

家庭用燃料電池による電力需要のピークカットに関する研究

その1 東北電力管内を対象としたシミュレーション結果

PEAK ELECTRICITY DEMAND REDUCTION BY INSTALLATION OF FUEL CELL COGENERATION SYSTEM IN RESIDENCES

Part1 Results of simulations for the district of Tohoku Electric Power Company

赤林伸一*, 坂口 淳**, 大嶋拓也***, 市川裕幸****, 有波裕貴****

Shin-ichi AKABAYASHI, Jun SAKAGUCHI, Takuya OSHIMA, Hiriyuki ICHIKAWA and Yuki ARINAMI

One of the effects of the 2011 Tohoku earthquake and the subsequent power disruptions was an increased demand for electricity. As a result, there have been societal efforts to reduce electricity usage and to provide electrical power more equitably. Private power generation by a fuel cell cogeneration system (FCCGS) recently proposed for home use is expected to advance the efficient utilization of primary energy sources and contribute to energy conservation. In this paper, we present the results of a case study on peak electricity demand by modeling the district served by the Tohoku Electric Power Company. The study analyzes the effects on peak power demand if residences in the district were equipped with FCCGSs. For this study, we assume that the FCCGSs are installed in groups of 100,000 units. The groups are composed of FCCGS units with different rated outputs whose hours of operation throughout the day are distributed among the groups. Power supply, primary energy consumption, and CO₂ emission amounts both before and after the installation of FCCGSs are recorded in order to quantify the cut in peak demand for electricity. The results of the study demonstrate that peak demand can be cut if FCCGSs are installed in 5% or less (in winter) and about 25% (in summer) of all the private residences in the district served by Tohoku Electric Power Company

Keywords : *Simulation, Peak Electricity Demand Reduction, Fuel Cell Co-generation System for Residence*

シミュレーション, 電力需要量のピークカット, 家庭用燃料電池コージェネレーションシステム

1. はじめに

IT化による電力需要の増加や震災による電力不足により、住宅の電力消費の抑制が求められている。2012年2月時点において、東北電力管内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止し、更に水害により水力発電所の一部が停止したため、火力発電によってピーク電力とともに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。火力発電設備は定期点検を行う必要があるため、今後も冬季、夏季の電力需要ピーク時に電力供給量の逼迫が懸念される。電力は蓄電が困難^{註1)}であり、安定的に電力供給を行うためにはピーク時間帯の電力消費量を抑制し、電力需要を平準化することが重要となる。又、現時点で火力発電設備の平均発電効率は約42%、送電ロスを含めると約37%程度であり、発電効率は技術開発により年々上昇する傾向にあるが、多量の排熱が有効活用されず大気中及び海中に放出され続ける限り、飛躍

的な1次エネルギー利用の高効率化は期待できない。

一方、2007年時点における民生部門のエネルギー消費量の増加率は他部門に比べて最も高く、住宅におけるエネルギー消費の削減は増々求められている。このため、電力需要のピークカットや1次エネルギー消費量の削減に配慮したエネルギー供給システムの高効率化を行う必要があると考えられる。1次エネルギー消費の抑制手法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(家庭用FCCGS)による自家発電がある。このシステムは都市ガスなどを改質し燃料となる水素を取り出し、大気中の酸素との反応で発電し、更に発電時の廃熱を給湯・暖房に利用することで1次エネルギーの利用効率を向上することができ、省エネルギー効果が期待されている。

現在、福島第一原発の事故を受けて、原子力発電の有無を見直す機運が高まっており、政府の調査¹⁾によれば、国民の過半数が原子

* 新潟大学大学院自然科学研究科 教授 工学博士

** 新潟県立大学国際地域学部国際地域学科 教授 博士(工学)

*** 新潟大学工学部建設学科 助教 博士(環境学)

**** 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生

Prof., Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., Dr. Eng.

Prof., Faculty of International Studies and Regional Development, Department of International Studies and Regional Development, University of Niigata Prefecture, Dr. Eng. Research Assoc., Faculty of Engineering, Niigata University, Ph. D. Environ. Graduate Students, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ.

力発電に頼らない電力供給を望んでいると報道されている。原子力発電を廃止した場合、代替電源の検討は重要であり、現在の電力会社の主流であるLNGを燃料とするコンバインド型のガスタービン火力発電だけでなく、新たに分散型発電である家庭用燃料電池を地域に多数配置した場合の効果について検証することには意義がある。現在、電力会社は太陽光発電、風力発電等の再生可能エネルギー由来の電力は国の固定価格買取制度により、やむなく逆潮流を認めており^{注2)}、電力会社の発電単価と比較して相対的に高い価格で電力を買い取り電力料金に上乗せされている。燃料電池による発電電力は再生可能エネルギー由来の電力では無いため政府の制度上、逆潮流は認めていない。これは燃料電池が個々の住宅の使用状況によりばらばらに運転されるため、電力会社の運転計画に影響を及ぼすことが逆潮流を認めない理由の一つである^{注2)}。燃料電池の発電電力は逆潮流が出来ないため、定格出力を住宅で使用されるベース電力程度(700W)に抑え、更にベース電力が低下した場合には発電出力を低下させ運転を行なっている。又、電子レンジの様に短時間使用する電力に対しては燃料電池の出力調整が間に合わないため、系統電力に頼っているのが現状である。しかし、各住宅に設置された燃料電池の稼働状況を電力会社がコントロール出来れば^{注3)}燃料電池の余剰電力を逆潮流することが可能^{注2)}となり、各住戸に設置された燃料電池の電力を原子力発電所の代替電源の一部として使用し、燃料電池の稼働時間を制御することによって電力需要のピークカットに対応できる可能性も考えられる。これらを解析することは、今後の我が国の電力エネルギー供給を検討するための有用な資料になると考えられる。



