

PV・SCを用いたDCエコハウスの最適運用法

Optimal Operation Method for DC Eco-house with PV and SC

與那篤史*¹
Atsushi YONA

長木勇介*²
Yusuke NAGAKI

内田晃介*³
Kousuke UCHIDA

千住智信*⁴
Tomonobu SENJYU

Abstract

Photovoltaics (PV) systems are capable of generating electricity in a clean, quiet and reliable way. From the point of view of energy storage, batteries are integrated with PV system for providing energy during night time and sunless period. For a typical family, mainly load is power load and heat load. In electric power company, power conversion system is usually alternate current (AC). But, direct current (DC) grid system at residential house has focused in recent years. A stand-alone photovoltaic power system is designed and implemented to operate residential dc-power appliances such as lamps, jam, heat load etc. Because, it is less power loss than AC grid system. Additionally, a solar collector (SC) has spreaded in heat supply side. An advance efficient utilization method of SC is important for utilizing renewable energy. This paper presents an optimal operation method for DC grid system (DC ecohouse) with PV and SC. Simulation results show daily running cost which is minimized by proposed method on three insolation patterns in Okinawa, Japan.

キーワード：DCエコハウス，タブ・サーチ，太陽光発電，太陽熱利用機器，全電化住宅

keyword：DC eco-house, tabu serch, photovoltaics, solar collector, all-electric house.

1. まえがき

近年，地球温暖化，石油枯渇が問題となっており，無尽蔵かつクリーンな太陽光エネルギーを用いて発電する太陽光発電(以下PV：Photovoltaics)が注目されている。新エネルギー導入目標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，今後さらにその普及が進むことが考えられる。しかし，PVで得られる太陽光エネルギーは日射量，パネル面の温度などにより大きく変動し，発電電力に対して大きな影響を与える。そのためPVには蓄電池等の電力貯蔵装置の併設が不可欠である。そこで建設業者等から，将来普及すると予想される電気自動車を蓄電池の代用としたクールアースモデル住宅^[1]などが発表されており，蓄電設備を備えた一戸建て住宅が普及し始めている。このような住宅は，補助金制度や余剰電力の固定価格買取制度^[2]の導入等によりますます普及すると考えられる。

一般家庭における負荷は主に電力負荷と熱負荷の2つに分けられる。しかしながら，一戸建て住宅において，上述のようなPVと蓄電池の併設によって電力負荷を補う研究は多くの論文で検証されているが，熱負荷への熱供給を電力供給に頼らない，あるいは熱利用機器と協調した供給方法の有効性については，検証例が少ない。

住宅の熱供給の面においては，エネルギー変換効率が高く，再生可能エネルギー利用システムの中でも設備コスト

が比較的安価な太陽熱利用機器(以下SC:Solar Collector)が普及してきた。しかし，投資回収が困難であることや，ガス・灯油給湯システムと比較して開発が遅れたことなどの理由により普及停滞を繰り返している^[3]。そのため，SCのさらなる有効利用方法の提案が重要と考えられる。例えばPVとSCによって家庭で消費される電力負荷と熱負荷を補うことが可能であれば，需要家の経済的メリットは格段に向上すると考えられる。また，一般住宅への電力供給の面においては従来から，交流給電による方式が主流であった。しかしながら，直流給電による方式はAC/DC変換の回数が削減可能であり，交流給電と比較して電力損失が少なく省エネルギーであることなどの利点から導入が見直されてきている^[4]。特にPVの発電電力は直流であるため，インバータを介さなければならない交流給電より直流給電による方式のほうが都合が良い場合がある。なお，日射量が得られない日においては，PVとSCの利用が困難となるため，電力負荷と熱負荷は買電電力，蓄電池並びに電気温水器により供給されることになる。したがって，日射量が得られない日における蓄電池と電気温水器の運用方法により蓄電池容量やインバータ容量の最適値を決定する必要がある。つまり，一般的に安価な深夜電力を蓄電池へ充電し，電力料金の高い昼間においては蓄電池からの電力を需要家へ供給するという運用方法である。ただし，昼間電力や深夜電力等の時間別電力料金を考慮することと，蓄電池の充放電による電力変動が電力系統へ悪影響を及ぼさない運用方法を検討することが重要である。

本研究では，PV，SC，電気温水器，家庭用蓄電池を備えた直流給電による一戸建て住宅(以下DCエコハウス)において，1日の運用コストが最小になる最適運用法を提唱する。本論文では沖縄県の代表的な3種類の日射量パターンについてシミュレーションを行い検証した。ここで，日射量パターンは予測可能であることを前提としている。また，現行の制度ではPVの余剰電力買取に対し，蓄電池の

*¹ 琉球大学工学部助教
〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町字千原1番地
e-mail: yona@tec.u-ryukyuu.ac.jp

*² 琉球大学工学部大学生

*³ 琉球大学工学部大学院生

*⁴ 琉球大学工学部教授
(原稿受付：2009年11月25日)

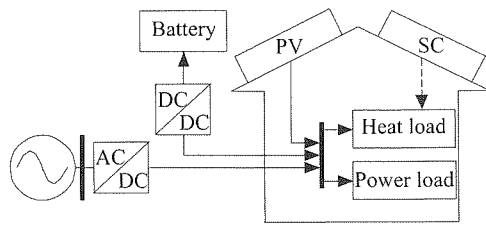


図1 DCエコハウスモデル
Fig. 1. DC eco-house model.

