

将来のスマートハウス構想

Future Conception of Home and Appliance

安東 宣善 笹尾 桂史 野中 正之
Ando Nobuyoshi Sasao Keiji Nonaka Masayuki
窪田 国雄 片岸 誠
Kubota Kunio Katagishi Makoto

低炭素社会の実現に向け、わが国でも再生可能エネルギーの導入や系統安定化対策、需要家側の制御に関する検討が進められている。家庭においては、機器単体の省電力化や、周囲の環境に応じた機器の最適制御など、家全体の電力制御が必要となる。

日立グループは、IT（情報技術）を使ってエネルギーを最適化したり、機器全体を高度に連携し、利便性・快適性を向上させる、いわゆるスマートハウス^{※1}分野において、将来を見据えた取り組みを進めている。グローバルな展開も視野に入れ、これまで培ってきた家庭向け機器の省エネルギー技術など、グループの持つ強みを生かした技術開発を推進中である。

1. はじめに

地球温暖化対策、低炭素社会実現の世界的な潮流を受けて、環境関連ビジネスの成長が期待される。米国では政策としてスマートグリッド分野への大規模投資の方針を打ち出し、家庭内の電力「見える化」などの商用普及を促進する一方で、ニューメキシコ州などにおける大規模な実証実験を計画している¹⁾。欧州は2020年までにエネルギー供給の20%を再生可能エネルギーで賄う計画を推進している²⁾。中国では、大規模な都市開発プロジェクトが計画されており、エネルギーマネジメントシステムを導入したマンションなどの普及が期待される³⁾。

このように、各国でさまざまな取り組みが進められる中、日本においては、2020年に温室効果ガス排出量25%削減（1990年比）の目標に向け、再生可能エネルギーの導入、系統安定化対策、需要家側の制御に関する検討が進められている。家庭においては、機器単体の省電力化はもちろん、周囲の環境に応じて機器を最適にコントロールするような家全体の電力制御が必要となる。これが、いわゆるスマートハウス構想と呼ばれているものである（図1参照）。

ここでは、将来展望として、スマートハウス構想、家電

機器の将来、住空間全体のエネルギーシステムの将来について述べる。

2. スマートハウス構想

これまで、スマートハウス実証実験などを通して将来のサービス検討が行われており、普及を促進するためには、居住者の生活に何らかの提供価値を生み出すことがポイントと考えられている。重要となるサービスは、(1) エネルギー、(2) 安全・安心、(3) 快適・省力化の三つであろう。以下に、三つのサービスについて、実現方法とその提供価値について述べる。

2.1 エネルギー

低炭素化社会の実現に向けて、限られたエネルギーを効率よく使用するための家庭用エネルギーマネジメントシステム（HEMS：Home Energy Management System）の導入が検討されている。すでに、太陽光発電システムの導入とあわせて、発電量や家庭内の消費電力量を「見える化」する表示端末が普及し始めている。

いったんこうしたシステムの導入が進めば、これをベースに宅内の住宅設備機器、エネルギー機器、電気自動車、家電品などや、宅外のさまざまなシステムと連携し、エネルギーを高効率に利用する高機能なHEMS導入の可能性が見えてくる。例えば、以下のような機能が挙げられる。

- (1) 気象情報や生活行動履歴から翌日の電力需要と発電量を予測し、家庭用蓄電池の蓄電・放電計画を立てる。
- (2) 室内外の気温差や数時間後の気温差を予測して、自然の空気を宅内に取り入れ、効率的に換気することによって

