

亜熱帯地域における熱電ハイブリッドシステムの導入効果

Installation Effect of PV/SC System in Subtropical Regions

内田 晃介^{*1}

Kosuke UCHIDA

千住 智信^{*2}

Tomonobu SENJYU

與 那 篤 史^{*3}

Atsushi YONA

浦 崎 直 光^{*4}

Naomitsu URASAKI

Abstract

At present, large amount of CO₂ are emitted from residential households which are increasing rapidly. Thus, it is expected that renewable energy system, e.g., photovoltaic (PV) system and solar collector (SC) system, will be installed in those houses. However, the initial cost of PV system is very high and it is difficult for house owners to recover the initial cost within the life time of PV and SC system. Therefore, Japanese government proposed Renewables Portfolio Standard(RPS), Feed-in tariff and etc, to support the house owners. This paper evaluates the energy reduction, the CO₂ reduction, and the cost reduction by comparison of performances with the proposed PV system, SC system and hybrid system, and economic effect of Feed-in tariff. The performances were evaluated from the installation effect of the proposed system by testing for electric houses with electrical water heater system or heater pump system(HP). As a result, energy reduction rate of all-electric house with installed PV/SC electrical water heater system is 94.1%. Furthermore, cost reduction rate and applied Feed-in tariff of all-electric house with installed PV/SC electrical water heater system is 176.5%. Cost reduction rate and applied Feed-in tariff of all-electric house with HP installed PV/SC system is 195.9%. Empirical results indicate that this installation of PV/SC system can reduce energy consumption, CO₂ and cost efficiently.

キーワード：全電化住宅、太陽光発電、太陽熱利用給湯システム、固定価格買取制度

keyword：All-electric house, Photovoltaic system, Solar collector system, Feed-in tariff.

1. まえがき

近年、温室効果ガスによる地球温暖化や化石燃料の枯渇等の問題から、CO₂排出量およびエネルギー消費量の削減が求められている。しかしながら、全電化の普及によって家庭部門のCO₂排出量およびエネルギー消費量は増大傾向である。そこで、CO₂排出量およびエネルギー消費量の削減を目的として無尽蔵かつクリーンな太陽エネルギーを利用した太陽光発電システム(PV)や太陽熱利用給湯システム(SC)等を住宅へ導入することが提案されている。

新エネルギー導入目標の達成を目指す背景からPVの生産量および導入量はともに増加を続けており^[1]、今後さらにその普及が進むと考えられる。現在、新エネルギー導入量促進政策としてRPS制度^[2]、太陽光設置助成金制度^[3]等が取入れられているが、現状の状態では政府の導入目標を達成することは困難であるとの見方が強い。そのため、余剰電力買取価格が現在の約2倍の価格に決定される制度(固定価格買取制度)を導入することでさらなるPVの普及拡大が検討されている^[4,5]。固定価格買取制度はドイツ、デンマーク等で大きな成果を上げEU諸国では再生可能エネルギー導入政策の主流となりつつある。また、アメリカでも6州が導入し、さらなる拡大の見通しとなっている。

一方、日本におけるSCの導入量は80年代初頭において世界一を達成したが、80年代後半以降においては中国、ドイツ、オーストリア等の急速な導入拡大とは対称的に普及と停滞を続けている。この原因として、使用条件によっては耐用年数内での投資回収が困難であること、ガス・灯油給湯システムと比較して便利で快適なシステムとしては開発が遅れたこと、太陽光発電(PV)やエコキュート(HP)等の優れた競合技術の登場等が挙げられる^[6]。従ってSCの導入を拡大するためには、SCの有効性を明確にすることやSCのさらなる有効利用方法の提案が重要となっている。

太陽熱エネルギーを有効利用するためには、対象地域に賦存する太陽熱エネルギーの特徴を捉え、最適なシステムを構築しなければならない。沖縄県は亜熱帯性の気候に属しており、太陽エネルギーが豊富である。従って、PVやSC等の太陽エネルギー利用機器による省エネルギー効果が期待される。しかしながら、亜熱帯地域における太陽エネルギー利用機器による省エネルギー効果は具体的に明らかにされておらず、その有効性を示すことが重要となっている。そこで本研究は、沖縄県那覇市の気象データを基にPV、SC、熱電ハイブリッドシステム(PV/SC)をそれぞれ電気温水器またはHPを有する全電化住宅に導入することを想定し、削減エネルギー、削減コスト、CO₂削減量および投資回収年数を算出する。さらに、固定価格買取制度を導入した場合のコスト削減効果および投資回収年数を算出する。これらの評価によって得られた結果により、亜熱帯地域における電気温水器またはHPを有する全電化住宅へのPV、SC、PV/SC設置の有効性について論じる。

