戸建て住宅における電力供給システムの直流給電化に関する研究

STUDY ON EFFICIENCY OF ENERGY DEMAND AND SUPPLYS SYSTEM USING BY DC POWER SUPPLY SYSTEM IN RESIDENTIAL BUILDING

吉岡沙野 ——— * 1 尹 奎英 ——— * 2

Saya YOSHIOKA ——— * 1 Gyuyoung YOON ——— * 2

キーワード：
直流給電, ZEH, 太陽光発電

Keywords:
DC power supply, Net Zero Energy House, Solar power

In recent years, energy conservation of houses has become one of the important issues to reduce global warming gas emissions, and ZEH could be an attractive solution. As renewable energy source, the spread of photovoltaic system is greatly expanding. The generated electric power by photovoltaic system is DC power, and it can be said that the DC power supply system would be suitable because it does not require conversion to AC. In this report, we analyze energy conservation effect by introducing DC power supply system quantitatively and clarify the difference of introduction effect due to regional difference.

1. はじめに

近年、地球温暖化ガスの排出量削減に向けて住宅の省エネルギー化が重要課題の一つとなっており、ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）に注目が集まっている。ZEHとは究極の省エネルギーを実現したうえで、創エネルギーによって建物のエネルギー収支をゼロにするものである。わが国では、2020年までにZEHを標準的な新築住宅とし、2030年までに新築住宅の平均でZEHを実現する目標を掲げて¹⁾、その達成に向けて取り組んでいる。

上記目標達成のための取り組みとしては、パッシブ手法による熱負荷抑制、アクティブ手法によるエネルギー利用効率向上をはかる様々な技術が考えられる。また、創エネルギーとしては、再生可能エネルギー全量買い取り制度の施行により太陽光発電の普及が大きく拡大している。また、太陽光発電ロードマップ²⁾によれば、2050年には国内の1次エネルギー需要の5~10%程度を太陽光発電で賄うことを目標としており、今後の更なる普及が見込まれている³⁾。

ここで、太陽光発電の生成エネルギーは直流電力であり、合理的な利用のためには交流電力への変換が不要な直流給電システムが適しているといえる。今後の普及が期待される技術のひとつであり⁴⁾、太陽光発電の普及が進むにつれて益々そのニーズは高まると考えられる。

一方で、直流給電システムはまだ開発途上の技術であり、汎用的な普及までの道のりは険しい。Brock, Gらは、システムの標準化や市場規模拡大、技術者の育成など多くの課題があげられているなか、当該システムの導入による便益を明らかにすることが必要と指摘している⁵⁾。

そこで筆者らは、太陽光発電システムを有する一戸建住宅に着目し、直流給電システムの導入によるエネルギー面での便益を中心に検討を行っている^{6) 7)}。本報では、東京所在の一戸建てモデル住宅を対象に、直流給電システムの導入による省エネルギー効果を定量的に分析するとともに、全国9地域のシステム導入効果の違いを明らかにする。

図1 (Case1) 従来給電システム概要

図2 (Case2) 直流給電システム概要

¹⁾ ㈱日建設計
(〒460-0008 名古屋市中区栄4-15-32)

²⁾ 名古屋市立大学大学院芸術工学研究科 准教授・博士 (工学)

¹⁾ Nikken Sekkei Co., Ltd.

²⁾ Assoc. Prof., Nagoya City Univ., Dr. Eng.

