システム開発
Chapter 6

# DC エコハウスにおけるエネルギーマネジメント

Energy Management System at DC Eco-House

中川泰仁・太田賢司（シャープ（株））

## スマートグリッドとスマートハウス

スマートグリッドへの注目が高まっている．電力系統の安定化，再生可能エネルギーの大量導入による地球環境問題への対応，新規需要の創出による経済の活性化など，さまざまな効果への期待があり，特に米国が次世代電力網の実現に膨大な予算を計上することがアナウンスされたことで，実用化に向けた開発や標準化に向けた動きが加速している．

スマートグリッドのポイントの１つは，電力供給側と需要側が情報交換を行うことである．現状では，家庭のユーザは需給状況を斟酌することなく，使いたいときに使いたいだけ電気を使う．電力会社が電力供給を調整することで需給バランスを取り，周波数変動等が起こらないよう対応している．スマートグリッドでは，需給状況を，たとえば時間帯別の電気料金に反映させて需要家に伝え，需要家も自身の判断で電力消費を制御するように促す．この仕組みにより，電力供給のマージンとして用意する発電所の数が少なくなり，また電力品質も向上するのではと期待されている．このような需給一体となった電力制御の仕組みは，再生可能エネルギーを大量導入した場合に予想される，天候による変動を抑制することにも効果的と考えられ，ある報告ではグリッドがスマート化することで「再生可能エネルギーの導入可能割合は 13% 以下から 30% 以上になる」としている [1]．

このように，情報技術により家庭の消費電力を制御する家を，一般にスマートハウスと呼ぶ．厳密な定義があるわけではないが，前述したスマートメータによる系統との情報のやりとりや，ネットワークで接続した家庭内の機器について消費電力の表示や動作を制御する HEMS（Home Energy Management System）機能を備えた家がイメージされている．本稿では，スマートハウスの１つの例として，当社が考えている DC エコハウスについて，その内容を紹介する．

## 家庭の省エネ・創エネ

スマートハウスの説明に入る前に，日本の家庭を巡るエネルギーの状況について概説する．温暖化ガス排出量の伸びを，産業・民生・運輸のセクタ別に見ると，民生部門の伸びが最も大きい．この伸びは，一家庭あたりのエアコンの保有台数の増加や，食器乾燥機など，快適な生活を営むための機器の使用が増えたためである．この伸びを抑制するため，トップランナ方式，すなわち機器の省エネルギー基準を設定時に市場にある最も省エネ性能が良いもの以上に設定する方式が導入され，エネルギー消費は大きく改善されている．たとえば，最新の製品の消費電力を 10 年前の同クラスの製品と比べると，エアコンでは約 20%，冷蔵庫や TV（CRT の TV と液晶 TV の比較）では 80% 近く削減された．しかし，高効率化はしだいに技術的限界に近づき，近年は改善が鈍化する傾向にある [2]．