^{*1} 琉球大学工学部大学院生 (〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町 字千原1番地)

e-mail: k098533@eve.u-ryukyu.ac.jp

^{*2} 琉球大学工学部教授

^{*3} 琉球大学工学部助教

^{*4} 琉球大学工学部准教授

(原稿受付 2009年7月28日)

2. モデル設計

PV/SCシステムは、PVシステム、SCシステム、電気温水器またはHPで構成される。図1に電気温水器を有する場合のPV/SCシステムの構成を示す。図2にHPを有する場合のPV/SCシステムの構成を示す。PVシステムの発電電力は電力負荷に供給され、余剰電力は電力会社に売電される。SCシステムから得られた温水は電気温水器またはHPを介して給湯負荷に供給される。ここで給湯の際にSCシステムから十分な温水を得られない場合は電気温水器またはHPによって沸上げを行う。以下で各々のモデルについて説明する。

2.1 太陽光発電システム

PVの発電電力量 P_s は次式によって求められる。

$$P_s = \eta S \alpha I_a (1 - 0.005(t_{CR} - 25)) \quad [\text{kWh}] \quad (1)$$

ここで、 η ：PVシステムの発電効率、 $S[\text{m}^2]$ ：ソーラーパネル面積、 $\alpha[\text{kWh/J}]$ ：単位換算パラメータ($\alpha = 0.278 \times 10^{-6}$)、 $I_a[\text{J/m}^2]$ ：日射量、 t_{CR} ：セル温度 $[\text{C}]$ 。ただし、本論文ではソーラーパネルの傾斜角はゼロ度とし、セル温度 t_{CR} を外気温 T と同じとした。上式を用いてPVモデルを作成できる。

2.2 太陽熱利用給湯システム

本研究で対象とするSCは補助熱源として電気温水器またはHPを有する。SCシステムで生成された温水は市水と混合することによって温度調整され家庭に給湯される。また、午前6時の時点でタンクの温水温度が 60°C 未満であるならば補助熱源によって目標沸上げ温度($T_e = 60^\circ\text{C}$)まで沸上げる。

(2)～(8)式によって太陽熱利用給湯システムモデルを作成できる。図3に太陽熱利用給湯システムの数式モデルを示す。温水の温度変化特性および時間変化特性は次式で求められる。

$$\frac{dT_h}{dt} = \frac{Q_h}{1000A_w} \quad (2)$$

$$\frac{dQ_h}{dt} = -\alpha_h(T_h - T) \quad (3)$$

ここで、 $T_h[\text{C}]$ ：タンクの温水温度、 $Q_h[\text{J}]$ ：タンク内の温水が有する熱量、 $A_w[\text{l}]$ ：タンク容量、 α_h ：熱伝達係数、 $T[\text{C}]$ ：外気温。

集熱パネルの集熱量 Q_a は次式で表される。

$$Q_a = \eta_h I_a n A_c \quad [\text{J}] \quad (4)$$

ここで、 η_h ：熱変換効率、 $n[\text{枚}]$ ：パネル枚数、 $A_c[\text{m}^2/\text{枚}]$ ：パネル1枚あたりの集熱面積。ただし、本論文では集熱パネルの傾斜角はゼロ度とした。

給湯で失われる熱量 Q_{tl} 、給水で加えられる熱量 Q_{sw} 、給湯の際にタンクから使用される湯量 A_{tl} 、タンクに給水される水量 A_{sw} 、補助熱源から加えられる熱量 Q_e は次式で求められる。

$$Q_{tl} = 1000 A_{tl} T_h \quad [\text{J}] \quad (5)$$

$$Q_{sw} = 1000 A_{sw} T_w \quad [\text{J}] \quad (6)$$

$$A_{tl} = A_{sw} = \frac{T_l - T_w}{T_h - T_w} A_l \quad [\text{l}] \quad (7)$$

$$Q_e = 1000 A_w (T_e - T_h) \quad [\text{J}] \quad (8)$$

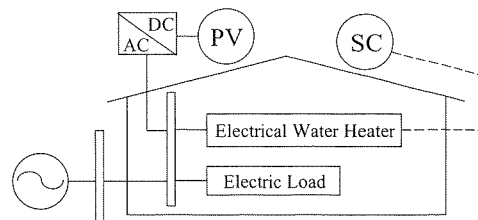


図1 熱電ハイブリッドシステム(電気温水器)
Fig. 1. PV/SC system with electrical water heater.

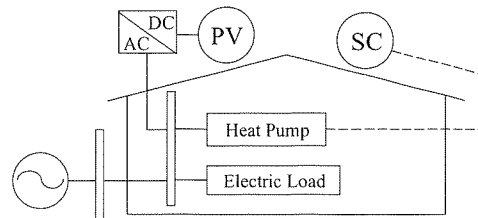


図2 熱電ハイブリッドシステム(HP)
Fig. 2. PV/SC system with HP.