2. 研究概要

2.1 直流給電システム概要

図1は(Case1)従来給電システムの概念図である。太陽光発電パネル(以後、PVと記す)からの直流電力はパワコンディショナー(以後、パワコン)内部で交流電力に変換されたあと、家電機器へ供給される。家電機器内部ではコンバーターを経由し再び直流電力に変換される。

図2に(Case2)直流給電システムの概念図を示す。PVからの直流電力は屋内の直流給電用コンバーターを介して家電機器に直流電力のまま供給される。このとき、家電機器は直流親和性の高い、照明機器ほか、電話やTVなどへ供給が可能と考えられる。PVから直流電力のまま供給をうける家電機器は変換回路を省けて損失を抑制できる。

2.2 モデル住宅概要と保有家電機器概要

想定した住宅は地上2階の木造建築、延床面積121.7 m^2 ⁸⁾、家族構成は標準世帯である一世帯4人とした^{注1)}。各階平面図を図3に示す。図4のように、PVは南屋根面に設置し、設置面積は23.2 m^2 、設置角は26度、発電効率は16%²⁾(定格3.5kW)、温度上昇による発電効率補正係数は0.15、パワコンを除くその他損失は0.11とした。PV発電量は日射量データベース⁹⁾をもとに算出した。

図5に各地域の年間のPV発電量を示す。発電量は東海地方が最も多く、年間約4,515kWhであった。東海地方に次いで中国地方と四国地方が多く、4,454kWhであった。最も発電量が少ない地域は北陸地方の3,824kWhである。

家電機器については、保有率が高く使用頻度が高いと思われるものを抽出した¹⁰⁾。照明についてはLED照明を採用した。想定した家電機器は、直流給電との親和性とコストによる実現性、機器の特性を確認し直流給電機器と交流給電機器とに分けた。表1に設定家電と詳細を示す。また、表2に(Case1)交流給電と(Case2)直流給電での家電電圧設定と電流を示す。電圧については(Case1)交流給電の場合、消費電力の高い電子レンジ・オーブントースターを200V、それ以外の機器を100Vで供給し、(Case2)直流給電の場合、低電圧直流機器(照明その他)を24Vで供給とした。直交流変換回路の損失は表3の通りに設定した¹¹⁾。

2.3 電力消費量の想定

各地域における照明その他家電機器の電力消費量を、家庭用用途別エネルギー消費原単位¹²⁾をもとに算定した。表4に各地域の家庭用用途別エネルギー消費原単位を示す。厨房用のエネルギー消費原単位は、文献¹³⁾によると地域によって大差はないことから、一律3.1GJ/年・世帯¹⁴⁾とした。また、文献¹²⁾の照明・家電製品・他エネルギー消費原単位から、上記の厨房用エネルギー消費原単位を差し引き、一次エネルギー換算係数^{注2)}にて割り戻した値を、各地域の照明その他家電機器の電力消費量原単位とした。

時刻別の電力消費量は、文献¹⁵⁾を参考に作成したスケジュールから算出した。以下に、各算出方法を示す。

・照明機器の電力消費量算出

- 1) 文献¹⁵⁾を参考に時刻別使用スケジュールを作成
- 2) 照明機器の平均消費電力から時刻別電力消費量を算出して積算し、年間電力消費量を算出
- 3) 住宅の月別・時刻別パターン¹⁶⁾を用いて各月平均日の時刻

図3 各階平面図(上:1階、下:2階)

図4 PV設置域

図5 地域ごとの太陽光発電量

表1 保有家電機器一覧

機器名	平均消費電力[W]			直流給電 親和性	低電圧 直流給電	供給電力 設定
	利用時	待機時	最大消費電力			
LED照明(大型)	64	1	64	○	○	低電圧
LED照明(小型)	10	0	10	○	○	低電圧
固定電話	8	1.23	46	○	○	低電圧
携帯電話	3.2	0	3.2	○	○	低電圧
ビデオ	33	2.7	33	○	○	低電圧
TV	190	0.1	190	○	○	低電圧
PC	59	1.67	243	○	○	低電圧
冷蔵庫	35.4	0	138	○	×	交流
洗濯機	355	0.12	908	○	×	交流
炊飯器	187	0.3	638	○	×	交流
電子レンジ	808	0	1298	×	×	交流
オーブントースター	732	0	1333	△	×	交流
換気扇	11.4	0.4	12.9	×	×	交流
掃除機	600	2	1000	×	×	交流
温水洗浄便座	849	2.56	976	△	×	交流
電気スタンド	13	0	13	×	×	交流