※) スマートハウスは、経済産業省が提唱する、エネルギーなどについての需要情報と供給情報を活用することによって最適制御された住宅である。

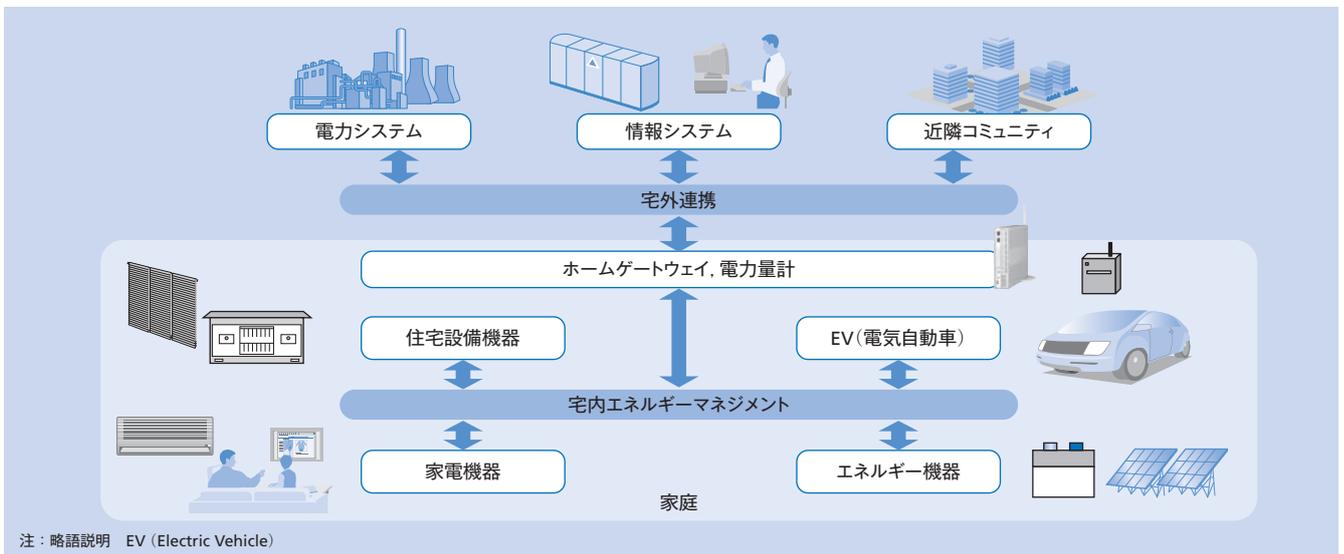


図1 | スマートハウス構想における全体構成例

家電機器だけでなく、エネルギー機器、住宅設備機器、EV（電気自動車）、ホームゲートウェイ、電力量計と連携して家庭のエネルギー管理を行うとともに、宅外の電力システム、情報システム、近隣のコミュニティとも連携する。

外気と室内の空気の調和を図る。

(3) 日射量や日射時間を考慮して、電動断熱ブラインドの開閉制御を行い、宅内への熱の照射と放出を調整してエネルギーの高效率利用を図る。

2.2 安全・安心

エネルギー関連の宅内のシステムが導入されれば、これをベースにさまざまな付加価値サービスの導入が進んでいくものと予想される。

例えば、高齢者の独居世帯増加などを要因とした、防犯意識の高まりを背景に、住宅への人感センサー、窓開閉センサーなどのセンサーの導入が進むと考えられる。こうしたセンサーはセンサーネットワークで相互に接続され、居住者の安全を守ることに使用される。

2.3 快適・省力化

住宅への各種センサーの導入、機器制御技術の適用により、快適な住空間の提供が実現可能となる。前述した換気制御は、宅内の快適性維持にも使用されることになる。

また、高齢化社会の進行を背景に、居住者の行動・作業支援がますます重要になる。例えば、宅内のドアや窓の自動開閉、ベッドの自動上げ下げといった電化設備・電化機器の導入が進むと考えられる。

このような、スマート化した住宅の普及が進み、さらに、地域コミュニティや社会経済と連携することで、より高度なサービス提供が実現されることも十分に予想される。すでに試行されている例としては、CO₂排出削減のための行動をポイント化し、エコ意識の高い地域における商店のクーポン券と交換するなど、地域社会経済との連携・活性

化が検討されつつある（図2参照）。

3. 家電機器の将来

家電機器は、「もっと便利に」、「もっと快適に」という普遍的なニーズに応えるために、省力化や自動化といった利便性、快適性を向上させてきた。また、省エネルギー性能についても、新材料や機器効率化などの技術開発によって進化を遂げてきた。今後も、生活スタイルや住環境の変化に対応して、機器単体での利便性、快適性、そして省エネルギーをはじめとする環境性能の追求は続くと思われる。一方、将来においては、電力や情報によって家電機器が高度に連携することで、新しい価値の創出が期待される。以下に、家電機器の将来像について述べる。