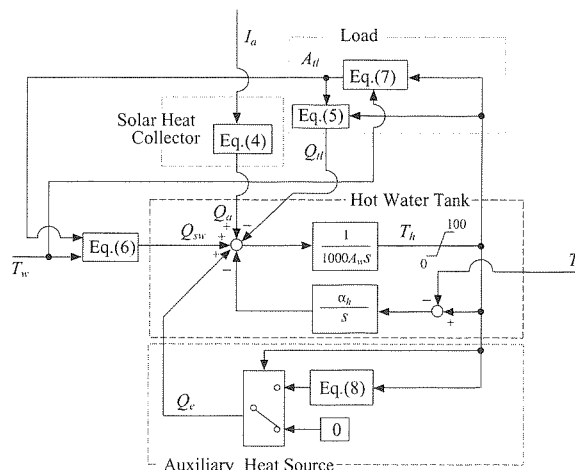


図3 太陽熱利用給湯システムのモデル構成
Fig. 3. Model of solar collector system.

ここで、 $T_l[\text{C}]$ ：給湯温度、 $T_w[\text{C}]$ ：市水温度、 $A_l[\text{l}]$ ：給湯湯量、 $T_e[\text{C}]$ ：目標沸上げ温度である。また、給湯の際にタンクから使用される湯量 A_{tl} とタンクに給水される水量 A_{sw} は同じとした。

3. シミュレーション手法

PV/SCシステムを沖縄県の一般的な全電化住宅に住む4人家族の家庭に導入すると想定し、 25.5m^2 のソーラーパネルおよび 4.965m^2 の集熱パネルを設置する。PVシステムの発電効率は15.7%で、集熱パネルの熱変換効率は60%とする。電気温水器は定格4.4kWとし、HPは電気温水器の使用電力の36.7%の電力で同等のお湯を得るとし、タンク容量は370lとする^[7,8]。

本研究は、図1および図2に示す熱電ハイブリッドシステムモデルにおいてそれぞれ、PV/SC無しの全電化住宅(A)、PVのみ(B)、SCのみ(C)、PV/SC有り(D)の4つ場合で下記の節で示す条件を基にシミュレーションを行った。これらのシミュレーション結果より年間の買電量、買電料金お

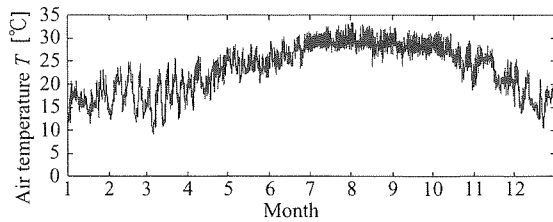


図4 外気温度

Fig. 4. Air Temperature.

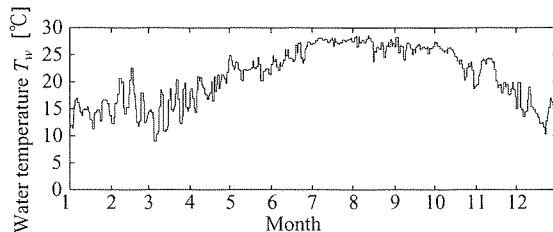


図5 市水温度

Fig. 5. Water temperature.

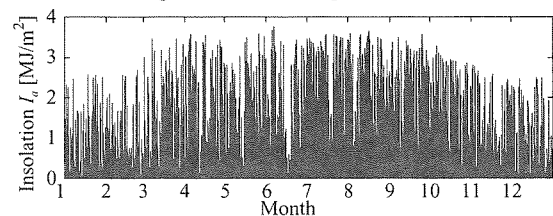


図6 日射量

Fig. 6. Insolation.

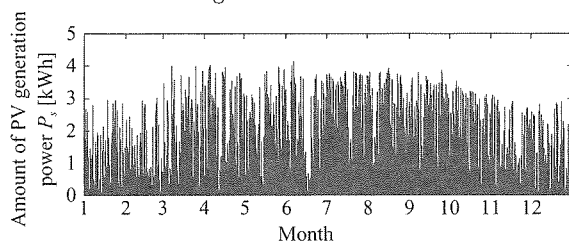


図7 太陽光発電電力

Fig. 7. Amount of PV generation power.

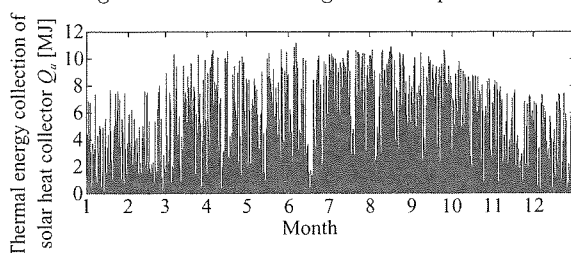


図8 集熱パネルの集熱量

Fig. 8. Thermal energy collection of solar heat collector.