温暖化ガス抑制のもう１つの手段として，家庭への太陽電池の設置がある．太陽電池は発電時に温

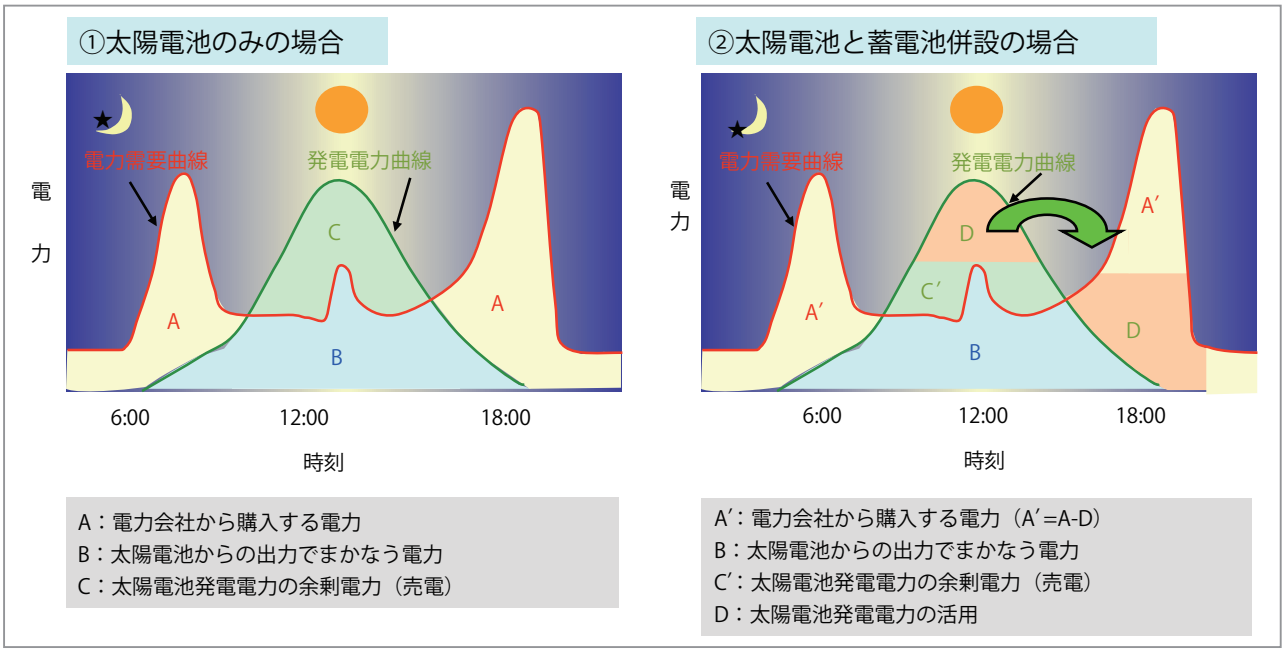



図 -1　蓄電機能付き太陽光発電システム

暖化ガスを排出しないため，太陽電池の電力を用いた分だけ温暖化ガスが抑制される．もちろん，太陽電池の製造にはエネルギーが必要で，それに伴い $CO_2$ が排出される．その $CO_2$ 排出量を発電によりトータルでゼロまで相殺するために必要な時間を $CO_2$ ペイバックタイムと呼ぶ．住宅用に一般的な多結晶シリコン太陽電池では 2.4 年 [3] と，短期間で回収が終わり，この後は温暖化ガスを排出しない発電となる．

2008 年に，当時の福田総理が唱えた福田ビジョンでは太陽電池を「2030 年に 53GW 導入」としており，そのうち約 6 割を家庭に導入することが示された．これは約 1,000 万戸の住宅，すなわち 20% の世帯に設置することを意味する．このような大量導入時には，大きな課題として次の 3 つがある [4]．

(1) 配電網の電圧上昇による系統への逆潮流の困難化
(2) 出力変動と周波数調整力の不足
(3) 特異日における余剰電力の発生．

解決策の 1 つとして，太陽電池と合わせて蓄電池を家庭に設置し，購入電力を平準化することが検討されている．たとえば図 -1 の左に示すように，太陽電池が発電した電力に余剰が生じた場合，適量を蓄電池に充電し，夜間の電力消費に充当することで，逆潮流量を調整する．

## DC エコハウスにおける温暖化ガス ゼロエミッション実現のシナリオ

省エネ機器が普及し，太陽電池および蓄電池が普及すると，家庭からの温暖化ガス排出量ゼロ，つまりゼロエミッションハウスを実現する可能性が見える．

当社の DC エコハウス構想では，オール電化住宅をベースに，太陽電池・蓄電池に適した直流給電（Direct Current）を軸とし，HEMS・家電の高効率化・断熱材による冷暖房機器の停電力運転といった要素技術を加え（温暖化ガス $CO_2$ を減らすという意味で，Diminish $CO_2$），ゼロエミッションに向けたシナリオを設定している（図 -2）．

日本の家庭でのエネルギー消費は，年間平均で化石燃料 6,598kWh/ 年，系統電力 5,453kWh/ 年の合計 12,051kWh/ 年である．これを，オール電化とすることで，我々の試算ではエネルギーの 38% が削減できる．