3.1 利便性の追求

多数のセンサーを活用した洗濯乾燥機の全自動化や、鍋温度を直接測る光センサー（サーモパイル）と4個の温度センサーにより、鍋温度をきめ細かく制御するIH（Induction Heating）クッキングヒーターの適温調理機能など、自動化による利便性の進化の歴史はセンシング技術の進化の歴史といっても過言ではない。センシング技術の進歩によって、今までは見られなかったものを「見える化」することで、さまざまな自動化が期待される。

調理機器を例にとると、IHクッキングヒーターでは鍋の温度、オープンレンジでは庫内温度をセンシングしているが、食品内部の温度や食品表面の状態、調理中の音などの調理状態をセンシングできれば、仕上がりのよい調理が実現できると考えられる。

家電機器が情報ネットワークでつながり、センシング情

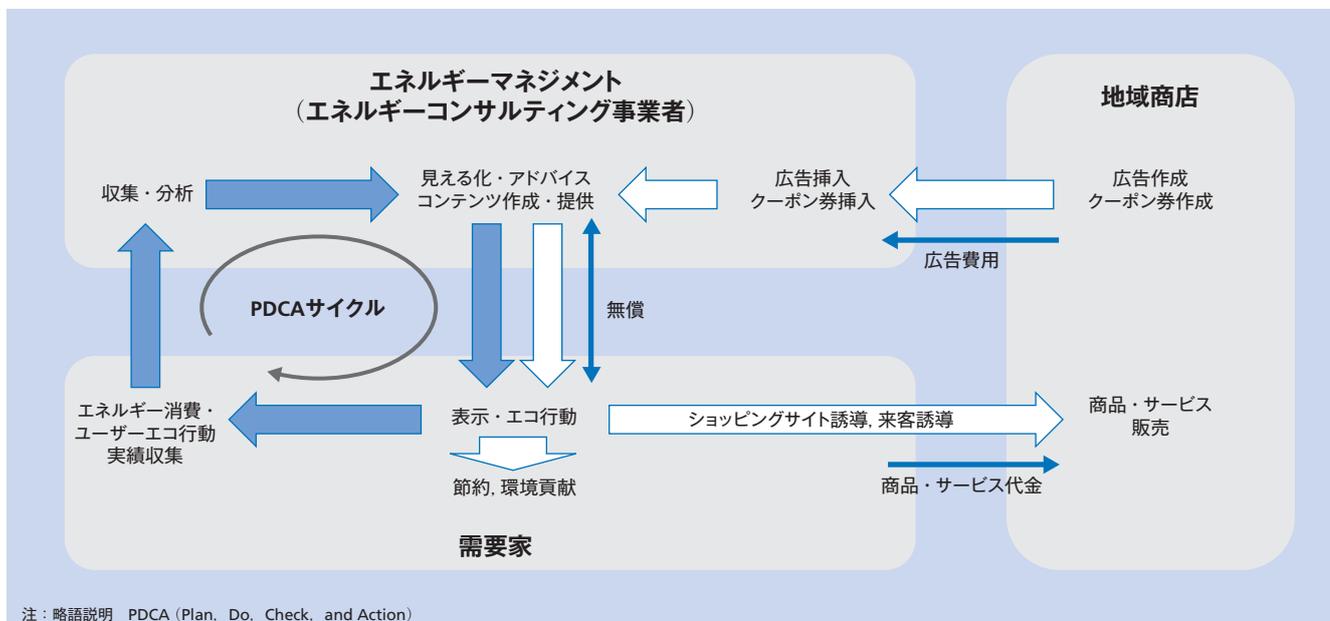


図2 | 需要家と地域コミュニティとの連携例

エネルギーマネジメントやアドバイスに関する情報コンテンツを無償提供しながら、地域商店の広告を配信するビジネスモデルが検討されている。

報を機器間で共有することで、新たな価値を創出できると考える。例えば、冷蔵庫にどのような食品が貯蔵されているかという情報を調理機器と共有し、おすすめの調理メニューを表示するといった機能などである。

一方、使い勝手の視点から見ると、どのようなユーザーにも安心して使いやすい操作性を実現するユニバーサルデザインが今後も重要になる。日本では急速に高齢化が進んでおり、25年後の2035年には3人に1人が65歳以上の高齢者になると予測されている⁴⁾。また、家電機器は自動化、使い勝手の向上を実現するために高機能化が進んでおり、新しい機能を十分に使いこなせないということになりかねない。

