case の中で最も年間ランニングコスト削減額が多い。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。

表６に新潟県において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、caseC 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。caseD は耐久年数※8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。caseA の場合、減価償却するために SOFC-Ⅰ・Ⅱでは約 20 年、PEFC では約 30 年かかる。caseB では約６～11 年、caseC では約４～６年で減価償却が可能となる。



（世帯人員数３人、FC 住宅:SOFC-Ⅰ（終日定格運転）、従来住宅：高効率ガス給湯器（24 号））

図２　新潟県における一世帯あたりの電気・ガス消費量とランニングコスト※7の月積算値の推移（case1）

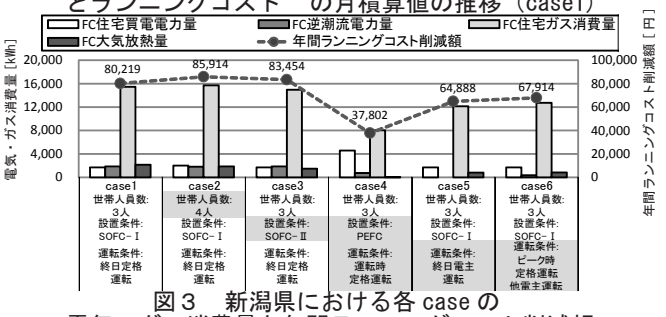


図３　新潟県における各 case の電気・ガス消費量と年間ランニングコスト削減額

10 年で減価償却（caseD）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。

3.3　東北電力管内の各県における解析結果：図４に東北電力管内の各県における電気・ガス消費量と年間ランニングコスト削減額（case1）を示す。最も年間ランニングコストの削減額が多い県は、従来住宅のガス料金が最も高く、FC 住宅のガス料金が比較的安い青森県であり、約 11 万円削減される。また、最も削減額が少ない県は岩手県であり、約４万円の削減にとどまる。青森県と岩手県の年間ランニングコストの削減額の差は約７万円となる。

4　まとめ

①新潟県で世帯人員数が３人の戸建住宅に SOFC-Ⅰを設置し、終日定格運転を行った場合、年間ランニングコストは約８万円削減される。

②家庭用 FCCGS の種類の違い（case1,3,4）で比較すると、発電効率が高い SOFC-Ⅱを用いる case3 が３case 中で最も年間ランニングコストの削減額が多くなる。

③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多くなり、年間ランニングコスト削減額が３case の中で最も多くなる。

④耐久年数までに減価償却するためには、イニシャルコストを SOFC-Ⅰ・Ⅱで約 110 万円、PEFC では約 66 万円とする必要がある。

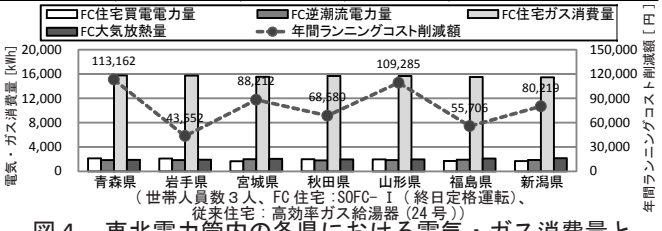
⑤東北電力管内の７県の中では青森県の年間ランニングコスト削減額が約 11 万円と最も多い。

※1　家庭用燃料電池コージェネレーションシステム
※2　「日本再興戦略」（平成 27 年６月 30 日閣議決定）における家庭用燃料電池の普及目標。全世帯数の約１割を目標とする。
※3　東北電力の供給地域（青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、新潟県）の７県とする。
※4　家庭用 FCCGS 導入住宅
※5　家庭用 FCCGS を導入せず、高効率ガス給湯器を使用する住宅。
※6　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 からの逆潮流を認めていない。
※7　電気料金は東北電力の従量電灯Ｂを、ガス料金は FC 住宅には家庭用 FCCGS 用ガス料金を、従来住宅には一般ガス料金を適用させる。
※8　稼働からオーバーホールまでの年数とする。

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３，４」日本建築学会大会学術講演梗概集、2015 年
文２）東北電力　http://www.tohoku-epco.co.jp
文３）ガス事業便覧：平成 26 年度版

表６　新潟県において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
解析条件		現状料金設定	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）
イニシャルコスト［万円］	SOFC-Ⅰ	195.0	80.0	60.0	108.2
	SOFC-Ⅱ	195.0	80.0	60.0	111.5
	PEFC	145.0	70.0	50.0	65.8
	高効率ガス給湯器	28.0	28.0	28.0	28.0
年間ランニングコスト削減額［万円］	SOFC-Ⅰ	8.0	8.0	8.0	8.0
	SOFC-Ⅱ	8.3	8.3	8.3	8.3
	PEFC	3.8	3.8	3.8	3.8
減価償却までの年数［年］	SOFC-Ⅰ	20.8	6.5	4.0	10.0
	SOFC-Ⅱ	20.0	6.2	3.8	10.0
	PEFC	31.0	11.1	5.8	10.0



（世帯人員数３人、FC 住宅:SOFC-Ⅰ（終日定格運転）、従来住宅：高効率ガス給湯器（24 号））

図４　東北電力管内の各県における電気・ガス消費量と年間ランニングコスト削減額（case1）