およびCO₂排出量を算出し、削減電力量、削減コストおよびCO₂削減量を求める。

3.1 負荷

本研究では以下に示すような電力負荷および熱負荷をそれぞれ考慮し、データ解析を行う。

● 電力負荷

電力負荷として定格4.4kWの電気温水器、定格

表1 電力料金単価

Table 1. Electric rate.

	1kWhあたりの単価
昼間時間 (夏季)	¥ 38.37
昼間時間 (他季)	¥ 35.04
生活時間	¥ 26.22
夜間時間	¥ 11.46

4.8kWのIHクッキングヒーター、電灯、テレビ、パソコン等、これらの家電機器に待機電力0.2kWがあると想定した。また、利用状況として午前7時と午後6時にIHクッキングヒーターを利用、午後6時から夜間12時まで電灯、テレビとパソコンを常時利用、太陽熱エネルギーが不足した際に補助熱源として電気温水器を利用、全ての時間において待機電力を含むものとする。

● 熱負荷

熱負荷として午後7時に4人がシャワーを利用すると想定し、40℃の温水を320ℓ使用する。

3.2 気象データ

2005年の沖縄県那覇市の気象データ^[9]を用いてシミュレーションを行う。図4に年間の外気温度、図5に年間の市水温度を示す。ここで、外気温度は1時間平均値である。また各日の最低気温をその日の市水温度として用いた。図6に日射量、図7にPV発電量、図8にSC集熱量を示す。ここで、日射量は1時間積算量である。またPV発電量およびSC集熱量は(1)、(4)式を用いてそれぞれ求められる。

3.3 電気料金

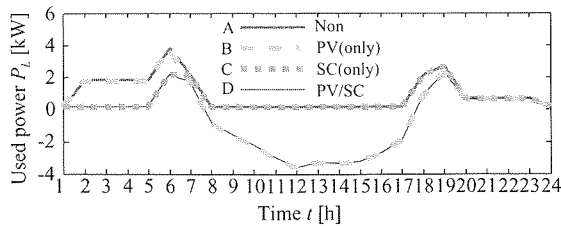
本論文では表1に示すような電気料金を設定する^[10]。電力の購入単価と余剰電力の販売単価は同じとする。固定価格買取制度を導入する場合には余剰電力の販売単価を50円/kWhとする。ここで、「昼間時間」とは午前10時から午後5時までの時間、「生活時間」とは午前7時から午前10時、午後5時から午後11時、「夜間時間」とは「昼間時間」および「生活時間」以外の時間とする。「夏季」とは7月1日から9月30日までの期間とし、「他季」とは「夏季」以外の期間とする。

4. シミュレーション結果

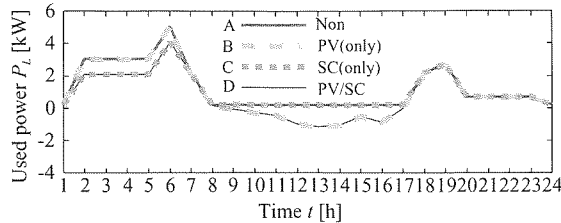
太陽エネルギー利用設備を住宅へ導入することによる省エネルギー効果の有効性を検証するため、前節で記述した気象条件、負荷、電気料金を基に設計したPV、SC、PV/SCの運用シミュレーションを行う。まず、4.1節で日射量が十分に得られる日と、日射量を十分に得られない日のシミュレーションをそれぞれ行い、太陽エネルギー設備導入による1日の省エネルギー効果について検証する。次に4.2節で月毎のシミュレーションを行う。シミュレーション結果から月毎におけるエネルギー削減率、コスト削減率について解析を行い、月毎における太陽エネルギー利用設備の省エネルギー効果について検証する。4.3節では1年間を通したシミュレーションを行い、太陽エネルギー設備導入による年間の省エネルギー効果について検証する。シミュレーションで使用されている変数名およびその算出法は本論文の付録で説明されている^[8]。また、太陽エネルギーを利用しない場合、全電化住宅にPVを設置した場合、全電化住宅にSCを設置した場合、全電化住宅にPV/SCを設置した場合を以下のようにA~Dの条件として設定する。

A：太陽エネルギーを利用しない場合

B：全電化住宅にPVを設置した場合



(a) Case1



(b) Case2

図9 1日の使用電力

Fig. 9. Used power of a day.

表2 1日の買電料金

Table 2. Electricity cost of a day.

	A	B	C	D
Case1 without Feed-in tariff	¥451	¥-588	¥357	¥-681
Case1 with Feed-in tariff	¥451	¥-929	¥357	¥-1,023
Case2 without Feed-in tariff	¥516	¥268	¥460	¥212
Case2 with Feed-in tariff	¥516	¥187	¥460	¥132

表3 1日の削減コスト

Table 3. Cost reduction of a day.