日立の白物家電品では、基本的な機能や使用上の重要なポイント、上手な使い方を動画や音声でわかりやすく説明するDVD (Digital Versatile Disk) を付属し、新しい製品を使う際の障壁を少しでもなくす工夫をしている。将来的には、情報ネットワークと連携することで、コンセントに接続されている家電機器を自動で認識し、機能紹介や使い方といった情報をテレビなどで簡単に閲覧できるといったことも考えられる。

3.2 快適性の追求

オール電化の代表製品であるヒートポンプ給湯機は、外気の熱を回収して給湯の加熱に利用することで、高いエネルギー効率を実現している。一方、外気の温度が低くなると、回収できる熱量が小さくなるという課題がある。今後、ヒートポンプ給湯機の普及拡大に向けては、温暖地域だけでなく寒冷地域でも効率の高い機器の開発が必要である。

これにより、「オール電化」へのシフトがさらに促進されるとともに、ヒートポンプ温水式床暖房の普及拡大が見込まれ、より快適な暖房を提供できると考えられる。

空間の快適性という観点で見ると、温度、湿度に加えて清浄度も重要な指標である。昨今、インフルエンザの爆発的な流行が起り社会的な問題となっているが、ウイルスや細菌による感染の防止は安全・安心・健康な生活を送るうえで重要である。これらを短時間で検出するとともに、効率よく、しかも確実に不活化できる空気清浄技術が求められる。

3.3 省エネルギー性の追求

家電機器の省エネルギー性については、エアコンの性能指標が定格条件での成績係数 (COP: Coefficient of Performance) から通年エネルギー消費効率 (APF: Annual Performance Factor) へと変化したように、家庭での実稼動に近い状態での評価へと変化してきた。ヒートポンプ給湯機や冷蔵庫でも同様であり、これからの家電機器では、実稼動時の省エネルギー性能向上が重要である。

例えば、家庭用冷蔵庫では、真空断熱材の使用によって断熱性能が向上した結果、外部から冷蔵庫内への熱侵入は小さくなっている。すなわち、通常運転時には冷凍サイクルが処理する熱量は小さく、冷媒を循環させる圧縮機を低速回転で運転する。

一方、食品の出し入れの際に扉が開放されると冷蔵庫内温度が上昇するので、庫内をすばやく冷却するために圧縮機を高速回転で運転する。冷蔵庫の断熱性能が向上すればするほど圧縮機の運転回転数の範囲が広がるため、年間を

通じて高い省エネルギー性能を実現するには、幅広い回転数範囲で効率が高い圧縮機が求められる。

これは、エアコンについても同様であり、高気密・高断熱住宅の普及により、屋外からの熱侵入が小さくなり、空調負荷が小さくなるという状況は冷蔵庫の場合と同様である。このように、冷蔵庫やエアコンに用いられるヒートポンプでは、より広い運転範囲で省エネルギー化するという、ワイドレンジ化が重要になる。

圧縮機やファンの動力を生み出すモータの省エネルギー化も引き続き重要である。これまでも、高性能・高機能材料の開発や、磁場解析を活用した低損失化、制御方法の革新などによって高効率化を進め、洗濯乾燥機や掃除機、エアコン、冷蔵庫などの効率向上を支えてきた。今後は、省エネルギー化だけでなく、環境に配慮した材料や、構造などの技術開発による高効率化や小型化も進める必要があると考える。

スマートハウス構想において最も期待されているのが、家電機器の連携による家全体でのエネルギー利用効率の向上であろう。特に、エアコンや冷蔵庫、ヒートポンプ給湯機といったヒートポンプ機器は、統合制御による省エネルギーが期待されるが、これについては次の章で詳しく述べる。

このような新しい流れの中で、家電機器がどのような進化を遂げるかは未知数なところが多いが、生活を豊かにするという家電機器本来の目的を忘れず、機器単体の性能、機能、価値向上を追求していくとともに、さらに、これらを統合して新しい価値を創造していくという視点が今後重要になるであろう。