表 2 検討ケース別設定電圧と電流

機器名	case1		case2	
	電圧V	電流A	電圧V	電流A
LED照明(大型)	100	0.6	24	2.7
LED照明(小型)	100	0.1	24	0.4
固定電話	100	0.1	24	0.3
携帯電話	100	0.0	24	0.1
ビデオ	100	0.3	24	1.4
TV	100	1.9	24	7.9
PC	100	0.6	24	2.5
冷蔵庫	100	0.4	100	0.4
洗濯機	100	3.6	100	3.6
炊飯器	100	1.9	100	1.9
電子レンジ	200	4.0	200	4.0
オーブントースター	200	3.7	200	3.7
換気扇	100	0.1	100	0.1
掃除機	100	6.0	100	6.0
温水洗浄便座	100	8.5	100	8.5
電気スタンド	100	0.1	100	0.1
電流計(A)		31.9		43.5

別電力消費量を算出

・その他家電機器の電力消費量算出

- 文献¹⁵⁾を参考に時刻別使用スケジュールを作成
- その他家電機器の平均消費電力から時刻別電力消費量を算出(12か月同じものとした)

算出した時刻別電力消費量の合計が表4の照明その他家電機器の電力消費量と整合するように、時刻別電力消費量全体に調整係数を乗じて地域ごとの電力消費量の補正を行った。関東の時刻別電力消費量を表5に示す。

3. 検討ケース概要

前述の通り、照明その他家電機器を直流給電の範囲として検討した。表6に検討ケースを示す。図6の電力フローのように各検討ケースの売電量、買電量、屋内系統損失量、機器内損失量を算出し、エネルギー効率を確認する。PV発電量により各検討ケースをパターン分けし、それぞれの売電量、買電量、屋内系統損失量、機器内損失量を求める。表7に電力フローの各パターンを、図7に各パターンの判定方法を示す。また、図8にCase2における各パターンの電力フロー図を示す。売電量、買電量、屋内系統損失量、機器内損失量の算出方法は以下に示す。なお、屋内系統損失・機器内損失についてはPV由来か、系統由来かについても算出した。

Case1 従来給電

パターン0

(PVからの発電がなく、系統からの買電量のみで賄う場合)

- 買電量: $W_{\text{grid_down}} = W_{\text{in_ALT}}$
- 系統による屋内系統損失: $W_{\text{loss_ext_grid}} = W_{\text{in_ALT}} - W_{\text{ALT}}$

パターン1

(PV発電量のみで家庭内の電力を賄うことができ、売電が生じる場合)

- 売電量: $W_{\text{grid_up}} = W_{\text{PV_out}} - W_{\text{in_ALT}}$
 $W_{\text{PV_out}} = W_{\text{PV}} \times \eta_1 \times \eta_2$
- PVによる屋内系統損失: $W_{\text{loss_ext_PV}} = W_{\text{PV}} - W_{\text{PV_out}}$
 $= W_{\text{PV}} (1 - \eta_1 \eta_2)$
- PVによる機器内損失: $W_{\text{loss_int_PV}} = W_{\text{in_ALT}} - W_{\text{ALT}}$

パターン2

(PV発電量のみで家庭内全ての電力を賄うことはできない場合)

- 買電量: $W_{\text{grid_down}} = W_{\text{in_ALT}} - W_{\text{PV_out}}$
- PVによる屋内系統損失: $W_{\text{loss_ext_PV}} = W_{\text{PV}} - W_{\text{PV_out}}$

表 3 変換回路の変換損失

屋内変換回路		機器内AC/DC変換回路	
		LED照(大)	LED照(小)
DC/AC	0.04	0.11	0.32
		固定電話	0.32
		携帯電話	0.32
DC/DC	0.02	ビデオ	0.32
		TV	0.11
		PC	0.11