図1 解析対象住宅(標準住宅モデル)

表1 解析対象機器

従来ガス併用住宅	給湯 高効率ガス給湯器 【熱効率95%】	暖房 高効率ガス暖房器 【熱効率90%】	冷房 エアコン 【COP=3】	台所レンジ ガスレンジ レンジフード 排気風量 300m ³ /h
家庭用FCCGS 使用住宅	家庭用FCCGS			

表2 各都市の給水温度と次世代省エネルギー基準による地域区分及び東北電力管内の総世帯数に対する各県の世帯数の割合

都市	青森	盛岡	仙台	秋田	山形	福島	新潟
地域区分	III	II	III	III	III	III	IV
月平均気温 【℃】	1月 -1.5 8月 23.5	1月 -2.1 8月 23.7	1月 1.7 8月 24.4	1月 -0.2 8月 24.5	1月 -1.0 8月 24.9	1月 1.6 8月 25.5	1月 2.5 8月 26.4
回帰係数	a 0.6054 b 4.515	a 0.866 b 1.665					
給水温度 【℃】	1月 3.6 8月 18.8	1月 3.3 8月 18.9	1月 5.6 8月 19.3	1月 4.4 8月 19.4	1月 3.9 8月 19.6	1月 5.5 8月 19.9	1月 3.8 8月 24.5
各県の世帯数[万世帯]	49	47	87	38	38	70	81
東北電力管内の総世帯数に対する各県の世帯数の割合[%]	12.0%	11.5%	21.2%	9.3%	9.3%	17.0%	19.7%

表3 各都市における1月・8月の給湯量

都市	青森	盛岡	仙台	秋田	山形	福島	新潟
給湯量 (40℃)[ℓ]	1月 361 8月 275	1月 233 8月 142	1月 234 8月 141	1月 228 8月 140	1月 231 8月 140	1月 232 8月 139	1月 229 8月 138
給湯量 (60℃)[ℓ]	1月 233 8月 142	1月 234 8月 141	1月 228 8月 140	1月 231 8月 140	1月 232 8月 139	1月 229 8月 138	1月 232 8月 120

本報(その1)では、東北電力管内の住宅において家庭用FCCGSを池の定格出力を変化させた10万台毎^{注4)}のグループに分けて時刻別に定格出力で稼働させ、余剰電力を逆潮流した場合における家庭用FCCGS導入前後の系電力供給量、1次エネルギー消費量、CO₂排出量を求める。併せて電力需要のピークカット効果について検討する。

2. 研究概要

2.1 解析対象

図1に解析対象住宅、表1に解析対象機器を示す。対象地域は東北電力管内における各県庁所在地(青森市、盛岡市、仙台市、秋田市、山形市、福島市、新潟市)の7都市とする。

表2に各都市の給水温度と次世代省エネルギー基準による地域区分及び東北電力管内の総世帯数に対する各県の世帯数の割合を示し、表3に各都市における1月・8月の給湯量を示す。給湯負荷はSCHEDULE^{注5)}(家族構成は夫婦+子供2人、父親は会社員、母親は専業主婦、中学生と小学生が各1人^{注6)})とする。)で算出した冬季、夏季の給湯量及び表2に示す月平均気温、地域区分毎の回帰係数を用いて推定した給水温度により算出し、給湯温度は40℃とする。但し、給湯器では60℃の湯を生成し、表2に示す給水温度の水と混ぜ合わせることで40℃の湯とするため、給湯量を補正して実際に必要な給湯量を求め、給湯負荷を算出する。尚、住宅における所有機器の種類や使用時間などはSCHEDULEのデフォルト設定を使用している。

表4 東北電力管内の主要発電設備

発電方法	水力	火力	原子力	合計
発電所数	209ヶ所	17ヶ所	2ヶ所	228ヶ所
最大出力	242万kW	1151万kW	327万kW	1720万kW

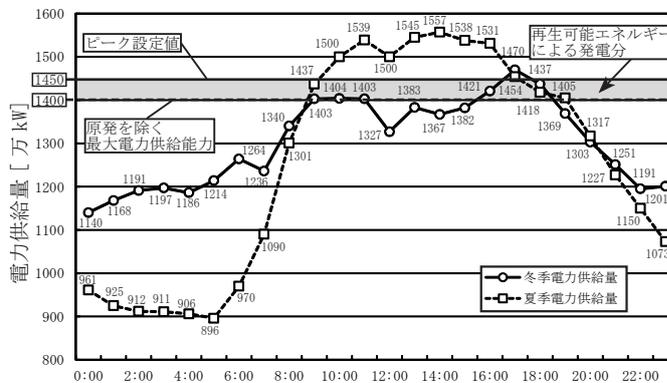


図2 冬季・夏季の電力供給量(ピーク日)