表1 各設備容量
Table. 1. Installed capacity.

PV 定格出力	3.5kW
電気温水器定格出力	4.4kW
貯湯槽容量	370L
蓄電池容量	25kWh
インバーター容量	6kW

併設は想定されていないため、併設する場合は購入単価が異なる可能性が高い。しかし、PVの発電電力は前述のように日射量によって大きく変動し、この変動は系統に悪影響を与える。そこで蓄電池の併設によって、発電電力を平滑化することは電力会社にとっても有用であり、将来普及すると想定される。前述の理由から本研究では蓄電池の併設によっても購入単価の変更はないものとしてシミュレーションを行った。

2. 設備構成

図1に本研究で想定するDCエコハウスの設備を示す。また、表1に各設備容量を示す。ただし、蓄電池容量とインバーター容量については4章のシミュレーション結果で得られた最適容量を示している。また、本論文では蓄電池効率、インバーター効率は100%と仮定している。

2.1 PVの発電電力

本研究で想定するPVのパラメータは η_{PV} ：セル温度 t_{CR} が25℃の時の変換効率(=14.4%)、 n_{PV} ：パネル枚数(=18枚)、 S_{PV} ：パネル面積(=1.3m²/枚)とする^[5]。また、日射量から得られるPVの発電電力 P_{PV} [kW]は I_{PV} [kW/m²]：日射量、 t_{CR} [℃]：セル温度とすると以下式から求まる^[6]。

$$P_{PV} = \eta_{PV} \cdot n_{PV} \cdot S_{PV} \cdot I_{PV} (1 - 0.005(t_{CR} - 25)) \quad (1)$$

セル温度が変化した場合の変換効率の変化は(1)式右辺の(1-0.005(t_{CR} - 25))によって考慮している。ここで、6章に示すシミュレーション結果においてはセル温度 t_{CR} は外気温と等しいと仮定した計算結果を示している。

2.2 SCの集熱量

本研究で想定するSCのパラメータ^[7,8]は η_{SC} [%]：変換効率(=60%)、 n_{SC} ：パネル枚数(=3枚)、 S_{SC} ：パネル面積(=1.6m²/枚)とする。また日射量 I_{SC} [W/m²]から得られるSCの集熱量 Q_{SC} [J]は以下式から求まる^[9]。

$$Q_{SC} = \eta_{SC} \cdot n_{SC} \cdot S_{SC} \cdot I_{SC} \quad (2)$$

ここで、SCの集熱効率は集熱器の種類や対象地域の気象条件及び温度変化により異なるが、本論文では集熱効率

を固定して運用方法を検討している。実際の運用においては利用可能な集熱量のみを使用すると想定されるが、その場合も集熱効率の設定を変更することで運用可能であると考えられる。また、電気温水器のパラメータは $W[L]$ ：貯湯槽容量(=370L)とする。水温の温度変化、動的特性は次式から求まる^[10]。

$$Q_{SC} + Q_{tl} + Q_{sw} - Q_{loss} = \beta \cdot A_w \frac{dT_h}{dt} \quad (3)$$

$$Q_h = \beta_h \cdot A_w \cdot T_h$$

$$Q_{loss} = \alpha_h (T_h - T) \quad (4)$$

ここで、 T_h [℃]：貯湯槽の水温、 Q_h [J]：貯湯槽の保有熱量、 β ：水の容積比熱(=4.184J/(L℃))、 A_w [L]：貯湯槽の貯湯容量、 α_h ：熱損失係数(=0.0060209W/℃)、 T [℃]：気温、 Q_{loss} [W]：貯湯槽からの熱損失を示す。また、(3)式中の Q_{tl} [W]：給湯熱量、 Q_{sw} [W]：補給水の熱量については次式以降に示す。給湯の際、貯湯槽から使用する給湯流量 A_{tl} [L/s]と補充水量 A_{sw} [L/s]は等しく、給湯熱量 Q_{tl} [W]および補給水の熱量 Q_{sw} [W]は以下の式で示される。

$$Q_{tl} = \beta \cdot A_{tl} (T_{hw} - T_h) \quad (5)$$

$$Q_{sw} = \beta \cdot A_{sw} (T_w - T_h) \quad (6)$$

ここで、 T_{hw} [℃]：給湯温度、 T_w [℃]：給水温度、 T_h [℃]：貯湯槽の水温であり、電気温水器によって沸上げるときに与えられる熱量 Q_e [J]は電気温水器での沸き上げ温度を T_e [℃]とすると次式によって与えられる。

$$Q_e = \beta \cdot A_{tl} (T_e - T_h) \quad (7)$$

電気温水器によって消費される電力量 P_{HL} [kWh]は以下式で与えられる。

$$P_{HL} = \frac{Q_e}{\eta_b H_a} \quad (8)$$

ここで、 H_a は電気温水器での沸き上げ熱量 Q_e [J]とそれに要した消費電力 P_{HL} [kWh]との比率であり、 H_a =3.6J/kWhである。また、 η_b [%]：ボイラー効率である。

2.3 蓄電池およびインバーター容量

本研究で想定する蓄電池容量は表1に示すとおり C_{Bmax} (25kWh)、インバーター容量 P_I (6kW)とする。

3. 最適化手法

本研究のシミュレーションには最適化手法のタブサーチ(TS: Tabu Search)を用いた。TSとは、1986年にGloverによって提案された最適化手法である^[11]。本章ではTSについて述べる。