	B	C	D
Case1 without Feed-in tariff	¥1,039	¥94	¥1,132
Case1 with Feed-in tariff	¥1,380	¥94	¥1,483
Case2 without Feed-in tariff	¥248	¥56	¥304
Case2 with Feed-in tariff	¥329	¥56	¥384

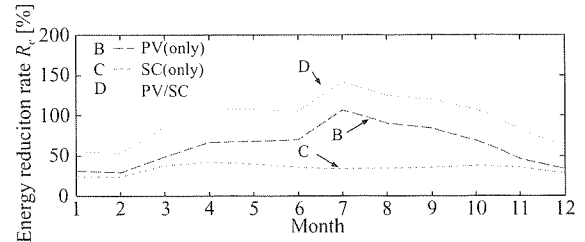
C：全電化住宅にSCを設置した場合

D：全電化住宅にPV/SCを設置した場合

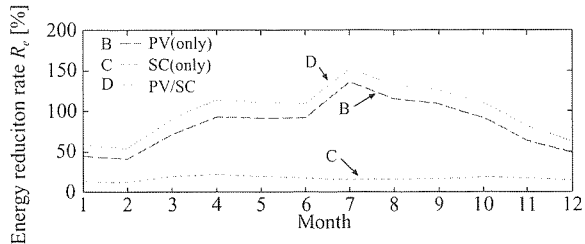
4.1 太陽エネルギー利用設備導入による1日の省エネルギー効果

図9(a), (b)に電気温水器を有する全電化住宅において、日射量が十分に得られる日の買電量(Case1)と日射量が十分に得られない日の買電量(Case2)を示す。図9(a)より、日射量が十分に得られる場合では、PVを有する全電化住宅(B,D)において最大3.8kW程度売電されていることが確認できる。また、SCを有する全電化住宅(C,D)では電気温水器での買電量が零のため午前2時から6時までの買電量が大きく削減されていることが確認される。図9(b)より、日射量が十分に得られない場合では、PVを有する全電化住宅(B,D)において最大1.5kW程度の売電が可能であることが確認できる。また、SCを有する全電化住宅(C,D)ではSCを有していない全電化住宅(A,B)と比較して1kW程度の買電量が削減されていることが確認できる。

Case1とCase2の場合に固定価格買取制度を適用しない場合と適用した場合の1日の買電料金及び削減コストをそれぞれ表2, 3に示す。表2, 3より十分に日射量が得られるCase1と得られないCase2においてPV, PV/SCを導入した場合の買電料金及び削減コストをそれぞれ比較すると、十分に日射量を得るCase1において固定価格買取制度を適用した場合は経済効果に大きく貢献していることがわかる。こ



(a) All-electric house with electrical water heater



(b) All Electric house with HP

図10 年間における月毎のエネルギー削減率

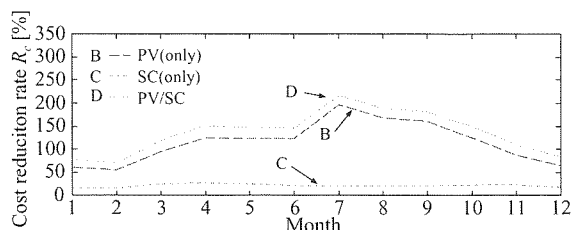
Fig. 10. Energy reduction rate every month.

れは、日射量が多く得られるほど太陽光発電電力の売電が可能であるため、固定価格買取制度による効果が大きく作用したからである。したがって、得られる日射量が多くなるほど固定価格買取制度による効果は大きくなる。

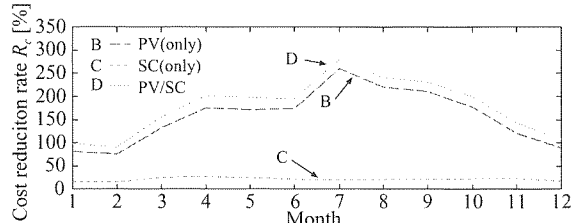
4.2 太陽エネルギー利用設備導入による月毎の省エネルギー効果

電気温水器またはHPを有する全電化住宅にPV, SC, PV/SCを導入したときの月毎のエネルギー削減率をそれぞれ図10(a), (b)に示す。図10(a)より、電気温水器を有する全電化住宅ではPVのみの導入で35~110%程度、SCのみの導入で20~40%程度、PV/SCの導入で55~140%程度のエネルギー削減が可能であることがわかる。図10(b)より、HPを有する全電化住宅ではPVのみの導入で40~130%程度、SCのみの導入で20%程度、PV/SCの導入で60~150%のエネルギー削減が可能であることがわかる。図10(a), (b)を比較すると、PVを導入する場合においてはHPを有する全電化住宅のほうがエネルギー削減効果大きい。SCのみを導入する場合においては電気温水器を有する全電化住宅のほうがエネルギー削減効果大きい。PV/SCを導入する場合においてはエネルギー削減効果に大きな差がないことがわかる。