表5 ピーク時間帯の設定条件

項目	冬季	夏季
ピーク時間帯の設定条件	(電力供給量) ≥ 1450万kWの時間帯	
最大ピークカット対象電力[万kW]	18	105
ピーク時間[h]	1	8
積算ピークカット対象電力量[万kWh]	18	545

表6 家庭用FCCGSの稼働条件^{注9、10)}

解析case	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5	case 6
	定格発電出力[kW]	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5
給湯量[ℓ/h]	15	21	32	43	54	64
日平均給湯量(60℃)[ℓ]	229					
都市ガス消費量[kW]	140					
起動時消費電力[kW]	0.5 ^{注11)}					
稼働台数[万台]	30	20	20	10	10	10
稼働時間数[h]	150	110	80	80	80	70
稼働時間数[h]	16	11	8	6	5	4
稼働時間数[h]	10	7	5	4	3	3

2.2 解析方法

表4に東北電力管内の主要発電設備、図2に冬季・夏季の電力供給量（ピーク日^{注7)}）を示す。東北電力管内の2008年から2011年の電力供給量の実績データ³⁾を基に、冬季、夏季の最大電力供給量発生日を特定し、ピーク日とする（冬季：2011年1月20日、夏季：2010年8月5日）。ピーク日において、東北電力管内の全電源による発電能力から原子力発電による発電能力を差し引いた値（1400万kW）を基準に、ピーク日の最大電力供給量（1557万kW）との差（157万kW）の1/3は再生可能エネルギーによる発電で賄い、残りを燃料電池で賄うと想定する。燃料電池によるピークカットは、図2に示す電力供給量が約1450万kW（ピーク設定値）を超えた時間帯を対象とする。ピーク設定値及びSCHEDULEにより算出した給湯量に基づき、家庭用FCCGSの定格出力、稼働台数及び稼働時間を変化させ解析caseを設定する。設定したcase毎に、家庭用FCCGSの稼働スケジュールを作成し、東北電力管内約410万戸^{注8)}の住宅の一部に、家庭用FCCGSを設置した場合の電力及びガス消費量を求めピークカット効果を明らかにし、家庭用FCCGSの1次エネルギー消費量、CO₂排出量の時間変化及び総量を求める。

2.3 家庭用FCCGSの稼働条件

表5にピーク時間帯の設定条件を、表6に家庭用FCCGSの稼働条件^{注9、10)}を示す。家庭用FCCGSの定格発電効率、定格排熱利用効率を一定^{注12)}とし、発電出力は0.7kW（現状）と1kWから0.5kW刻みに増加させた計6caseについて解析を行う^{注11)}。家庭用FCCGSは東北電力管内の電力需要が仮定したピーク設定値（1450万kW）を超える時間帯に最大の台数が稼働するように稼働台数と稼働開始時刻を10万台毎のグループ単位で設定し、稼働時刻と稼働時間数の振り分けを行う。尚、家庭用燃料電池の稼働台数は各都市の世帯数で按分し配分する。各住宅において発生する余剰電力は全て逆流させる。又、家庭用FCCGSは熱主運転・定格出力稼働とし、稼働時間数は定

格出力時の1時間当たりの給湯量により冬季、夏季の給湯需要を満足するまでの最小時間数とする。尚、貯湯タンクからの放熱ロスは無視^{注13)}する。SCHEDULEにより算出した東北電力管内の平日の平均給湯量（60℃）は冬季229ℓ、夏季140ℓである。家庭用FCCGSの設置台数（総稼働台数）は、図3に示す式^{注14)}により算出する。

2.4 1次エネルギー消費量及び住宅全体CO₂排出量の解析条件

算出した各負荷及び表7に示す1次エネルギー換算係数及びCO₂排出原単位（HHV基準）により、家庭用FCCGS導入前後の住宅全体の1次エネルギー消費量及びCO₂排出量を求める。但し、1次エネルギー消費量の算出には省エネ法の火力平均値を使用する。又、電力のCO₂排出原単位は火力発電の平均CO₂排出原単位⁴⁾を使用する。

3. 解析結果

3.1 家庭用FCCGSの稼働スケジュール

図4に冬季、夏季における各caseの家庭用FCCGS稼働スケジュールを示す。図中の斜線部はピーク時間帯を示す。冬季の1日における起動回数はcase1が1回、case2～case6が2回となり、定格出力の増加に比例し起動回数が増加する。これは、給湯需要のピーク時間帯が午前と夕方であり、熱主定格運転ではcase4～case6の給湯需要による稼働時間が短いためである。夏季はピーク時間が長いため、発電出力の増加と共に個々の稼働グループが細分化される。冬季は全caseでピーク時間帯に家庭用FCCGSを稼働させることが可能であるが、夏季はピーク時間帯が長く、熱主定格運転では給湯需要が少ないことにより、稼働時間が短くなるため、case3～case6では19時台に家庭用FCCGSを稼働してもピークカットを行うことが出来ない。冬季、夏季ともにcase1では起動回数1回のみで家庭用FCCGSを稼働できるが、設置台数（総稼働台数）が他caseの1.5倍以上となり、夏季では東北電力管内の住宅の1/3以上に設置しなければ電力ピークカットを達成できない。case1を除き、冬季では東北電力管内住宅総数の1/20以下の設置台数（総稼働台数）、夏季では東北電力管内住宅総数の1/4以下の設置台数（総稼働台数）で電力ピークカットが可能である。