表 4 家庭用途別エネルギー消費原単位

MJ/世帯・年	暖房	冷房	給湯	厨房	照明その他	合計
					()内はkWh/世帯・年	
北海道	35,908	31	14,638	3,107	15,021	68,705
東北	23,996	234	15,548	3,107	16,167	59,052
関東	9,791	637	14,781	3,107	14,153	42,469
北陸	18,885	1,446	16,297	3,107	19,465	59,200
東海	9,713	909	14,411	3,107	15,616	43,756
近畿	8,605	1,151	13,550	3,107	14,667	41,080
中国	9,724	1,188	11,731	3,107	13,802	39,552
四国	7,823	1,157	11,807	3,107	16,347	40,241
九州	7,420	1,006	10,169	3,107	13,878	35,580

表 5 照明その他家電(関東)の時刻別電力消費量(単位: kWh)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0時	0.058	0.057	0.056	0.056	0.054	0.050	0.052	0.054	0.052	0.054	0.054	0.055
1時	0.057	0.056	0.055	0.056	0.054	0.050	0.052	0.054	0.052	0.054	0.054	0.054
2時	0.056	0.055	0.054	0.056	0.054	0.050	0.052	0.054	0.052	0.054	0.054	0.053
3時	0.056	0.055	0.054	0.056	0.054	0.050	0.052	0.054	0.052	0.054	0.054	0.053
4時	0.057	0.056	0.055	0.056	0.054	0.046	0.047	0.049	0.048	0.054	0.054	0.054
5時	0.057	0.056	0.055	0.049	0.048	0.046	0.047	0.049	0.048	0.048	0.048	0.054
6時	0.345	0.342	0.341	0.344	0.341	0.332	0.336	0.339	0.335	0.340	0.341	0.338
7時	0.363	0.360	0.357	0.348	0.344	0.340	0.345	0.350	0.346	0.343	0.344	0.354
8時	0.217	0.213	0.210	0.196	0.192	0.191	0.196	0.202	0.197	0.191	0.192	0.206
9時	0.083	0.079	0.077	0.068	0.064	0.059	0.063	0.069	0.064	0.063	0.064	0.073
10時	0.082	0.078	0.076	0.068	0.064	0.059	0.063	0.069	0.064	0.063	0.064	0.072
11時	0.225	0.221	0.219	0.210	0.206	0.203	0.207	0.212	0.208	0.206	0.207	0.215
12時	0.148	0.145	0.142	0.134	0.130	0.128	0.132	0.138	0.134	0.129	0.130	0.139
13時	0.082	0.078	0.076	0.068	0.064	0.064	0.069	0.075	0.070	0.063	0.064	0.072
14時	0.092	0.088	0.086	0.078	0.074	0.074	0.079	0.085	0.080	0.073	0.074	0.082
15時	0.082	0.078	0.076	0.068	0.064	0.062	0.067	0.073	0.068	0.063	0.064	0.072
16時	0.082	0.078	0.076	0.068	0.064	0.061	0.065	0.071	0.066	0.063	0.064	0.072
17時	0.312	0.307	0.304	0.280	0.275	0.271	0.276	0.282	0.277	0.275	0.276	0.299
18時	0.122	0.117	0.114	0.113	0.106	0.096	0.103	0.111	0.104	0.105	0.107	0.109
19時	0.244	0.238	0.235	0.253	0.243	0.243	0.255	0.269	0.258	0.242	0.245	0.229
20時	0.387	0.382	0.378	0.399	0.389	0.390	0.402	0.416	0.405	0.388	0.391	0.373
21時	0.376	0.371	0.368	0.384	0.376	0.381	0.392	0.406	0.395	0.374	0.377	0.363
22時	0.345	0.341	0.338	0.356	0.348	0.346	0.356	0.368	0.358	0.347	0.349	0.333
23時	0.220	0.217	0.215	0.244	0.236	0.225	0.232	0.242	0.234	0.235	0.237	0.211
合計	4,149	4,068	4,018	4,005	3,896	3,818	3,940	4,088	3,970	3,882	3,909	3,934