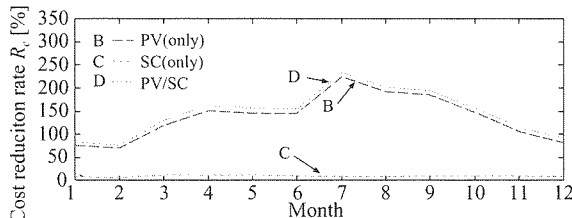
電気温水器またはHPを有する全電化住宅にPV, SC, PV/SCを導入したときの月毎のコスト削減率をそれぞれ図11(a), (c)に示す。また、固定買取価格制度を導入した場合のそれぞれのコスト削減率を図11(b), (d)に示す。図11(a)より、電気温水器を有する全電化住宅ではPVのみの導入で50~200%程度、SCのみの導入で20%程度、PV/SCの導入で70~220%程度のコスト削減が可能であることがわかる。図11(b)より、固定価格買取制度を導入した場合PVのみの導入で80~260%程度、PV/SCの導入で100~280%程度のコスト削減が可能であることがわかる。これらの結果より、電気温水器を有する全電化住宅において固定価格買取制度の導入は有効であることが確認される。図11(c)より、HPを有する全電化住宅ではPVのみの導入で70~230%程度、SCのみの導入で10%程度、PV/SCの導入で80~240%程度のコスト削減が可能であることが



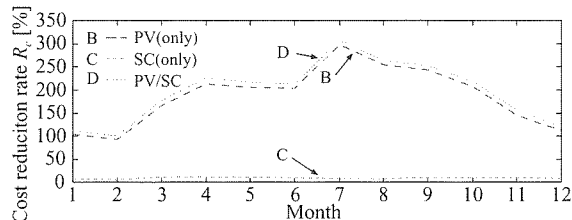
(a) All-electric house with electrical water heater



(b) All Electric house with electrical water heater system (Feed-in tariff).



(c) All-electric house with HP.



(d) All Electric house with HP (Feed-in tariff).

図 11 年間における月毎のコスト削減率

Fig. 11. Cost reduction rate every month.

確認できる。図 11(d)より、固定価格買取制度を導入した場合、PV のみの導入で 90~300% 程度、PV/SC の導入で 100~310% 程度のコスト削減が可能であることがわかる。これらの結果より、HP を有する全電化住宅において固定買取価格制度の導入は有効であることが確認される。図 11(a)~(d)より、電気温水器を有する場合と HP を有する場合を比較すると、HP を有する全電化住宅では SC を導入してもコスト削減効果は小さいことがわかる。

4.3 太陽エネルギー利用設備導入による年間の省エネルギー効果

電気温水器または HP を有する全電化住宅へ PV, SC, PV/SC を導入したときの年間の買電量、削減電力量、買電料金、削減コスト、CO₂ 排出量、CO₂ 削減量、エネルギー削減率、コスト削減率、投資回収年数を固定価格買取制度の有無でまとめたものを表 4~7 に示す。表 4 より、電気温水器を有する全電化住宅に PV のみ (B), SC のみ (C) を導入した場合を比較するとエネルギー削減率 R_e 、コスト削減率 R_c とともに PV のみの導入の方が効果が高いことが確認される。特にコスト削減率においては 92.1% と大きな差がある。これは、PV が最も売電価格が高い時間帯に売電が可能であるのに対して、SC では最も電力料金が安い夜間電力の時間帯の買電量しか削減しないからである。また、

表 4 PV, SC, PV/SC システムの導入効果 (電気温水器)

Table 4. Installation effects of PV, SC and PV/SC.

with electrical water heater				
	A	B	C	D
W_e [kWh/year]	9,662	3,847	6,390	574
C_m [kWh/year]		5,815	3,273	9,088
C_{wE} [¥/year]	176,000	-23,518	138,500	-61,201
C_c [¥/year]		199,520	37,503	237,020
E_{co2} [kg-CO ₂ /year]	9,423	3,751	6,231	560
C_{co2} [kg-CO ₂ /year]		5,671	3,191	8,863
R_e [%/year]		60.2	33.9	94.1
R_c [%/year]		113.4	21.3	134.7
C_I [¥]	220,000	2,620,000	370,000	2,770,000
C_y [year]		12.0	4.0	10.8

表 5 固定価格買取制度を適用した PV, SC, PV/SC システムの導入効果 (電気温水器)

Table 5. Installation effects of PV, SC and PV/SC with electrical water heater (Feed-in tariff).