3.2 電力ピークカット及び1次エネルギー削減量

図5にcase2及びcase5における冬季、夏季の家庭用FCCGS導入前後の電力供給量及び家庭用FCCGS導入後の時刻別1次エネルギー削減量を示す。1次エネルギー削減量は表1に示す従来ガス併用住宅の1次エネルギー消費量と、家庭用FCCGS使用住宅の1次エネルギー消費量の差から算出する。電力供給量は、case2（定格発電出力1.0kW）の場合はいずれの時間においてもピーク設定値を下回っており、冬季、夏季ともにピークカットは達成される。尚、20時に1次エネルギー削減量がピークとなるがこれは入浴時の給湯需要がこの時間帯に生じるため、燃料電池を使用していない住宅での1次エネルギー消費量が他の時間帯と比較して大幅に増加するためである。

図6に冬季、夏季の各case別電力削減量を示す。冬季、夏季ともに今回設定する家庭用FCCGSの稼働台数、稼働時間数でピークカットの目標とする電力削減及び電力需要の負荷平準化は概ね達成される。case1、2では夏季においても全てのピーク時間帯で目標の電力削減量が達成されるが、稼働時間が長い時間帯に電力需要の変化に合わせた電力削減スケジュールとはならないことがわかる。

図7に冬季、夏季の各case別1次エネルギー削減量及び削減率を

$$n_1 \geq \frac{W_{max}}{E} \dots (1) \quad n_2 \geq \frac{\sum W_i}{E \times h - E_s} \dots (2)$$

※ n_1, n_2 ともに右式以上で最小の10万台の倍数

$$n = \max(n_1, n_2) \dots (3)$$

n_1 : 東北電力全体の最大ピークに対応した燃料電池の設置台数（総稼働台数）[万台]

n_2 : ピーク時間帯の総電力量と給湯負荷（給湯時間）から求めた設置台数（総稼働台数）[万台]

n : 設置台数（総稼働台数）[万台]

W_{max} : 最大電力ピーク時の必要電力削減量 [万kW]

E : 発電出力 [kW/台]

W_i : あるピーク時刻における必要電力削減量 [万kW]

$\sum W_i$: ピーク時必要削減量の積算値 [万kWh]

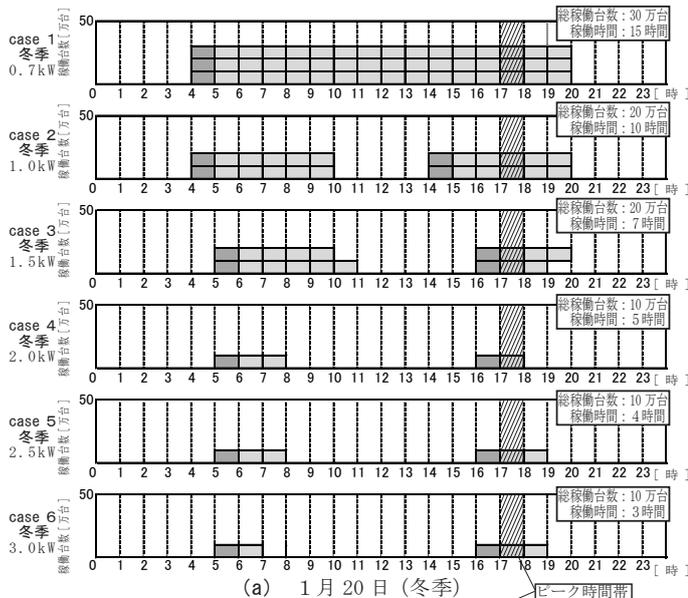
h : 給湯需要による稼働時間数 [h]

E_s : 起動電力 [kWh/台] (=0.5kW/台×1h)