表 6 検討ケース

	(大型) LED照明	(小型) LED照明	固定電話	携帯電話	ビデオ	TV	PC	冷蔵庫	洗濯機	炊飯器	電子レンジ	オーブントースター	換気扇	掃除機	温水洗浄便座	電気スタンド
Case1	交	交	交	交	交	交	交	交	交	交	交	交	交	交	交	交
Case2	直	直	直	直	直	直	直	交	交	交	交	交	交	交	交	交

CASE1

CASE2

図 6 電力フロー

表 7 電力フローパターン

パターン	低圧直流機器	交流機器
0	系統	系統
1	PV	PV
2	PV	PV, 系統
3	PV, 系統	系統

図 7 各パターンの判定方法 (Case2)

- PV による機器内損失: $W_{loss_int_pv} = ① / (① + ②) \times (W_{L_in_ALT} - W_{L_ALT})$
 - 系統による機器内損失: $W_{loss_int_grid} = ② / (① + ②) \times (W_{L_in_ALT} - W_{L_ALT})$
- ※① = W_{pv_out} , ② = W_{grid_down}

Case2 直流給電

パターン 0

(PV からの発電がなく、系統からの買電量のみで賄う場合)

- 買電量: $W_{grid_down} = W_{gridout_DLT} + W_{L_in_ALT}$
 $W_{gridout_DLT} = W_{L_in_DLT} / \eta_1 / \eta_2$
- 系統による屋内系統損失: $W_{loss_ext_grid} = W_{gridout_DLT} - W_{L_in_DLT}$
- 系統による機器内損失: $W_{loss_int_grid} = W_{L_in_DLT} - W_{L_DLT}$

パターン 1

(PV 発電量のみで家庭内の電力を賄うことができ、売電が生じる場合)

- 売電量: $W_{grid_up} = W_{pvout_ALT} \times \eta_1 \times \eta_2 - W_{L_in_ALT}$
 $W_{pvout_ALT} = W_{pv} - W_{pvout_DLT}$
 $W_{pvout_DLT} = W_{L_in_DLT} / \eta_1 / \eta_2$
- PV による屋内系統損失: $W_{loss_ext_pv} = (W_{pvout_DLT} - W_{L_in_DLT}) + (W_{pvout_ALT} - W_{L_in_ALT})$
- PV による機器内損失: $W_{loss_int_pv} = W_{L_in_DLT} - W_{L_DLT}$

パターン 2

(PV 発電量のみで家庭内全ての電力を賄うことはできないが、低電圧直流機器分は PV 発電量で賄うことができる場合)

- 買電量: $W_{grid_down} = W_{L_in_ALT} - W_{pvout_ALT} \times \eta_1 \times \eta_2$
- PV による屋内系統損失: $W_{loss_ext_pv} = (W_{pvout_DLT} - W_{L_in_DLT}) + (W_{pvout_ALT} - W_{L_in_ALT})$

Case 2 パターン0

Case 2 パターン1

Case 2 パターン2

Case 2 パターン3

図 8 パターン別システム概念図 (Case2)

・PVによる機器内損失： $W_{loss_int_PV}=W_{PVout_DLT}-W_{L_in_DLT}$

パターン3

(PV発電量のみで家庭内電力を賄うことはできず、低電圧直流機器分もPV発電量で賄うことができない場合)

・買電量： $W_{grid_down}=W_{grid_DLT}+W_{L_in_ALT}$

$$W_{grid_DLT}=(W_{PVout_DLT}-(W_{PV}\times\eta_1))/\eta_2$$

・PVによる屋内系統損失： $W_{loss_ext_PV}=2\times W_{PV}\times(1-\eta_1)$

・系統による屋内系統損失： $W_{loss_ext_grid}=W_{grid_DLT}\times(1-\eta_2)+W_{grid_DLT}\times(1-\eta_2)$