3.1 タブ・サーチ

ある解 x_1 において、その解に近い解、すなわち近傍解を複数探索し、その近傍解の中からよりよい解 x_2 を選び、 x_1 から x_2 へ移動する。そして再び近傍解を探索する。このように繰り返し探索を行うことで最適解を探し出すことができる。

しかし、このままでは移動前の解が、移動後の解の近傍解に含まれてしまい、移動前の解にもどる可能性がある。このような場合、解はこの2つの解を往復し、最適解の探索が進まなくなる。このような事態を避けるために探索の移動に制限を設けるタブリストを作成する。

タブリストとはこれまで移動した解を記憶するリストである。このリストは保存容量に制限を持たせ、その制限を超えた場合、古いリストから順に更新されていく。解から解への移動の際にタブリストを参照し、リストに該当する近傍解への移動を禁止する。このように行うことで解の移動の際の往復やループを防ぐことができる。本研究では求める解を1時間おきの蓄電池の充放電量とし、以下に示す目的関数が最小になる解を求める。

3.2 目的関数・制約条件

シミュレーションに用いた目的関数と制約条件を以下に示す。

[目的関数]

$$C_{day} = \sum_{i=1}^{24} (P_{BUYi} - P_{SALEi}) C_{pi}$$

$$P_{BUYi} = P_{PLi} + P_{HLi} + P_{DCi} \quad (9)$$

$$P_{SALEi} = P_{PVi}$$

ここで C_{day} [¥]: 1日の運用コスト, C_p [¥/kWh]: 電気料金単価, 夜間時間 (=11.46¥/kWh), 生活時間 (=26.22¥/kWh), 昼間時間 (=35.04¥/kWh), P_{BUY} [kWh]: 買電電力量, P_{SALE} [kWh]: 売電電力量, P_{PL} [kWh]: 消費電力量, P_{DC} [kWh]: 蓄電池の充放電電力量を示す。すなわち(9)式によって1日における運用コストが最小になる蓄電池の運用法を求める。ただし, P_{DC} は充電時において正の値であり, 放電時には負の値である。 C_p には(株)沖縄電力のEeらいふで設定されている値を適用した^[12]。この契約では夜間時間, 生活時間, 昼間時間の時間帯に分割され, 生活時間における C_p は夜間時間の約2倍, 昼間時間における C_p は夜間時間の約3倍と設定されている。

[制約条件]

$$20\% \leq \eta_{CB} \leq 100\% \quad (10)$$

$$\eta_{CB} = \frac{C_B}{C_{Bmax}} \times 100 \quad (11)$$

$$|P_I| \leq 6 \text{ kW} \quad (12)$$

$$P_{BUYi-1} \times 0.8 \leq P_{BUYi} \leq P_{BUYi-1} \times 1.2 \quad (13)$$

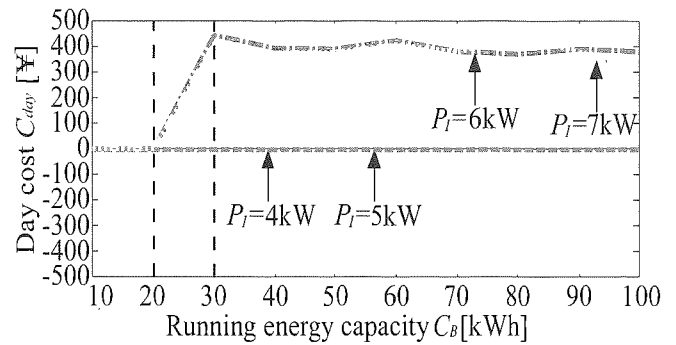
$$P_{SALEi-1} \times 0.8 \leq P_{SALEi} \leq P_{SALEi-1} \times 1.2 \quad (14)$$

ここで C_B [kWh]: 蓄電池の蓄電容量 (kWh 容量), P_I [kW]: 蓄電池のインバータ容量 (kW 容量) を示す。蓄電池の動作において満充電, 満放電を繰り返すと, 蓄電池の寿命に悪影響を及ぼすため, 蓄電池の充放電は(10)式のように20%から100%の間で行うように設定した。また系統へ潮流, 逆潮流の際, 電力の急激な変動は系統に対し大きな負荷となるため, この変動が大きくなる夜間0~7時, 昼間10~17時は変動が一定になるよう制御するものとし, それ以外の時間帯は買電電力と売電電力は1時間前の電力値の0.8倍から1.2倍の間になるように制約条件を加えた。

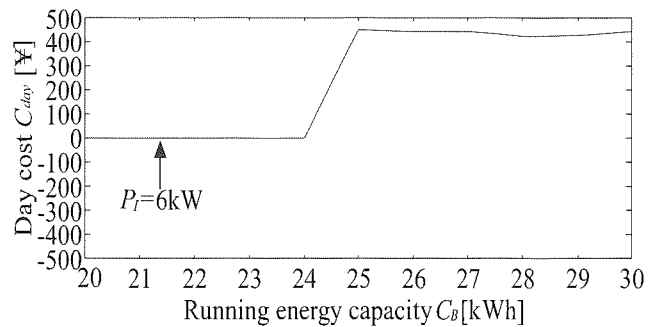
以下に本シミュレーションの実行手順を示す。

[実行手順]

1. 初期解をランダムに決定する。
2. 決定した解の近傍解を作成する。
3. 作成した近傍解とタブリストを照合する。



(a) 10kWh ~ 100kWh



(b) 20kWh ~ 30kWh

図2 蓄電池最適容量

Fig. 2. Optimal dimension of storage battery.