4. エネルギーシステムの将来展望

4.1 家庭におけるエネルギー消費

家庭におけるエネルギー消費量は、機器の普及によって増加しており、2008年度では国内における全エネルギー消費量の約14%（自家用自動車などの運輸関係を除く。）を占める。このうち空調用、給湯用が全体の約56%を占め、その他は厨（ちゅう）房用、動力・照明用である。

エネルギー源は1975年度では灯油、電力、ガスのシェアがそれぞれ約 $\frac{1}{3}$ であったが、2008年度では電力が約50%に達している。電力が増加した要因は、ヒートポンプ式エアコンなどの家電機器の普及や大型化によるものである。また近年はオール電化住宅の増加により、ヒートポンプ給湯機も電力増加の要因となっている⁵⁾。

このため、将来のスマートハウス構想を省エネルギー視点で考えた場合、ヒートポンプ利用製品を中心とした熱エネルギー機器の高効率化がポイントとなる。

4.2 ヒートポンプの原理と特性

ヒートポンプは、利便性、安全性、省エネルギー性に優れているために普及してきた。ヒートポンプは低温の熱を熱輸送媒体である冷媒に集め、その冷媒を高温に圧縮して熱を得るものであり、「熱輸送手段」の一つである。例えば、冷房の場合は室内の熱を冷媒に吸熱して圧縮機で高温にし、室外に排熱するというサイクルを繰り返す。このためヒートポンプは昇温幅が大きいほど、必要動力も大きくなる。

最近ではヒートポンプによって発生する排熱を他の用途に活用する製品が実用化されている。日立の「冷暖同時マルチエアコン」は、部屋ごとに冷房と暖房を分けて運転する際、一方の部屋で冷房のために吸熱した熱を、他方の暖房に用いるものであり、省エネルギー性がきわめて高い。これは2温度領域を一つの機器で賄う例であるが、機器の構成によって多温度対応のヒートポンプとすることも可能であり、排熱をさらに小さくできる。

4.3 再生可能エネルギーの活用

家庭にはさまざまな温度レベルの熱が必要である。さらにヒートポンプから排出される熱、さらには太陽熱で生成される温水や地中熱といった熱の温度レベルをまとめると図3のようになる。

これらの熱は、ヒートポンプを多熱源対応することで、有効利用が可能である。例えば給湯用途では、従来システムのように外気から吸熱するより、外気よりも温度レベルの高い冷房用ヒートポンプの温排熱や、太陽熱で生成される温水を用いたほうが、昇温幅を小さくできるので、消費電力を低減することができる。すなわち再生可能エネルギーの活用である。

再生可能エネルギーの活用でさらに注目されているの

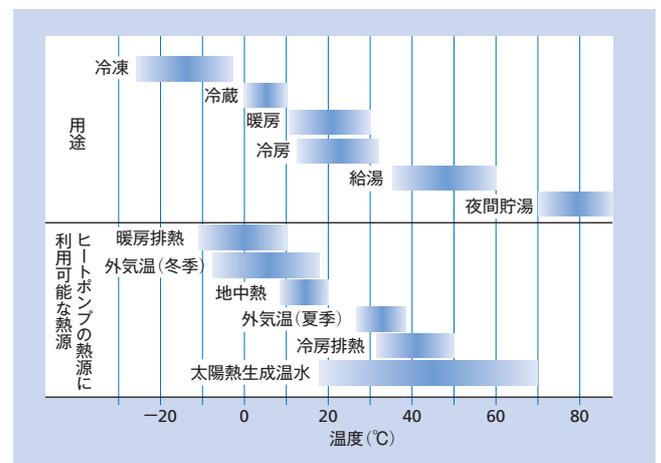


図3 | 家庭に必要な熱とヒートポンプの熱源に利用可能な熱
家庭にはヒートポンプの熱源に利用可能なさまざまな温度レベルの熱が存在する。消費エネルギー削減のためには、これらの有効活用が必要である。

が、空調への外気熱の直接利用である。室内温度が屋外温度よりも高い際に、冷房のために外気熱を室内に導入するものが一般的である。熱輸送媒体としては空気、あるいは空気よりもエネルギー密度の高い冷媒を用いる。後者は冷媒自然循環式と言われ、相変化する冷媒を気体と液体の比重比によって閉ループ内を自然循環させるもので圧縮動力が不要であり、きわめて省エネルギーである。