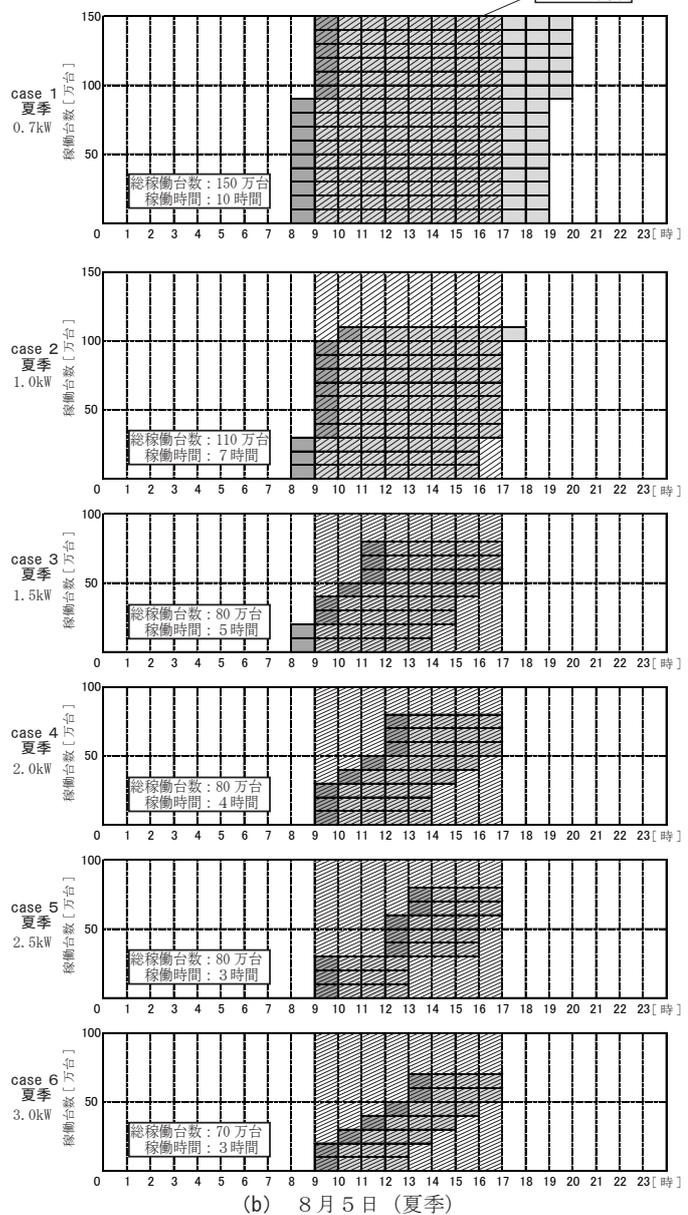
図3 家庭用FCCGS設置台数（総稼働台数）の算出方法

表7 1次エネルギー換算係数及びCO₂排出原単位（HHV基準）

	1次エネルギー換算係数[MJ/kWh]		CO ₂ 排出原単位[kg/kWh]	
	8～22時	9.97	火力発電平均CO ₂ 排出原単位	0.69
電気	上記以外の時間帯	9.28		
ガス	3.6		0.184	



(a) 1月20日(冬季)



(b) 8月5日(夏季)

図4 各 case の家庭用 FCCGS 稼働スケジュール (■: 起動時間, □: 稼働時間) (図中の□は10万台を示す)

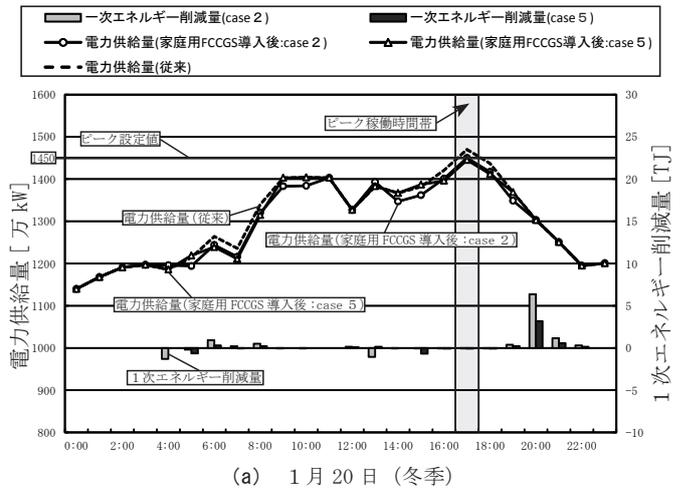
示す。1次エネルギー削減率は家庭用 FCCGS 導入前後の住戸を対象とし削減率を示す。1次エネルギー削減量は、夏季において case 1 が 25GJ/日でも多く、発電出力の増加に伴う稼働時間数及び稼働台数の減少により削減量が少なくなり、最も削減量が小さい case 6 では case 1 の半分以下まで1次エネルギー削減量が低下する。case 1 では家庭用 FCCGS の起動回数が1回のみであるのに対して、case 1 以外は1日に複数回の起動を行っており起動に際して必要なエネルギー分だけ削減量が減少する。夏季では冬季と比較して case 毎の1次エネルギー削減量及び削減率の差が小さい。

これは夏季において全ての case で起動回数が1回であり、稼働時間数と稼働台数の積の case 間変化量が冬季と比較して小さいためである。case 1 とそれ以外の差は、計算は1時間毎に行っており、給湯量を確保するために過大な時間(60分未満)運転されている場合があることが原因である。冬季の1次エネルギー削減率は夏季と比較して2ポイント程度多く、冬季に使用湯量が増えるため1次エネルギー削減量が多くなるためである。