次に，300 ～ 400V 程度の DC 高電圧給電による

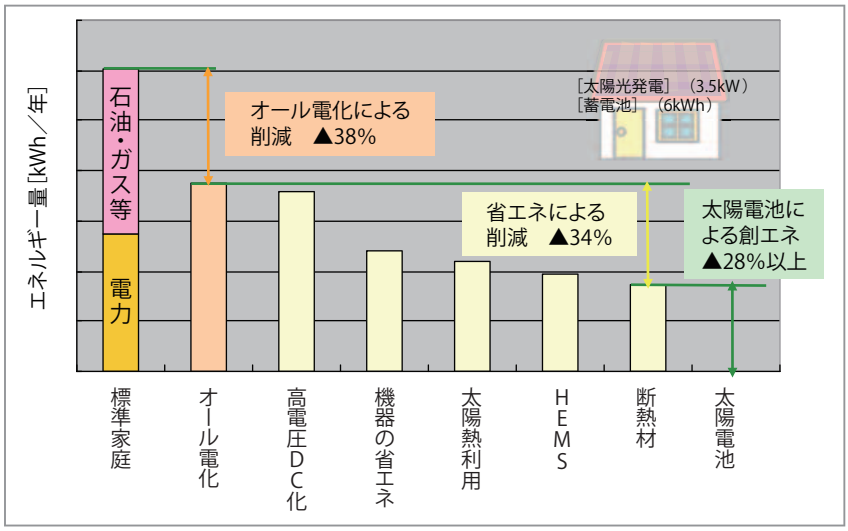



図 -2　DC エコハウスのゼロエミッション化シナリオ

DC/AC 変換のロスの削減，HEMS による無駄な電力の削減，断熱材による空調の高効率化などを行う．各要素技術による削減効果を図 -2 に示す．

高電圧 DC 給電では，各機器への給電を DC 化する．PC や薄型 TV など AV 機器が DC 動作していることは知られているが，実はエアコン等のインバータを使う白物家電も AC100 ～ 200V を内部で DC300V 程度に変換しており，家電の DC 化に大きな問題はない．また，太陽電池は DC 出力であり，蓄電池も DC で充放電するため相性がよい．家庭内 DC 給電により，現在多数用いられている AC/DC 変換機や DC/DC 変換機の数を減らせば，3% 程度の省エネ効果となる．ここでは変換機の効率を 97% と想定しており，実際の効果はもう少し高くなると思われる．さらに，100V から 300 ～ 400V への高電圧化による送電ロスの低減効果 3% を加えると，高電圧 DC 化の効果は 6% 程度である．

DC 高電圧給電の実用化には，電圧等を標準化する必要がある．また，現在の内線規定では宅内配線では DC60V 以上は規定がなく，設定が必要である．そのためには，人体に対する安全性や電食性等についての対策とデータ蓄積が必要であり，標準化に要する時間も含めれば，実用化時期は 2015 年頃と考えられる．

以上の各技術で計 34% の電力を削減可能と見ている．このとき，家庭の消費電力は 3,432kWh/ 年となる．太陽電池 1kW あたりの年間発電量は 1,000kWh/ 年程度なので，家庭の一般的な設置量 3.5kW 程度を設置することで，計算上はゼロエミッションが実現できる．太陽電池は，雨天時等は発電量が少なくなるため，系統電力が必要である．すべての電力を太陽電池でまかなう，という意味ではない．

## 家庭内エネルギーマネジメントシステム（HEMS）

エネルギーマネジメントシステムは，ゼロエミッション実現の鍵となる技術であり，DC エコハウスにおいて重要な役割を担う．従来の HEMS は，消費電力の見える化や機器の自動制御による省エネルギーを目的としている．たとえば，人感センサや機器消費電力センサを家庭内に設置し，収集した消費電力データをユーザに示し省エネ意識を喚起し，省エネ行動をとってもらう（エアコンの温度設定を変えるなど）．また，機器に対して自動で省エネ制御を行う（センサと連動させ人がいないところの照明を消すなど）．これらの省エネ制御については，さまざまな実証試験が行われ，ある研究では，前者の効果を 5% 程度，後者の効果を 1 ～ 3% としている [5]．