・PVによる機器内損失： $W_{loss_int_PV}=\textcircled{1}/\textcircled{1}+\textcircled{2}\times(W_{L_in_DLT}-W_{L_DLT})$

・系統による機器内損失： $W_{loss_int_grid}=\textcircled{2}/\textcircled{1}+\textcircled{2}\times(W_{L_in_DLT}-W_{L_DLT})$

※ $\textcircled{1}=W_{PV}\times\eta_1\times\eta_2$ $\textcircled{2}=W_{grid_DLT}\times\eta_1\times\eta_2$

4. 電力消費量による評価

4.1 関東地域における住宅の電力消費量による評価

関東の各ケースにおける照明その他家電機器についての電力消費量内訳を表8及び図9に示す。屋内系統損失量を含めた照明その他家電機器の電力消費量は、Case1で1,686.2kWh/年・世帯、Case2で1,605.9kWh/年・世帯であり、Case1に対してCase2では約4.8%低減している。Case2はCase1と比べて、機器内損失量が小さくなっていることがわかる。これは機器内のAC/DC変換回路による損失が減ったためである。また屋内系統損失については、Case2はCase1と比べて系統による損失が増えている。これは系統からの電力を直流に変換する際のAC/DC回路による損失が主な原因である。PVによる屋内系統損失は、Case1とCase2でそれほど変わらない。これは、Case2であっても直流給電用コンバーターを経由することになり、パソコンを経由する際の損失量とそれほど変わらないためである。このPVによる屋内系統損失の改善ができれば、直流給電による省エネルギー効果はより向上すると考えられる。

家庭内で消費される総一次エネルギー消費量比較を図10に示す。家庭内の一次エネルギー消費量は、Case1はPVによる屋内損失が加わり約44.8GJ/年・世帯となった。これに対してCase2では約44.0GJ/年・世帯となる。照明その他家電機器への直流給電システム導入による一次エネルギー消費量の低減効果は、約1.7%となった。

4.2 地域別の電力消費量による評価

各地域の照明その他家電機器についての電力消費量の内訳を表9に示す。PV発電量の多い地域ほど、屋内系統損失量は大きくなり、エネルギー消費量の多い地域ほど、機器内損失量は大きくなる。

各地域の屋内損失量を含めた電力消費量比較を図11に示す。直流給電システムの導入による電力消費量の削減効果は地域によって大差はなく、4.7%~4.9%程度である。

図12に各地域の買電量比較を示す。直流給電システムの導入による買電量の変化は、地域によって大差はなく5.3%~5.5%程度である。

各地域の家庭内総一次エネルギー消費量比較を図13に示す。家庭内の一次エネルギー消費量は、直流給電システム導入による一次エネルギー消費量の削減効果は地域によって異なるが、1.2%~2.1%程度である。

5. まとめ

戸建て住宅を対象に、照明その他家電機器において直流給電シ

表8 各検討ケースにおける照明その他家電機器の電力消費量内訳（関東）（単位：kWh/年）

	PV発電量	電力消費量の有効分	逆潮流(売電量)	系統電力(買電量)	屋内系統損失		機器内損失		PV利用率
					PV	系統	PV	系統	
Case1	3,987.7	1,328.4	3,226.4	924.9	236.1	0.0	35.6	86.2	39.5%
Case2	3,987.7	1,328.4	3,257.3	875.5	231.2	31.6	4.8	10.0	37.6%