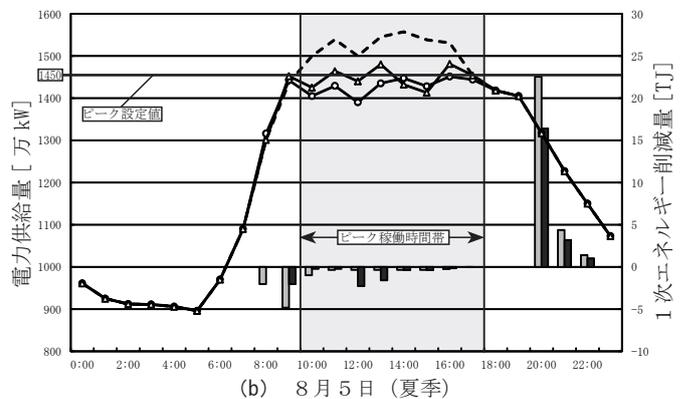
3.3 CO₂ 削減量及び削減率

図8に1日当たりの冬季、夏季の各 case 別 CO₂ 削減量及び削減率を示す。冬季、夏季共に全 case で CO₂ 削減量は 10.0t、CO₂ 削減率は約4%以上であり、1次エネルギー削減量及び削減率と同様の結果となる。

図9に各 case 毎の家庭用 FCCGS 1台当たりの省エネルギー・省 CO₂ 性能を示す。家庭用 FCCGS 1台当たりの稼働による1次エネルギー及び CO₂ 削減量はともに冬季で多く、発電出力の増加及び給湯



(a) 1月20日(冬季)



(b) 8月5日(夏季)

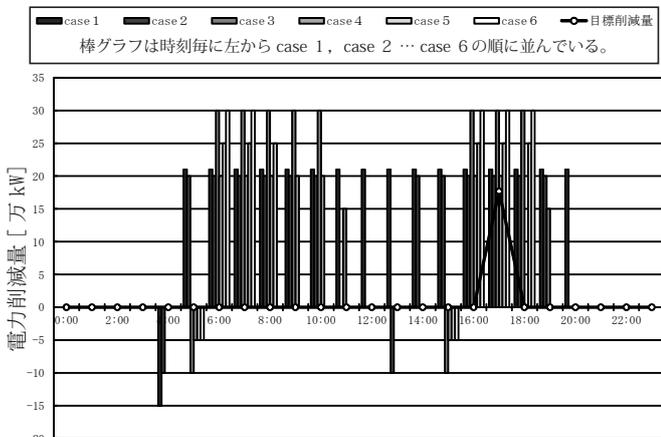
図5 家庭用 FCCGS 導入前後の電力供給量及び家庭用 FCCGS 導入後の時刻別1次エネルギー削減量

量の増加に伴い削減量は増加する。しかし、設定した給湯量において case 6 では夏季における残湯量が他 case と比較して多いため、1次エネルギー削減量は case 5 より少なくなる。

4. まとめ

本研究により得られた知見を以下に示す。

- ①冬季の1日における起動回数は case 1 (発電出力 0.7kW) が1回、case 2 (1.0kW) ~ case 6 (3.0kW) が2回となり、定格出力の増加に比例して起動回数が増加し、1次エネルギー削減率が減少する。
- ②夏季はピーク時間が長いので発電出力の増加と共に個々の稼働グループが細分化され、全体のコントロールが複雑になる可能性がある。
- ③夏季の case 1 (定格発電出力 0.7kW) では起動回数1回のみで家庭用 FCCGS を稼働できるが、設置台数(総稼働台数)が他 case (定格発電出力 1.0 ~ 3.0kW) の1.5倍以上(冬季30万台, 夏季150万台)となり、実現性に問題がある。
- ④冬季では、東北電力管内住宅総数の1/20以下の設置台数(総稼働台数)、夏季では、case 1 (定格発電出力 0.7kW) を除き東北電力管内住宅総数の1/4程度の設置台数(総稼働台数)で電力ピークカットが可能であり、家庭用 FCCGS は東北電力管内の電源として有効であると考えられる。
- ⑤1次エネルギー削減量は冬季において case 1 (定格発電出力 0.7kW) が 25GJ/日 で最も多く、発電出力の増加に伴う稼働時間数及び稼働台数の減少により1次エネルギー削減量が少なくなり、最も削減量が小さい case 6 (3.0kW) では case 1 (0.7kW) の1/4程度まで



(a) 1月20日(冬季)
(b) 8月5日(夏季)
図6 各 case 別電力削減量

削減量が低下する。

- ⑥冬季の1次エネルギー削減率は夏季と比較して、2ポイント程度多い。
- ⑦家庭用 FCCGS を用いた場合、CO₂削減量は冬季、夏季共に全 case で 4t-CO₂ 以上となる。
- ⑧家庭用 FCCGS 1台当たりの稼働による1次エネルギー削減量及び CO₂削減量はともに冬季で多く、発電出力の増加及び給湯量の増加に伴い削減量は増加し、原子力発電が停止した場合に燃料電池を多数配置する方法はピークカット、1次エネルギーの削減、CO₂削減に効果的であり十分に検討に値すると考えられる。