	A	B	C	D
W_e [kWh/year]	9,662	3,847	6,390	574
C_m [kWh/year]		5,815	3,273	9,088
C_{wE} [¥/year]	176,000	-97,503	138,500	-134,560
C_c [¥/year]		273,060	37,503	310,560
E_{co2} [kg-CO ₂ /year]	9,423	3,751	6,231	560
C_{co2} [kg-CO ₂ /year]		5,671	3,191	8,863
R_e [%/year]		60.2	33.9	94.1
R_c [%/year]		155.1	21.3	176.5
C_I [¥]	220,000	2,620,000	370,000	2,770,000
C_y [year]		8.8	4.0	8.2

表 6 PV, SC, PV/SC システムの導入効果 (HP)

Table 6. Installation effects of PV, SC and PV/SC with HP.

	A	B	C	D
W_e [kWh/year]	7,081	1,256	5,880	64.6
C_m [kWh/year]		5,815	1,201	7,016
C_{wE} [¥/year]	146,420	-5,3100	132,660	-66,861
C_c [¥/year]		199,520	13,764	213,280
E_{co2} [kg-CO ₂ /year]	6,905	1,234	5,734	63
C_{co2} [kg-CO ₂ /year]		5,671	1,171	6,842
R_e [%/year]		82.1	17.0	99.1
R_c [%/year]		136.3	9.4	145.7
C_I [¥]	770,000	3,170,000	920,000	3,320,000
C_y [year]		12.0	10.8	12.0

表 7 固定価格買取制度を適用した PV, SC, PV/SC システムの導入効果 (HP)

Table 7. Installation effects of PV, SC and PV/SC with HP (Feed-in tariff).

	A	B	C	D
W_e [kWh/year]	7,081	1,256	5,880	64.6
C_m [kWh/year]		5,815	1,201	7,016
C_{wE} [¥/year]	146,420	-126,630	132,660	-142,400
C_c [¥/year]		273,060	13,764	286,820
E_{co2} [kg-CO ₂ /year]	6,905	1,234	5,734	63
C_{co2} [kg-CO ₂ /year]		5,671	1,171	6,842
R_e [%/year]		82.1	17.0	99.1
R_c [%/year]		186.5	9.4	195.9
C_I [¥]	770,000	3,170,000	920,000	3,320,000
C_y [year]		8.8	10.8	8.9

PV/SC を導入することで年間で 24,000 円程度の収入 (買電料金 $C_{wE} = -23,518$ ¥/year) が得られることがわかる。さらに PV/SC の導入によるエネルギー削減率 R_e 、コスト削減率 R_c はそれぞれ 94.1%, 134.7% とそれぞれ削減効果が大きく作用していることがわかる。また、投資回収年数 C_y が PV のみの導入の場合と比較して 1 年間早く回収可能である

ことが確認できる。表4と表5を比較すると、PV/SCを導入した場合、固定買取価格制度導入により、削減コスト C_c が74,000円程度増加し、コスト削減率 R_c は41.7%増加、投資回収年数 C_y は3年程度早期回収が可能となっていることがわかる。

表6より、HPシステムにPVのみ(B)、SCのみ(C)を導入した場合をそれぞれ比較すると、削減電力量 C_m 、削減コスト C_c 、CO₂削減量 C_{co2} の項目においてPVのみの導入(B)の方が優れていることがわかる。これは、HP自身で給湯に対する買電量を省エネルギー化するため、SCを導入したとしても効果は向上しにくいことが原因である。しかし、PVを導入した場合(B)とSCを導入した場合(C)の投資回収年数 C_y について比較するとSCを導入した場合が1年程度早期回収が可能である。これは、SCの設備コスト C_I がPVと比較して安価であることが原因である。また、表4の電気温水器を有する全電化住宅にSCを導入した場合と表6のHPを有する全電化住宅にSCを導入した場合の投資回収年数 C_y を比較すると、HPを有する全電化住宅にSCを導入したほうが6年程度回収年数が遅れるが、SCの耐用年数は一般に15年～20年程度と言われていることから十分耐用年数以内での投資回収が可能である。HPを有する全電化住宅にPVのみ導入とPV/SCの導入をした場合の導入効果を比較するとそれぞれの項目において大きな差異は認められないため、HPを有する全電化住宅ではPVのみの導入で十分に省エネルギー効果が得られることがわかる。表6と表7を比較すると、固定価格買取制度を導入したことで削減コスト、コスト削減率、投資回収年数は電気温水器を有する全電化住宅同様に大幅に向上していることが確認できる。HPを有する全電化住宅にPVのみ導入する場合とPV/SCを導入する場合の導入効果を比較するとそれぞれの項目において大きな差異は認められないため、固定価格買取制度を導入する場合においてもHPを有する全電化住宅ではPVのみの導入で十分に省エネルギー効果が得られる。