4. もしタブリストにある解と近傍解に一致すれば, その解を近傍解から外す。
5. 近傍解の中から目的関数と制約条件を満たす最良解を探し出す。
6. 探し出した最良解に移動する。
7. 2にもどり, 設定した移動回数に達するまで繰り返す。
8. もし移動することが不可能な場合, すなわち最良解が移動前の解より評価が悪い場合, 移動前の解を保存し1にもどる。
9. 移動回数が探索回数に達した場合, そのときの解と保存した解の中から評価の1番高い解を選び, それを最適解とする。

4. 蓄電池最適容量の決定

本研究で設定した蓄電池のパラメータである蓄電池容量とインバータ容量の最適値をシミュレーションによって決定する。PVと蓄電池の併設において, 日射量が少ないほど, 蓄電池併設による不足電力量の供給及び平滑化のメリットは大きい。しかしながら蓄電容量とインバータ容量を大きくすると設備コストが高くなる。従って, DCエコハウスの最適運用に必要な最低限の蓄電池容量とインバータ容量を決定することで, 設備コストが抑制可能となる。本論文では蓄電池最適容量を決定するために日射量が完全に得られず ($I_{PV}=0\text{kW/m}^2$, $I_{SC}=0\text{W/m}^2$), 電気温水器を3時間使用する日を想定し, その際に運用可能な必要最低限の蓄電池容量を求めるシミュレーションを行った。

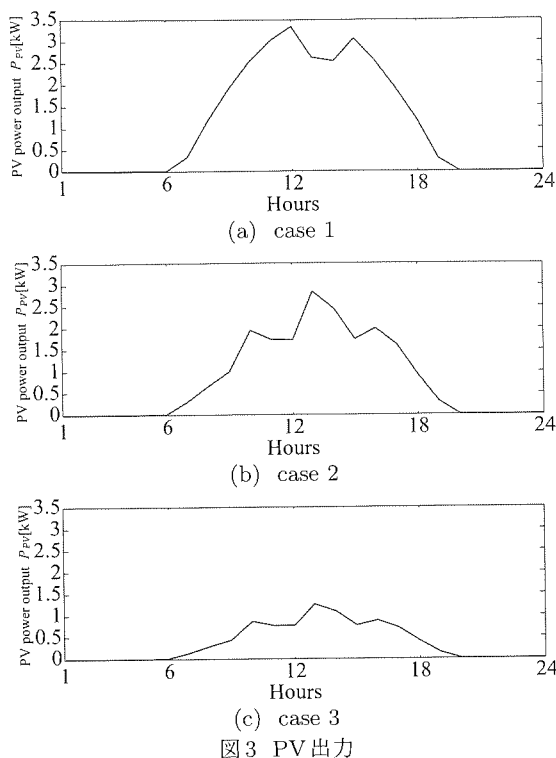


図3 PV出力

図2は横軸に蓄電池容量 C_B 、縦軸にその運用コスト C_{day} 、図中の P_I はインバータ容量を示している。 $C_{day}=0$ は、制約条件を満足させた状態で運用することが不可能であったことを示している。図2(a)は各 P_I に対する C_{day} を $C_B=10\sim 100\text{kWh}$ の範囲で10kWh間隔毎にシミュレーションをした結果を示している。図2(a)より P_I が6kW以上かつ蓄電池容量が20~30kWhで運用可能になることが確認できる。したがって、 $P_I=6\text{kW}$ を最適値として決定した。図2(b)は決定した $P_I=6\text{kW}$ における C_{day} を $C_B=20\sim 30\text{kWh}$ の範囲で1kWh間隔毎にシミュレーションした結果を示している。図2(b)より $C_B=25\text{kWh}$ 以上から運用可能であることが確認できるため、 $C_B=25\text{kWh}$ を蓄電池容量の最適値として決定した。決定した値を用いたシミュレーション結果は表2のcase 4に示し、6章において各caseとの比較を行う。

5. シミュレーション条件

本研究では、日射量が十分に得られる日をcase 1、日射量の変動が激しい日をcase 2、日射量が十分に得られず電気温水器を利用する日をcase 3と想定する。各caseにおける日射量から(1)式により算出されたPV出力を図3に示す。

また熱供給において、貯湯容量370L中、給湯使用量として19時から22時までの3時間で1人1時間ずつ100Lのお湯をシャワーとして使用すると仮定する。この時、19時の時点で貯湯温度 T_T が60℃を下回るときは、深夜に電気温水器によって水温を上昇させる。

各case共通の設定である1時間毎の各水量の変化を図4に示す。図中の記号は、 W :貯湯槽の水量[L]、 W_T :給湯量[L]、 W_C :市水[L]を示す。ここで、本論文で想定している

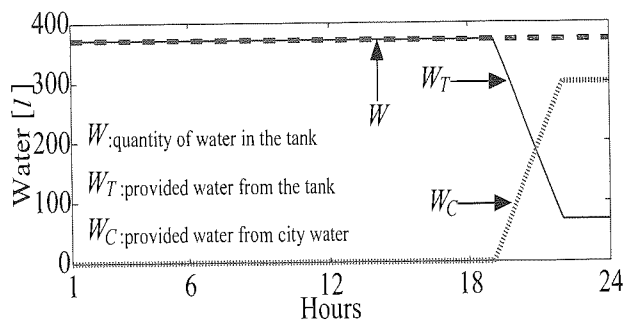


図4 水量の変動
Fig. 4. Movement of water.