以下で HEMS は，そのような省エネ制御に加え

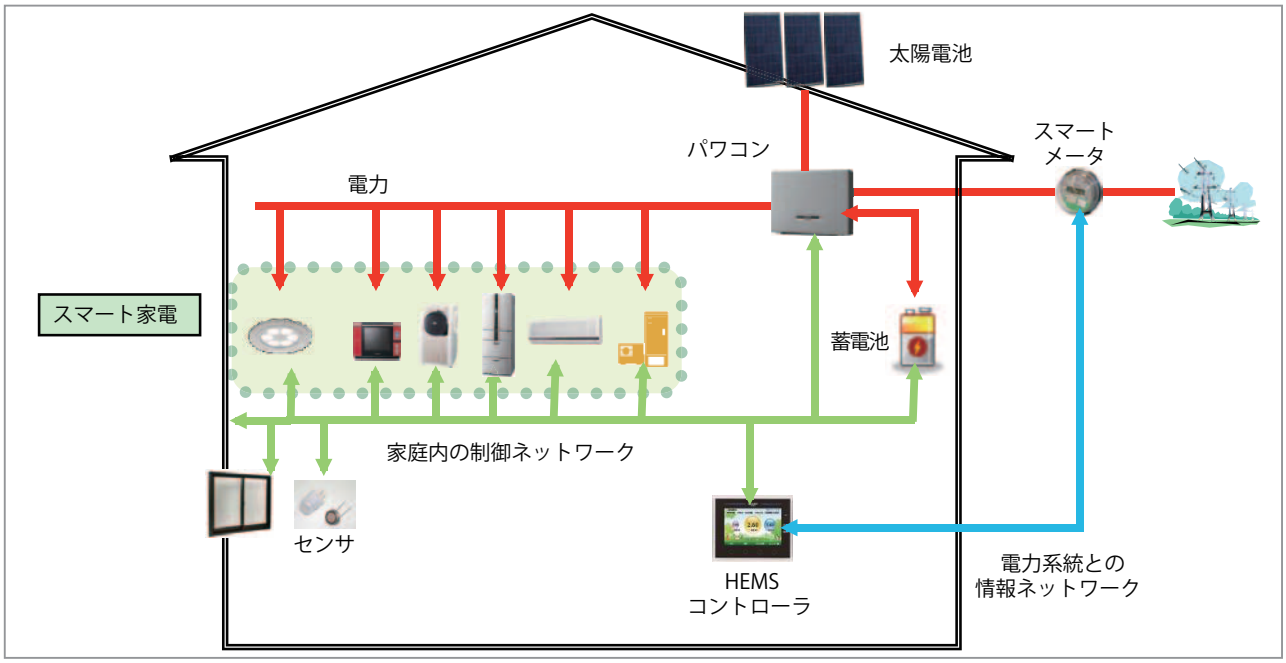



図 -3　HEMS の構成例

て，太陽電池による創エネルギーと蓄電池への蓄エネルギー制御を含めた，家庭全体を統合的に制御するシステムのことである．

HEMS の構成例を図 -3 に示す．ハードとして，HEMS が情報を表示しまたユーザからの指示を受けるコントローラ，機器制御ネットワーク，それに繋がる家電機器（スマート家電），センサ，太陽電池，蓄電池などが基本構成である．

家庭内の省エネルギー制御について，留意すべきことは生活の快適性・利便性を極力損なわずに実行することである．図 -4 に家庭の電力消費の内訳を示す[6]．エアコン・冷蔵庫・照明・TV の消費電力が大きく，これらの制御が鍵となる．ユーザにとって快適なエネルギー消費パターン（電力の制約を受けない）に対して，

(1) 機器の適切な on/off による無駄な電力削減
　（例：人感センサとの連動）
(2) 待機電力の削減
　（例：機器通信モジュールのスリープ動作の活用）
(3) 機器の設定値の変更
　（例：エアコンの温度設定変更，照明の明るさ等）

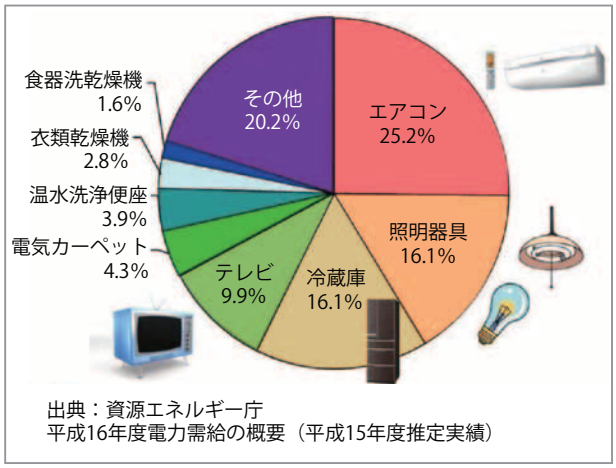



図 -4　日本の家庭における消費電力の割合

などを行う．このような手法により，今まではユーザ自身が実行していた項目の自動化により，10% 程度の省エネが可能となる．

以上のような省エネ制御は HEMS の基本制御である．無駄なエネルギーを極力削減し，次に各家庭のエネルギーをどのようにマネジメントしていくのか，ユーザが好むモード（方針）を決定し，それに基づいて制御する．たとえば，