この方式は温度差が確保できれば動作するため、インバータなどの発熱機器の冷却や、近年普及が著しいデータセンター用の空調システムに導入され始めている。

住宅分野では省エネルギー化のため高断熱化が進んでおり、夏季や冬季の空調用熱負荷は大幅に削減される。しかし、春や秋の中間期においては、機器や人体発熱、日射などの熱負荷により、冷房が必要なケースが発生する(図4参照)。このような場合には冷媒自然循環式が有効な方法になる。

既存機器の省エネルギー化はさらに進化し続けるが、将来はより高度なエネルギー化を図るため、相互の排熱利用も含めた再生可能エネルギーに対応した構成になるものと考えられる。

4.4 エネルギー統合制御システム

再生可能エネルギー活用手段としては、太陽光発電と太陽熱が注目されており、今後さらなる普及が期待されている。しかし両者とも得られるエネルギー量が、天候、季節、時間帯などで異なるため、蓄電、蓄熱に加え、条件によっては系統電力も含めた複雑なエネルギー需給システムとなる。このため、得られた再生可能エネルギーを効果的に利

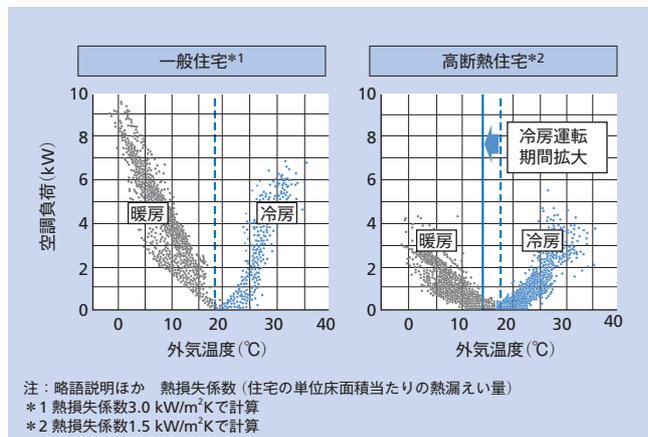


図4 | 住宅の断熱性能の空調負荷への影響

高断熱化は、空調負荷を低減するだけでなく、冷房運転域の拡大につながり、外気温が16°Cでも冷房負荷が発生する。

用するための用途、時間、量を判断し、システムを制御する「エネルギーフローコントローラ」が必要となる。これらの実現には、さまざまな要素機器の特性予測技術、センシング技術、制御技術、最適化技術の高度化が必要である。

以上を考慮した将来の家庭向けエネルギーシステムの概念を図5に示す。再生可能エネルギー利用の拡大に多温度対応ヒートポンプと冷媒自然循環式サイクルに対応し、それをエネルギーフローコントローラで運用するものである。

このシステムが実現すれば、エネルギーの地産地消により、地球環境保護に貢献できるだけでなく、ユーザーのエネルギーコストの極小化や、居住者の生活スタイルに応じた健康で快適な空調環境が実現可能である。