表2 運用コスト
Table 2. Running cost.

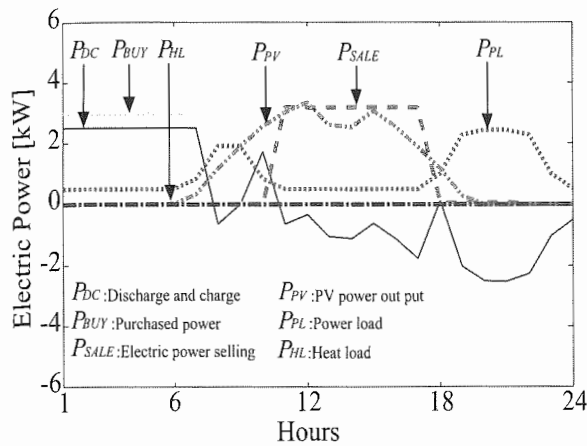
	case 1	case 2	case 3	case 4
運用コスト (C_{day}) [¥/day]	-543	-318	92	449
売電電力量 (P_{SALE}) [kWh/day]	22.5	17.0	5.85	0
買電電力量 (P_{BUY}) [kWh/day]	21.0	23.1	25.0	38.8
発電電力量 (P_{PV}) [kWh/day]	26.6	19.2	8.56	0
電力負荷 (P_{PL}) [kWh/day]	24.0	24.0	24.0	24.0
熱負荷 (P_{HL}) [kWh/day]	0	0	3.40	15.2

給湯設備は密閉式であり、貯湯槽の水量は一定である。したがって、19時から給湯量 W_T が増え始め、同時に市水 W_C を補給するので、貯湯槽の水量 W は常に一定である。

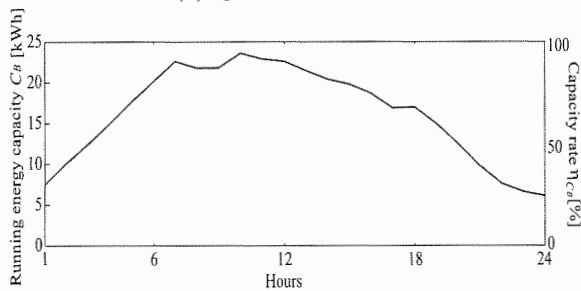
6. シミュレーション結果及び考察

本章ではcase 1~3のシミュレーション結果を示し、考察を行う。ここで、各caseの0時と24時における蓄電池の充電率は20%(=5kWh)である。また、0時における貯湯槽の保有熱量は対象日の最低気温を水温とした給水量(370L)により決定しており、case 1~3は1日限りのシミュレーションを行っている。

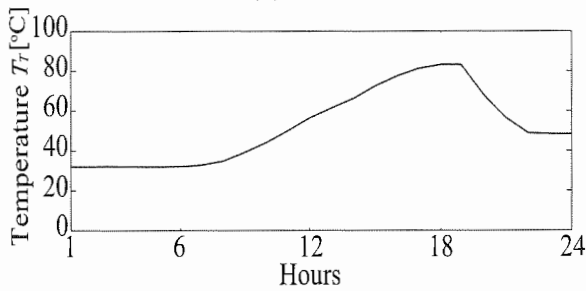
case 1におけるシミュレーション結果を図5、case 2におけるシミュレーション結果を図6、case 3におけるシミュレーション結果を図7に示す。図5~7の(a)は横軸を1時間毎の時間軸とした各電力値を示している。 P_{DC} [kW]はTSにより求めた蓄電池の充放電値を示している。 P_{DC} が正の値の場合、蓄電池は充電し、負の値の場合は放電を行っていることを示している。また、 P_{PV} :PV発電電力[kW]、 P_{PL} :電力負荷[kW]、 P_{HL} :熱負荷[kW]、 P_{SALE} :売電電力[kW]、 P_{BUY} :買電電力[kW]を示す。図5~7の(b)は時間軸に対する蓄電池の充電量 C_B [kWh]、充電率 η_{C_B} [%]を示している。図5~7の(c)は時間軸に対する貯湯槽内の貯湯温度 T_T [℃]の変化を示している。図5~7の(d)は時間軸に対する貯湯槽内の熱量 Q_h [J]の変化を示している。また、 Q_{hs} [J]は19時から22時の間に貯湯槽から使用する熱量を示している。



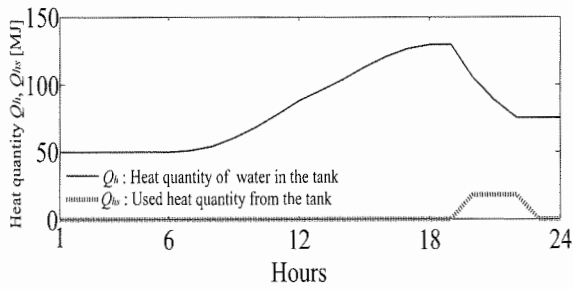
(a)Optimized result.