(1) $CO_2$ 削減優先モード
(太陽電池の発電量を極力家庭で消費．逆潮流を減らす)
(2) 経済性優先モード
(太陽電池で発電した電力を可能な限り逆潮する)
(3) 平準化モード
(買電量を一定とする)
(4) 災害対策モード
(災害時のため一定の電力を常に蓄電池に持っておく)

などが考えられる．たとえば「$CO_2$ 削減優先モード」では，太陽電池の発電電力は家電を動かすために優先的に使用し，逆潮流量を減らす．場合により，蓄電池に充電したり，エコキュートを昼間に稼働させたり，あるいは電気自動車の充電に用いるなどにより，極力温暖化ガスを排出しない暮らしを営む．他のモードについても同様に，方針に基づき太陽電池の発電量を有効に活用するため，これらの機器の消費電力や蓄電量を制御する．

## HEMS とスマートグリッド（デマンドレスポンス）

HEMS は，スマートメータを介して電力供給側と情報交換する，いわゆるデマンドレスポンスに対応することが可能であり，系統全体での適切な電力制御に貢献することが可能である．スマートグリッドにおいて，電力供給がタイトなときには，スマートメータが家庭内の機器を直接制御する方式が提案されている．しかし，各家庭の状況に応じた制御が可能であるため，HEMS と連携する方式がユーザにとって快適な制御を実現しやすいと考える．スマートメータから，たとえば電力供給側が設定する主として需給状態の予測に基づき設定した時間帯別電力料金を，事前またはリアルタイムで受け取ることで系統に対し協調性の高いエネルギー管理を実現することができる(図 -5)．

HEMS はユーザの快適性を維持するため，系統

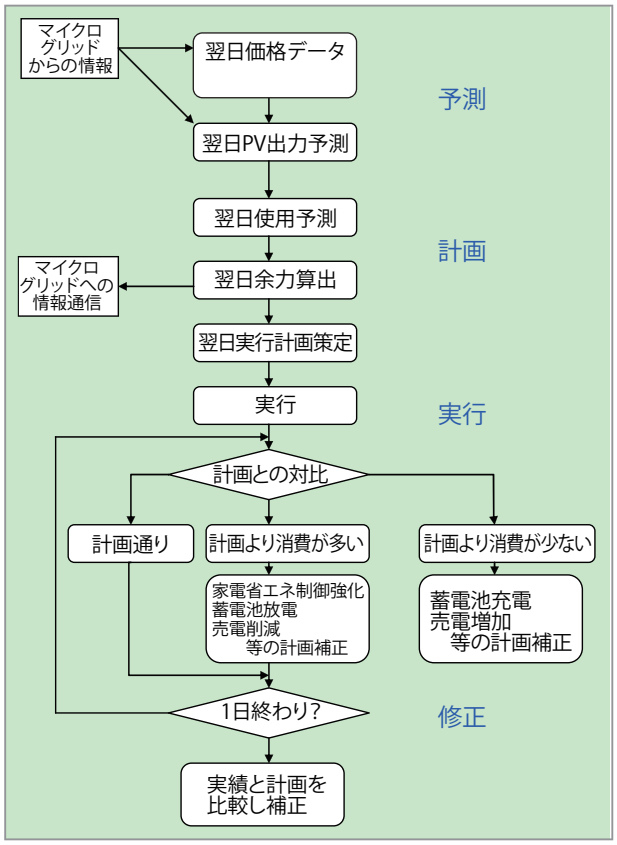


図 -5　デマンドレスポンスに対する制御フローの例

から使用を制限された電力を，太陽電池・蓄電池の電力で補償する．また，情報を受け取るだけではなく，予測される翌日の電力消費量や逆潮流量を家庭から電力供給側に提供することにより，デマンドレスポンスの精度が上がる．このような系統と連携した最適化は，社会全体にメリットがある．

## 今後の課題

HEMS 普及の課題は，ユーザに対し導入コスト以上のメリットが提供できるか，また HEMS 自体の消費電力が十分小さなものにできるか，という点である．

省エネ HEMS については電力中央研究所の調査がある [7]．HEMS 導入費用の回収が保証されることを前提とした支払い意志額と，その際に希望する回収年数の結果を図 -6 に示す．償却が「1 年未満」から「3 年以内」で導入率はあまり変わらない．しか