図9 各検討ケースにおける照明その他家電機器の電力消費量比較（関東）

図10 各検討ケースにおける家庭内総一次エネルギー消費量

表9 各地域における照明その他家電機器の電力消費量内訳（単位：kWh/年）

Case1	PV発電量	電力消費量の有効分	逆潮流(売電量)	系統電力(買電量)	屋内系統損失		機器内損失		PV利用率
					PV	系統	PV	系統	
北海道	4,001.6	1,409.8	3,194.8	969.1	236.9	0.0	38.8	90.4	40.4%
東北	4,018.2	1,517.4	3,190.4	1,066.5	237.9	0.0	40.2	98.8	38.9%
関東	3,987.7	1,328.4	3,226.4	924.9	236.1	0.0	35.6	86.2	39.5%
北陸	3,823.8	1,826.9	2,936.8	1,333.7	226.4	0.0	45.3	122.1	36.2%
東海	4,514.7	1,465.7	3,669.0	1,021.5	267.3	0.0	39.2	95.2	39.5%
近畿	4,084.6	1,376.6	3,301.8	961.8	241.8	0.0	36.8	89.4	39.3%
中国	4,454.3	1,295.4	3,675.7	899.2	263.7	0.0	34.9	83.8	39.8%
四国	4,454.2	1,534.3	3,597.3	1,081.7	263.7	0.0	40.3	100.3	38.7%
九州	4,185.4	1,302.5	3,430.8	915.1	247.8	0.0	34.9	84.5	38.9%

Case2	PV発電量	電力消費量の有効分	逆潮流(売電量)	系統電力(買電量)	屋内系統損失		機器内損失		PV利用率
					PV	系統	PV	系統	
北海道	4,001.6	1,409.8	3,228.0	916.7	231.6	33.2	5.2	10.5	38.4%
東北	4,018.2	1,517.4	3,224.2	1,008.6	232.3	36.1	5.5	11.4	37.0%
関東	3,987.7	1,328.4	3,257.3	875.5	231.2	31.6	4.8	10.0	37.6%
北陸	3,823.8	1,826.9	2,975.7	1,263.2	219.9	44.2	6.3	14.0	34.4%
東海	4,514.7	1,465.7	3,702.1	965.9	261.8	34.7	5.3	11.0	37.6%
近畿	4,084.6	1,376.6	3,332.6	909.1	236.7	32.6	5.0	10.3	37.4%
中国	4,454.3	1,295.4	3,705.3	850.1	258.8	30.5	4.8	9.7	37.8%
四国	4,454.2	1,534.3	3,631.9	1,023.5	258.1	36.5	5.5	11.6	36.8%
九州	4,185.4	1,302.5	3,460.5	865.6	242.9	30.6	4.8	9.7	37.0%

ステムを導入することで、関東地域の住宅においては約1.7%の一次エネルギー消費量の削減効果が期待できることを確認した。

また、全国9地域における直流給電システムの導入効果を算出して比較した。その結果、地域間の導入効果には大きな違いは見られないことを確認した。

図 11 各地域の屋内損失量を含めた照明その他家電における電力消費量比較

図 12 各地域の買電量比較

図 13 各検討ケースにおける家庭内総一次エネルギー消費量

これらの結果を用いることで、今後の直流給電システム普及に向けた取り組みの計画を立てる際に、有効な知見を提供できると考える。今後は直流給電システムの供給範囲を広げた場合の検討やコスト評価を行う予定である。

注

注1) モデル住宅は、住宅用標準問題⁸⁾を引用しており、いわゆる標準的な規模の一戸建て住宅を模擬している。なお、年間のエネルギー消費量については、後述する統計データ¹²⁾の地域別平均値を用いるとして、外皮性能、暖冷房・給湯機器などエネルギー消費に関連する詳細な仕様については定めていない。よって、今回想定したモデル住宅は、標準的な規模で、平均的なエネルギー消費水準を有する住宅である。家族構成については標準世帯の4人(勤め人、専業主婦、高校生、中学生)一世帯と仮定し、照明その他家電機器の年間電力消費量を時刻別消費