(b)Battery.

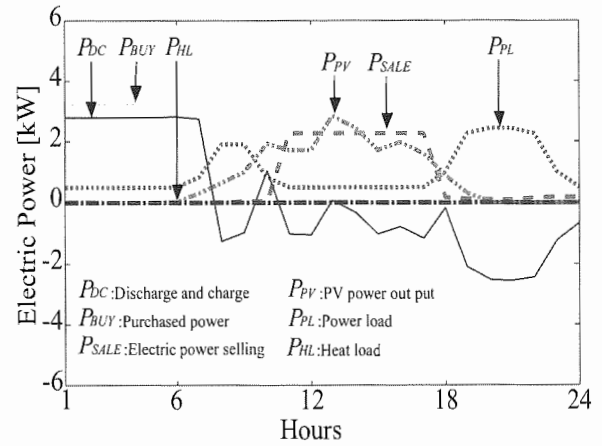


(c)Temperature.

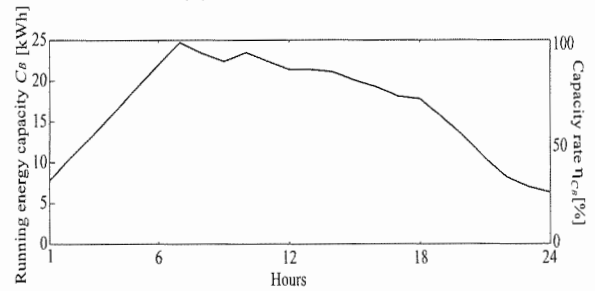


(d)Heat quantity.

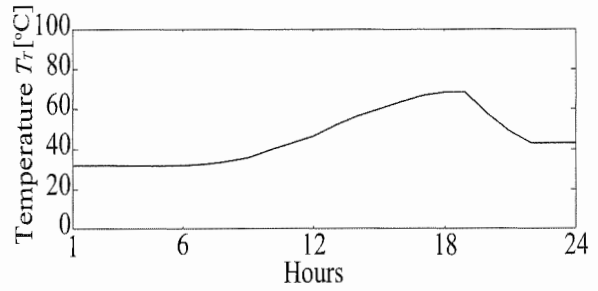
図5 シミュレーション結果 (case 1)
Fig. 5. Simulation results (case 1).



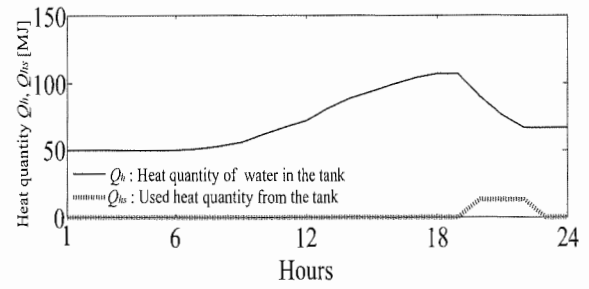
(a)Optimized result.



(b)Battery.



(c)Temperature.



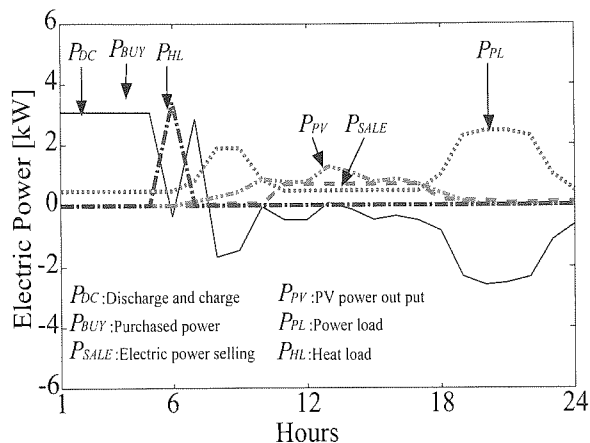
(d)Heat quantity.

図6 シミュレーション結果 (case 2)
Fig. 6. Simulation results (case 2).

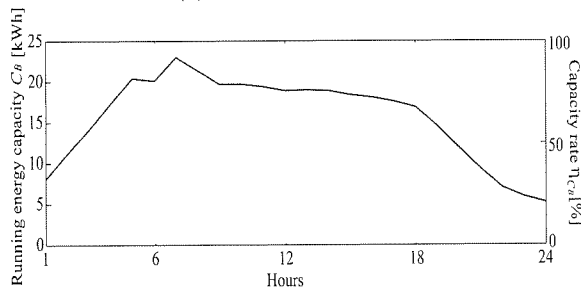
6.1 case 1 (日射量が十分に得られる日)

図5(a)より C_P の安い夜間0~7時に系統から電力を買電し、その P_{BUY} によって P_{PL} を補うと同時に、蓄電池を充電していることがわかる。また、 C_P の高い昼間10~17時にPVの余剰電力を蓄電池により平滑化し、系統へ売電していることがわかる。電力負荷は夜間においては系統か