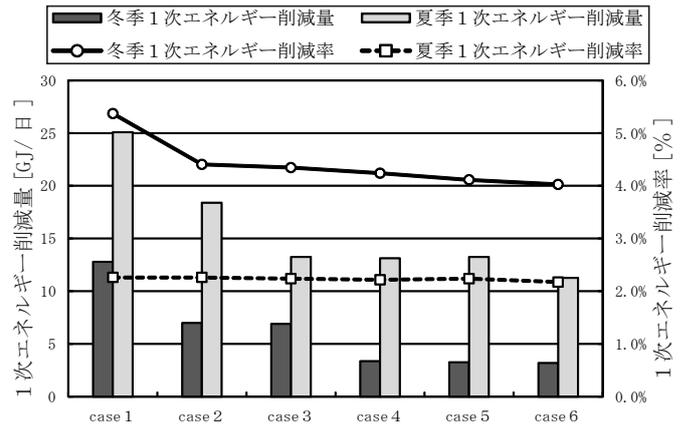


図7 各 case 別1次エネルギー削減量及び削減率

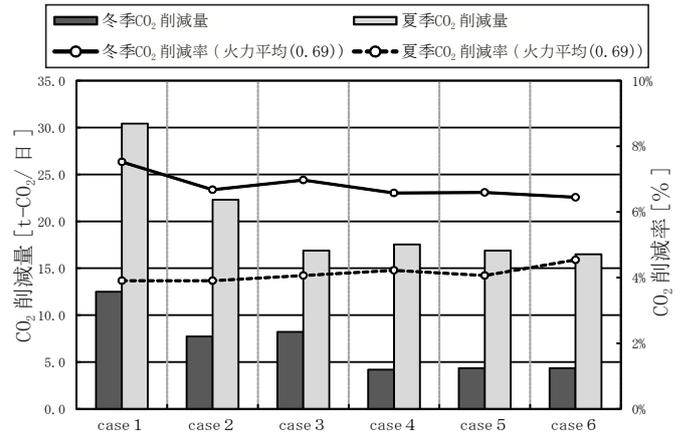
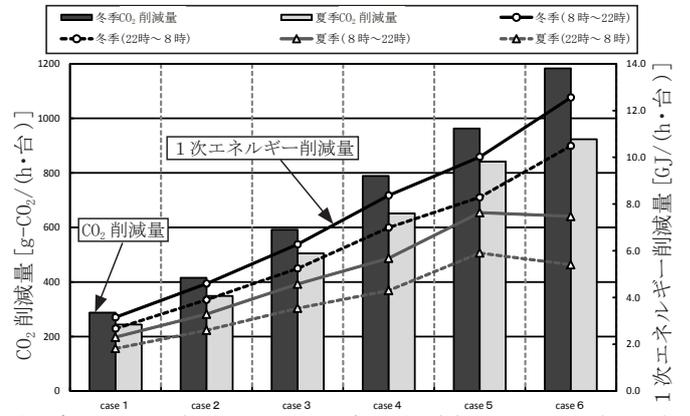


図8 各 case 別 CO₂削減量及び削減率



注 家庭用 FCCGS 起動による1次エネルギー増加量は 6.8kJ/(回・台) (8時~22時) 6.4kJ/(回・台) (22時~8時) 家庭用 FCCGS 起動による CO₂増加量は 437g/(回・台) (火力発電平均 CO₂排出単単位 (0.69kg/kWh))

図9 家庭用 FCCGS 1台当たりの省エネルギー・省 CO₂ 性能

⑨本論文では家庭用燃料電池の発電電力を系統に逆潮流した場合の各種効果に関して検討を行なっている。これらの経済性やライフサイクルコスト、今後の普及状況に関する検討は今後の社会情勢などで異なると考えられ、今後の課題と考えている。

参考文献

- 1) エネルギー・環境の選択肢に関する討論型世論調査 調査報告書 2012
http://www.npu.go.jp/kokumingiron/dp/120827_01.pdf (2013. 3. 7 参照)
- 2) 赤林伸一, 坂口淳, 市川裕幸: 全電化住宅とガス併用住宅を対象としたエネルギー消費量及びCO₂排出量に関する研究, その3家庭用燃料電池を使用した戸建住宅との比較, 日本建築学会北陸支部研究報告集第54号, pp. 259-262, 2011. 7
- 3) 東北電力 HP: 過去の実績データのダウンロード (2012. 1. 15 参照)
<http://setsuden.tohoku-epco.co.jp/download.html>
- 4) 環境省: 中央環境審議会地球環境部会 目標達成シナリオ小委員会 取りまとめ 平成13年 (2011. 12. 15 参照)
<http://www.env.go.jp/council/06earth/r062-01/1.pdf>
- 5) 宇田川光弘: 空気調和設備委員会住宅のエネルギーシミュレーション小委員会成果報告 “住宅における生活スケジュールとエネルギー消費” の概要, 空気調和・衛生工学, Vol. 75, no. 4, pp. 305-313, 2001. 4
- 6) 吉野博, 他 8 名: 住宅内エネルギー消費量予測モデルの構築, 日本建築学会技術報告集, 22 号, pp. 359-362, 2005. 12
- 7) 石田建一: 生活行動モデルを用いたエネルギー消費パターン推定法の実測データを用いた検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp. 335-336, 2005. 7
- 8) 総務省統計局: 平成 20 年住宅・土地統計調査確報集計, 総務省統計局, 2010. 3