量に按分する際の前提条件としている。

注2) 電力の1次エネルギー換算係数は9.76MJ/kWhとした。

注3) 当該機器内直交流変換損失を除くサービスに供された電力消費量

記号

- ・PV発電量: W_{PV} [kWh]
- ・電力消費量の有効分^{注3)} (DC): W_{L_DLT} [kWh]
- ・電力消費量の有効分 (AC): W_{L_ALT} [kWh]
- ・電力必要量 (DC): $W_{PV(grid)out_DLT}$ [kWh]
- ・電力必要量 (AC): $W_{PV(grid)out_ALT}$ [kWh]
- ・電力投入量 (DC): W_{Lin_DLT} [kWh]
- ・電力投入量 (AC): W_{Lin_ALT} [kWh]
- ・売電量: W_{grid_up} [kWh]
- ・買電量: W_{grid_down} [kWh]
- ・PVによる屋内系統損失: $W_{loss_ext_PV}$ [kWh]
- ・系統による屋内系統損失: $W_{loss_ext_grid}$ [kWh]
- ・PVによる機器内損失: $W_{loss_int_PV}$ [kWh]
- ・系統による機器内損失: $W_{loss_int_grid}$ [kWh]
- ・ η_1 : DC/DC 交換効率[-]
- ・ η_2 : DC/AC 交換効率[-]

参考文献

- 1) 経済産業省・国土交通省・環境省：低炭素社会に向けた住まいと住まい方推進会議，低炭素社会に向けた住まいと住まい方の推進に関する工程表，2012
- 2) 2030年に向けた太陽光発電ロードマップ(PV2030)に関する見直し検討委員会：「太陽光発電ロードマップ(PV2030+)」概要版，2009.6
- 3) 経済産業省・資源エネルギー庁：エネルギー基本計画，2018.7
- 4) W. Goetzler, M. Guernsey, and J. Young: Research & Development Roadmap for Emerging HVAC Technologies Energy Efficiency & Renewable Energy, Building technologies office U.S. Department of Energy, 2014.10
- 5) Brock Glasgo, Inês Lima Azevedo, Chris Hendrickson: How much electricity can we save by using direct current circuits in homes? Understanding the potential for electricity savings and assessing feasibility of a transition towards DC powered buildings, Applied Energy, 180, pp.66-75, 2016
- 6) 清水ほか：直流給電方式を用いた建築物エネルギー需給システムの合理化に関する研究～住宅を中心として直流給電システムの適用性検討～，空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集，第17号，2016.3
- 7) G. Yoon, M. Shimizu and et. al: Study on Efficiency of Energy Demand and Supply System Using by DC Power Supply System Applicability of Direct-current Power Supply System in Residential Building, Asim 2016 IBPSA Asia Conference, 2016
- 8) 宇田川光弘：標準問題の提案—住宅用標準問題—，日本建築学会第15回熱シンポジウムテキスト，pp23-33, 1985
- 9) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：<https://www.nedo.go.jp/library/nissharyou.html> (2019年4月閲覧)
- 10) 財団法人省エネルギーセンター：平成20年度待機消費電力調査報告書，2009.3
- 11) 独立行政法人新エネルギー・産業技術開発機構：「次世代高効率エネルギー利用型住宅システム技術開発・実証事業」における将来の省エネルギー効果の可能性に関する調査 最終報告書，2011.1
- 12) (株)住環境計画研究所：家庭用エネルギーハンドブック，2014
- 13) 経済産業省資源エネルギー庁：平成24年度エネルギー消費状況調査(民生部門エネルギー消費実態調査)，2013.3
- 14) 経済産業省資源エネルギー庁：エネルギーに関する年次報告，2018.6.8
- 15) 住宅設備委員会省エネルギー生活スタイル研究小委員会：委員会成果報告書，空気調和・衛生工学会，2009.3
- 16) 日本工業：ガスコージェネレーション計画設計マニュアル，2005

[2019年2月6日原稿受理 2019年3月28日採用決定]