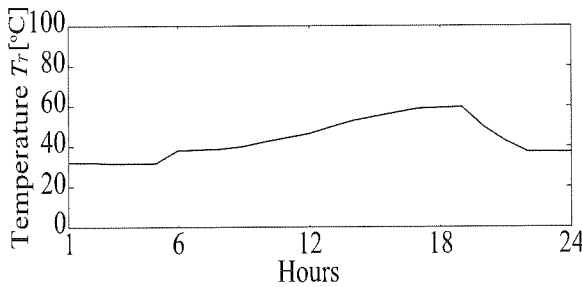
ら供給され、それ以外の時間は蓄電池とPVにより補えていることがわかる。図5(b)より蓄電池の充放電が制約条件(10)式の範囲で行われていることがわかる。図5(c), (d)より日中の日射量のみで19時の時点で貯湯温度が60℃を超える事がわかる。そのため電気温水器は起動せず、そのことは図5(a)において、6時に P_{HL} が0であることから確認できる。



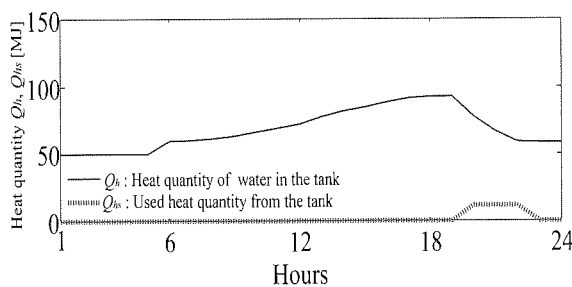
(a) Optimized result.



(b) Battery.



(c) Temperature.



(d) Heat quantity.

図7 シミュレーション結果 (case 3)
Fig. 7. Simulation results (case 3).

6.2 case 2 (日射量の変動が激しい日)

図6(a)において、case 1と同様に夜間に系統から電力を買電し、昼間に系統に電力を売電していることがわかる。日射量の変動が大きいので、case 1に比べ、 P_{SALE} の値が低くなっていることがわかる。図6(b), (c), (d)においてもcase 1同様に、制約条件の範囲内で蓄電池が充放電し、日

射量のみで19時の時点における貯湯温度が60℃を超えていることがわかる。

6.3 case 3 (日射量が十分に得られず、電気温水器を利用する日)

図7(a)において、case 1, case 2と同様に、夜間に系統から電力を買電し、昼間に系統に電力を売電していることがわかる。日中の日射量のみでは19時の時点では60℃に達しないため、早朝6時に電気温水器稼働していることが P_{HL} の立ち上がりによりわかる。図7(b)においても、case 1, case 2と同様に、蓄電池の充放電が制約条件(10)式の範囲で行われていることがわかる。また、6時において図7(a)より、 P_{BUY} がいったん蓄電池の充電を停止し、電気温水器稼働に使用されるため、図7(b)より、蓄電池の充電量が早朝6時においては単調に増加していないことが確認できる。図7(c), (d)より、電気温水器稼働により早朝6時に貯湯温度、給湯熱量が上昇し始めていることがわかる。またその動作により、19時の時点で貯湯温度が60℃に達している。

6.4 総括 (case 1~3の比較)

表2は各caseにおける運用コスト C_{day} と売電電力 P_{SALE} 、買電電力 P_{BUY} 、PV発電電力 P_{PV} 、電力負荷 P_{PL} 、熱負荷 P_{HL} の1日24時間の合計値[kWh]を示している。ここで、表2名中のcase 4はPV無しで蓄電池のみによる運用結果を示しており、これを評価基準と考えるとPV及びSCを併設することの絶対評価と考えることができる。ただし、case 4については、夜間に蓄電池へ充電した電力は電力負荷及び熱負荷として消費されるため、昼間において売電しないことをシミュレーションにより確認した。表2中のcase 1, case 2において運用コストの値が負になっている。これはDCエコハウスの運用によって、収入が得られた事を示す。日射量を十分に得られるcase 1のほうが収入が多いことがわかる。日射量が少なくなるにつれ、 C_{day} と P_{BUY} の合計値は増加し、 P_{SALE} の合計値と P_{PV} の合計値は減少していることがわかる。また各caseにおいて P_{PV} の合計値が P_{SALE} の合計値を上回っているため買電電力を売電していないことが確認できる。以上の結果より、PV・SCを用いたDCエコハウスの最適運用法の有効性を確認した。

7. むすび

本研究では3種類の日射量パターンにおいてPV, SC, 蓄電池, 電気温水器を有するDCエコハウスを対象とした最適運用法をタブ・サーチを用いて検討した。また、想定したDCエコハウスにおける当該蓄電池容量及びインバーター容量の決定方法についても検討した。そのシミュレーション結果において、各日射量パターンにおける運用コスト、売電電力量、買電電力量などを明らかにし、本提案手法の有効性を示した。今後の課題として、同DCエコハウスを対象とした1年間の運用コストを検討する。また、計算時間を短縮するためにモンテカルロ法を用いて評価することを検討している。