HPを有する全電化住宅のほうが省エネルギーであるが、電気温水器を有する全電化住宅のほうが熱電ハイブリッドシステムの導入効果は大きいことが確認できた。現状ではHP価格が高価であるが、価格低下により亜熱帯地域におけるHPの有効性が高まるといえる。

5. むすび

本論文では、亜熱帯地域において、電気温水器またはHPを有する全電化住宅にPVシステム、SCシステム、PV/SCシステムを導入した場合の年間におけるエネルギー削減効果、コスト削減効果、CO₂削減効果等の導入効果をシミュレーションに基づいて算出した。また、固定価格買取制度を適用した場合においても同様に導入効果を算出した。その結果、電気温水器を持つ全電化住宅にPV/SCを設置することの有効性および固定価格買取制度の適用で大幅な経済効果が得られることを確認した。HPを有する全電化住宅ではSCを設置しても大きな省エネルギー効果は得られず、PVのみの設置で十分省エネルギー効果があることが確認できた。今後、HP価格が低下することにより、亜熱帯地域ではHPの有効性が高まると考えられる。また、夏季における亜熱帯地域における太陽エネルギーは有望であり、住宅における有効利用のみならず、他分野においても有効利用が期待できる。

参考文献

- (1) 総合資源エネルギー調査会 新エネルギー部会：「新エネルギー政策の新たな方向性- 新エネルギーモデル国家の構築に向けて-」, 2008/06/24
- (2) 菅野 孝則, 北 裕幸, 田中 英一, 長谷川 淳：「電力系統におけるRPS制度の強化学習に基づく市場解析」, 電学論B, 126, 2, pp. 217-224(2006-2)
- (3) 石川 忠夫：「分散型電源の電力系統連係技術の最新動向」, 電学論B, 126, 10, pp. 964-968(2006-10)
- (4) 経済産業省：「新市場拡大措置検討小委員会報告書～我が国の実情に即した新たな市場拡大措置のあり方について～」, 2001/12
- (5) 山本 美紀子：「低炭素社会へ向け大きく舵を切る太陽光発電の普及策-固定価格買取制度は国内市場の大幅拡大につながるか-」, みずほリサーチ, 2009/06
- (6) 木村 幸：「太陽熱温水器の普及はなぜ停滞しているのか」, 研究報告書(電力中央研究所報告), 2008
- (7) 伊賀 淳, 石原 好之：「太陽光発電システムの「月別温度係数」の特徴とその活用の具現化」, 電学論B, 126, 8, pp. 767-775(2006-8)
- (8) 内田 晃介, 千住 智信, 與那 篤史：「日射量予測による太陽熱利用給湯システムのCO₂削減効果」, 平成21年電力技術, 電力系統技術, 半導体電力変換合同講演会資料, PE-09-03/PSE-09-21/SPC-09-55, pp. 73-78, 2009
- (9) (財)気象業務支援センター, 「気象データベース・地上観測」, 2005
- (10) (株)沖縄電力, 「Eeらいふ」
<http://www.okinawa.co.jp/index.html>, 2008

付録

表4～7で使用した変数の説明

W_e [kWh/year]	買電量
C_m [kWh/year]	削減電力量
C_{wE} [¥/year]	買電料金
C_c [¥/year]	削減コスト
E_{co2} [kg-CO ₂ /year]	CO ₂ 排出量
C_{co2} [kg-CO ₂ /year]	CO ₂ 削減量
R_e [%/year]	エネルギー削減率
R_c [%/year]	コスト削減率
C_I [¥]	設備コスト
C_y [year]	投資回収年数

表4～7で使用した変数の算出法

$$\begin{aligned}
 C_{wE} &= C_u W_e \\
 E_{co2} &= A_{co2} W_e \\
 C_m &= \text{PV/SC無しの} W_e - \text{PV, SC, PV/SCの} W_e \\
 C_c &= \text{PV/SC無しの} C_{wE} - \text{PV, SC, PV/SCの} C_{wE} \\
 C_{co2} &= \text{PV/SC無しの} E_{co2} - \text{PV, SC, PV/SCの} E_{co2} \\
 R_e &= \frac{C_m}{\text{PV/SC無しの} W_e} \\
 R_c &= \frac{C_c}{\text{PV/SC無しの} C_{wE}} \\
 C_y &= \frac{\text{PV/SC無しの} C_I - \text{PV, SC, PV/SCの} C_I}{C_c}
 \end{aligned}$$

ここで, C_u [¥/kWh]: 電気料金単価, A_{co2} [kg-CO₂/kWh]: CO₂ 排出原単位 ($A_{co2}=0.9752$ kg-CO₂/kWh)