注

注 1) 電力を蓄電する方法は大規模なものでは揚水発電が挙げられるが、近年小規模なものとして住宅用蓄電設備が販売されている。しかしながら 40 万円 /kWh 程度の価格であり、実用的な蓄電設備とは言い難いのが現状である。

注 2) 東北電力㈱執行役員にインタビューした結果。

注 3) 燃料電池の稼働状況を電力会社がコントロールする方法としては、現状では逆潮流を認める条件として稼働開始時間を各住宅で設定し、必要な給湯量を満足した時点で運転を停止する方法が現実的である。将来的には、ネットで監視して稼働をコントロールすることも可能である。これらの方法による逆潮流が系統電力の供給に影響を及ぼさない事は、東北電力の執行役員（火力発電所所長^(注1)）に確認済みである。また、突発的な給湯需要に関しては燃料電池に付属しているガス給湯器を使用することで各住戸に問題が生じることは無いと考えられる。

注 4) 東北電力の電源構成で非常用電源を除いた火力発電所で最も出力の少ない発電所は新潟火力発電所の 5 号系列の 10 万 kW であり、この程度の出力であれば電力会社の運転計画に加えることが可能であると考え、出力 1 kW の燃料電池 10 万台を同時に起動させることを仮定した。

注 5) SCHEDULE は空気調和・衛生工学会住宅のエネルギーシミュレーション小委員会によって作成されたものである。プログラムの詳細は参考文献 5) ～ 7) を参照されたい。

注 6) SCHEDULE で想定した家族人数は夫婦+子供 2 人である。東北電力管内における総世帯数は約 410 万世帯であり、この中で 3 人家族の世帯数は約 80 万戸、4 人以上の世帯数は約 118 万戸であり、両者を併せると約 200 万世帯となる。

注 7) 本報では電力需要のピーク日のみを対象として解析を行っているが、ピーク日以外でも電力需要の時系列変化は徐々にピークが低下する変化をするので、燃料電池の運転状況が同様でも、電力会社側の運転管理を適切に行うことで特に問題が生じることは無いと考えられる。また、燃料電池の余剰電力を逆潮流することにより、より効率の悪い発電機を停止出来る可能性があり、1 次エネルギー、CO₂ の排出量の削減に貢献できると考えられる。

注 8) 平成 20 年住宅・土地統計調査確報集計での居住世帯ありの住宅総数とする。

注 9) 冬季のピークと夏季のピーク電力が異なるため、冬季、夏季における家庭用 FCCGS の設置台数（総稼働台数）には差がある。一度に家庭用 FCCGS が 10 万台単位で導入されるとは考えにくく、例えば 10 年後に冬季のピークカット、30 年後に夏季のピークカットを目指すシナリオを考えて、設置台数（総稼働台数）を設定している。

注 10) 1 時間当たりの給湯量に稼働時間を乗じると、1 日の給湯量を超過する場合がある。これは、計算を 1 時間毎に行っているため、給湯量の不足分を補うために、最低 1 時間余分に燃料電池が運転されることが原因である。

注 11) 現在販売されているされている燃料電池は 700W の機種のみである。このため、1 kW 以上の燃料電池の効率・起動時のガス及び電気消費量は現在販売されている燃料電池と同等と仮定して計算した。尚、燃料消費量、給湯量は発電量 1kW であれば 10/7 倍になると仮定して計算を行っている。

注 12) 定格発電効率 35%、定格排熱利用効率 45%（いずれもカタログ値、LHV 基準）とする。

注 13) 本論文では貯湯タンクからの放熱ロスは設置状況などによって異なり、近年断熱性能が向上しているため、無視して計算している。尚、放熱ロスにより給湯量が増加すると燃料電池の稼働時間が長くなるため、ピークカットの効果は安全側に働くと考えられる。

注 14) n_1 は、東北電力全体の最大ピークに対応した燃料電池の設置台数（総稼働台数）を求める式である。 n_2 は、ピーク時間帯に削減する総電力量と給湯負荷（給湯時間）より求めた発電量から設置台数（総稼働台数）を求める式である。冬季は n_1 の式で求めた設置台数（総稼働台数）のみで、概ねピークカットが達成できるが、夏季は case 3～case 6（発電出力 1.5kW～3.0kW）の場合、 n_1 式で求めた設置台数（総稼働台数）では最大ピークを賄うことは可能であるが、ピーク全体（9時～19時）を補うことができない。この時に n_2 式により算出した設置台数（総稼働台数）とする。参考までに表 8 に図 3 で求めた n_1 , n_2 の値を示す。

表 8 図 3 より求めた設置台数（総稼働台数）

設置台数 (総稼働台数) [万台]	case 1 発電出力 0. 7kW	case 2 発電出力 1. 0kW	case 3 発電出力 1. 5kW	case 4 発電出力 2. 0kW	case 5 発電出力 2. 5kW	case 6 発電出力 3. 0kW
n_1	冬季	30	20	20	10	10
	夏季	150	110	70	60	50
n_2	冬季	30	20	20	10	10
	夏季	150	110	80	80	70