謝辞

本研究を進めるにあたって、本研究の一部は、財団法人トステム建材産業振興財団による助成を受けており、ここに関係者各位へ厚く感謝申し上げます。

付録

表3 付録・変数

記号	変数名
P_{PV} [kW]	: PV出力電力
η_{PV}	: PV変換効率(=14.4%)
n_{PV}	: PVパネル枚数(=18枚)
S_{PV}	: PVの全体面積(=1.3m ² /枚)
I_{PV} [kW/m ²]	: 日射量
t_{CR} [°C]	: セル温度
Q_{SC} [J]	: 集熱量
η_{SC}	: SC変換効率(=60%)
n_{SC}	: SCパネル枚数(=3枚)
S_{SC}	: SCの全体面積(=1.6m ² /枚)
I_{SC} [W/m ²]	: 日射量
Q_{tl} [W]	: 給湯熱量
Q_{sw} [W]	: 補給水の熱量
Q_{loss} [W]	: 貯湯槽からの熱損失
β	: 水の容積比熱(=4.184J/(L°C))
A_w [L]	: 貯湯槽の貯湯容量
α	: 熱損失係数(=0.0060209W/°C)
T [°C]	: 気温
A_{tl} [L/s]	: 給湯流量
A_{sw} [L/s]	: 補充水量
T_{hw} [°C]	: 給湯温度
T_h [°C]	: 貯湯槽の水温
Q_e [J]	: 電気温水器から与えられる熱量
T_e [°C]	: 電気温水器による沸き上げ温度
P_{HL} [kWh]	: 電気温水器の消費電力量
H_a	: 電気温水器の沸き上げ熱量とそれに要した消費電力との比率(=3.6J/kWh)
η_b	: ボイラー効率(=80%)
C_{Bmax}	: 蓄電池容量(=25kWh)
P_I	: インバータ容量(=6kW)
C_{day} [¥]	: 1日の運用コスト
C_p	: 電気料金単価 (=11.46¥/kWh: 夜間時間 =26.22¥/kWh: 生活時間 =35.04¥/kWh: 昼間時間)
P_{BUY} [kWh]	: 買電電力量
P_{SALE} [kWh]	: 売電電力量
P_{PL} [kWh]	: 消費電力量
P_{DC} [kWh]	: 蓄電池充放電電力量
η_{CB} [%]	: 蓄電池の充放電率
C_B [kWh]	: 蓄電池の充電容量
W [L]	: 貯湯槽の水量
W_T [L]	: 給湯量
W_C [L]	: 市水
Q_h [J]	: 貯湯槽内の熱量
Q_{hs} [J]	: 貯湯槽から使用する熱量

参考文献

- (1) トステム住研・アイフルホーム, クールアース住宅(2009), <http://www.eyefulhome.jp/homebuilde/concepthome/index.html>, 東京.
- (2) 経済産業省・資源エネルギー庁, 太陽光発電の新たな買取制度(2009), <http://www.enecho.meti.go.jp/kaitori/index.html>, 東京.
- (3) 木村 幸, 太陽熱温水器の普及はなぜ停滞しているのか(2008), 研究報告書(電力中央研究所報告).
- (4) Hiroaki Kakigano, Takuya Hashimoto, Yohei Matsumura, Takahashi Kurotani, Wataru Iwamoto, Yushi Miura, Toshifumi Ise, Thoshinari Momose, Hideki Hayakawa, Fundamental Characteristics of Laboratory Scale Model DC Microgrid to Exchange Electric Power from Distributed Generations Installed in Residential House, IEEJ Trans. PE, vol. 128, No. 9, pp. 1099~1110, 2008.
柿ヶ野 浩明・橋本 卓也・松村 洋平・黒谷 崇史・岩本 和多留・三浦 友史・伊瀬 敏史・百瀬 敏成・早川 秀樹, 住戸別分散電源の電力融通を行うDCマイクログリッドのミニモデルによる特性検証, 電気学会, pp. 1099~1110, 2008.
- (5) (株)SHARP, 住宅用太陽光発電システムサンビスタ(2009), <http://www.sharp.co.jp/sunvista/product/list-mod.html>, 大阪.
- (6) Atsushi Iga, Yoshiyuki Ishihara, Characteristics and Embodiment of the Practical Use Method of "Monthly Temperature Coefficient" of the Photovoltaic Generation System, IEEJ Trans. PE, Vol.126, No.8, pp. 767~775, 2006.
伊賀 淳・石原 好之, 太陽光発電システムの「月別温度係数」の特長とその活用具体化, 電気学会, pp. 767~775, 2006.
- (7) (社)ソーラーシステム振興協会, 太陽熱利用機器の年間効果(2005), <http://www.sdda.or.jp>, 東京.
- (8) (社)三菱電機, 電気温水器の選び方(2009), <http://www.mitsubishielectric.co.jp>, 東京
- (9) Kousuke Uchida, Tomonobu Senjyu, Naomitsu Urasaki, Atsushi Yona, Installation Effect by Solar Pool System using Solar Insolation Forecasting, IEEJ Trans, CD-ROM, no. 25, pp. 7~12, 2009.
内田 晃介・千住 智信・浦崎 直光・與那 篤史, 日射量予測による太陽熱利用給湯システムの導入効果, 電気学会, 電力・エネルギー部門大会論文集CD-ROM, no. 25, pp. 7~12, 2009.
- (10) 米津 栄, 機械工学概説(2006), 森北出版株式会社, pp. 200~219, 東京.
- (11) 横山 隆一・奈良 宏一・佐藤 晴夫・鈴木 昭男・萩本 和彦・陳 洛南 訳(Colin R. Reeves 著), モダンビューリスティックス(1997), 日刊工業新聞社, 東京, pp. 73~11.
- (12) (株)沖縄電力, Eeらいふ(2009), <http://www.okiden.co.jp/index.html>, 沖縄.