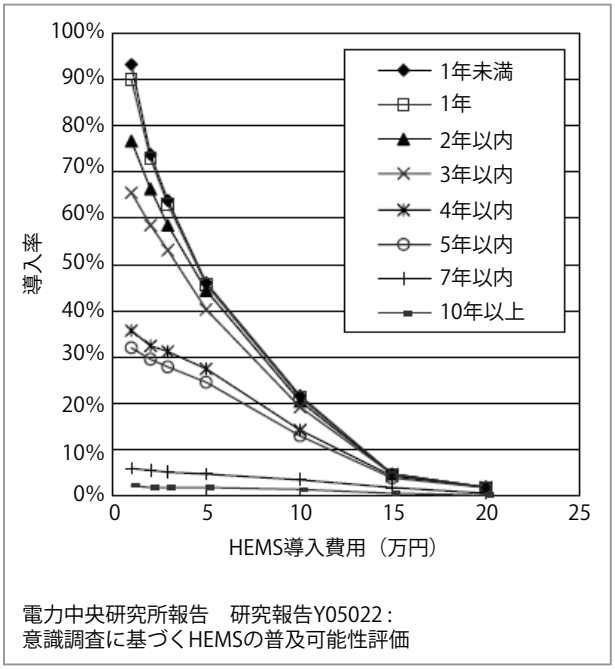



図 -6　費用回収年数，HEMS 導入費用に対する HEMS 導入率

し，4 年になると，導入率が大きく下がる．つまり，3 年以内償却がユーザの許容範囲と想定でき，また導入率 50% となる価格は 5 万円程度である．「5 万円，3 年償却」とすると，年間での償却は 17,000 円となる．電気料金の平均値は約 12 万円／年であることから，ユーザが期待する省エネ率は 15% 程度となる．先述のように，過去の検討で示された省エネ率は 8% 程度であり，ユーザの期待とは 2 倍のギャップがあり，ネットワークを活用した新しいアプローチと効果の実証が必要である．

少しでも高い省エネ効果を得るためには，システムの消費電力は低く抑えなければならない．HEMS による電力増加 1% を仮定すると，平均的な家庭の電力消費量は 430kWh/ 月，つまり平均消費電力で 600W であるから，HEMS に許される消費電力は 5 ～ 6W となる．通信機器のスリープモード活用など，低消費電力化の観点からシステムをチューニングする必要がある．

以上，ゼロエミッションハウスの実現に向け，実現のシナリオと，各要素技術を統括制御する HEMS について述べた．このシステムは，日本の温暖化ガス削減方針「2020 年までに 1990 年比で 25% を削減」に対し貢献する．また，AV や IT のシステムと統合されることも考えられ，生活環境やライフスタイルを変えることにもつながると考える．

**参考文献**

1) Pullins, S. : Smart Grid, Enabling the 21st Century Economy : http://www.netl.doe.gov/moderngrid/docs/SGEnabling%20the%2021st%20Century%20Economy_Pullins_2008_12_02.pdf
2) 日本エネルギー経済研究所：我が国の長期エネルギー需給展望 2006/6/14.
3) 太陽光発電のエネルギーペイバックタイム・CO2 ペイバックタイムについて，http://unit.aist.go.jp/rcpv/ci/about_pv/supplement/supplement_1.html
4) 資源エネルギー庁：新エネルギーの大量導入に伴う影響とその対応策について，http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g80908a04j.pdf
5) パナソニック電工「< 住宅 > 住まい方による省エネ HEMS 展開のヒント」，http://www.meti.go.jp/policy/jyutaku/jyutaku_vision/files/20070510_syouene043.pdf
6) 出典：資源エネルギー庁，平成 16 年度電力需給の概要（平成 15 年度推定実績）．
7) 電力中央研究所報告，研究報告 Y05022：意識調査に基づく HEMS の普及可能性評価．

（平成 22 年 6 月 1 日受付）

中川泰仁　nakagawa.yasuhito@sharp.co.jp

1982 年京都大学工学部修士課程修了．同年シャープ（株）入社，ガリウムヒ素半導体を用いたマイクロ波用 IC の研究開発に従事．技術本部先端エネルギー技術研究所所長などを経て，2010 年より現職．

太田賢司

1973 年京都大学理学部物理学科卒業．同年シャープ（株）入社．光磁気ディスク技術等さまざまな研究開発に従事．2001 年取締役技術本部長，2003 年常務取締役技術本部長，2005 年代表取締役専務取締役技術統轄，2009 年より現職．工学博士．