5. おわりに

ここでは、将来展望として、スマートハウス構想、家電

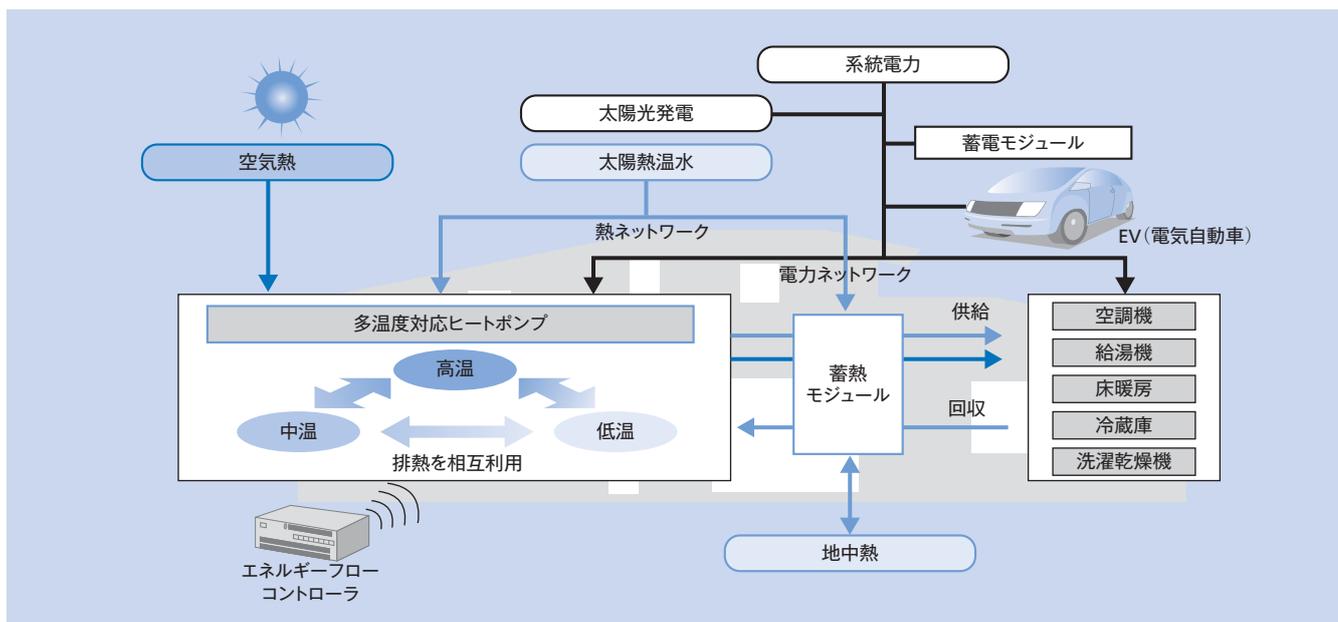


図5 | 将来の家庭向けエネルギーシステムの概念

再生可能エネルギー利用の拡大に、多温度対応ヒートポンプと冷媒自然循環式サイクルに対応する。それをエネルギー統合制御システムで運用する。

機器の将来、住空間全体のエネルギーシステムの将来について述べた。

今後、ユーザーメリットとして重要な項目は、エネルギーの「見える化」や、安全・安心、快適・省力化である。また、ヒートポンプ技術などを活用した熱エネルギーの有効利用もますます重要となる。

日立グループはこれまで培ってきた家庭向け機器の省エネルギー技術などグループの持つ強みを生かした技術開発を推進し、海外市場への展開も検討していく。

参考文献など

- 1) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) : スマートコミュニティ実現に向けて、スマートグリッドサミット (2010.6)
- 2) 駐日欧州連合代表部: Trend of Smart Grid in Europe, スマートグリッドサミット (2010.6)
- 3) ニュースリリース, 日立が環境配慮型都市「天津エコシティ」における開発・建設に協力 (2010.5.5)
<http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2010/05/0505.html>
- 4) 国立社会保障・人口問題研究所: 日本の将来推計人口 (平成18年12月推計) (2006)
- 5) 資源エネルギー庁: 平成21年度 エネルギーに関する年次報告書 (2010.6)

執筆者紹介



安東 宣善

1993年日立製作所入社、スマートシティ事業統括本部 グローバル事業推進センター システムエンジニアリングセンター 所属
現在、スマートシティ事業におけるホーム分野の事業推進に従事



笹尾 桂史

1994年日立製作所入社、機械研究所 生活家電研究部 所属
現在、電化機器の研究開発に従事
日本機械学会会員



野中正之

1992年日立製作所入社、機械研究所 企画室 所属
現在、環境・省エネルギー、ロボティクス・メカトロニクス、機械系基盤研究の研究企画に従事
一級建築士
日本冷凍空調学会会員、日本機械学会会員、日本建築学会会員



窪田 国雄

2002年 日立製作所入社、日立コンシューマエレクトロニクス株式会社 マーケティング事業部 マーケティング本部 商品戦略企画部 兼 新事業開発室 所属
現在、家庭内情報サービス関連の事業開発に従事



片岸 誠

1988年日立製作所入社、コンシューマエレクトロニクス研究所 ブロードバンドシステム研究センター イノベーション推進室 所属
現在、エネルギーマネジメント関連技術の開発に従事
電子情報通信学会会員