

オール電化機器と 住宅用太陽光発電システムの取り組み

庄子 哲也
Shoji Tetsuya

岸本 直人
Kishimoto Naoto

榎津 豊
Enokizu Yutaka

服部 健治
Hattori Kenji

田中 博文
Tanaka Hirofumi

日立アプライアンス株式会社では、オール電化機器であるIHクッキングヒーター・家庭用エコキュートに加え、住宅用太陽光発電システムの事業を行っている。

IHクッキングヒーターは、IHの最大火力を3.2 kW（入力値）に高めるとともに、オープン部に自動両面焼きができる庫内に汚れが付きにくい構造を採用し、調理や手入れの

手間を低減した。家庭用エコキュートは、貯湯ユニットにウレタン発泡充填断熱構造を採用し、大幅に省エネルギー性能を向上させた。住宅用太陽光発電システムは、日ざしの変化を見はってしっかり発電する高効率パワーコンディショナにより、創エネルギーに貢献している。

1. はじめに

2011年の東日本大震災以降、ますます省エネルギーや節電に対する意識が高まっている。一方、高齢化が進行し、安全・安心な生活への期待も高い。こういった中、IH（Induction Heating）クッキングヒーター、エコキュート^{※1}といったオール電化機器は、高いエネルギー消費効率や、直火を使わない安全性からさらなる普及が見込まれる。これらの製品は、高い性能に加え、おいしさや快適性、使い勝手といった視点から新しい価値を創造することが可能である。

また、ゼロエネルギーハウスなど、新たな住宅の在り方が脚光を浴びてきている。これには、太陽光発電に代表される再生可能エネルギーの利用が必須であり、日立は2012年8月から住宅用太陽光発電システムの事業を開始した。ここでは、これら3製品の取り組みについて述べる。

2. IHクッキングヒーター

2014年度製品として、専用のグリルパン「ラク旨（うま）グリル」を搭載し、3.2 kW（入力値）の大火力IHを実現したIHクッキングヒーター「火加減マイスター」HT-J300T（ダブルオールメタル対応3口IH）・J200T（オールメタル対応3口IH）・J100T（3口IH）の各シリーズを開発

した（図1参照）。

2.1 「ラク旨グリル」を搭載

本製品では、オープンの調理機能をさらに進化させるとともに、購入時の重視点である「手入れのしやすさ」というニーズに応えるため、汚れが落としやすいだけでなく汚



図1 | HT-J300Tシリーズ最上位機種「HT-J300XTWF (W)」(上)と「ラク旨グリル」と「専用フタ」(下)

ハンバーグや焼き魚などを、裏返す手間なく自動で両面を焼き上げる。その他、油を使わないえびの天ぷら（ノンフライ調理）や、専用フタを使ったアクアパッツァ（焼き蒸し調理）なども自動で調理できる。

※1) エコキュートの名称は、電力会社・給湯機メーカーが自然冷媒ヒートポンプ式電気給湯機を総称する愛称として取り扱っている。

れが付きにくいオープンの新構造を採用し、おいしさと調理や手入れの手間の軽減を両立した。

本製品では、オープン庫内で「ラク旨グリル」を用いて食材の両面を自動で焼き上げるので、ハンバーグや焼き魚など焼き加減の難しい調理も、食材を裏返さずにおいしく焼き上げを行うことができる。このほかに、「ノンフライ調理」、「焼き蒸し調理」、「パン」など153種類のレシピのオートメニューと、焼き網を使ったメニューを合わせて220種類^{※2)}のオープンレシピを実現した。

「ラク旨グリル」でオートメニューを実現するために重要となるのが温度センシングである。オープン庫手前に設けた庫内温度センサーにより、庫内の温度上昇時間を計時し、調理物の量判定を行い調理時間を算出する。さらに、「ラク旨グリル」センサーが温度上昇を検知し調理物の仕上がり具合を判定することで、きめ細かな温度制御を行う(図2参照)。

「ラク旨グリル」の調理では、まず、遠赤外線・近赤外線の放射比率が8:2と炭火に近いシーズヒーターで食材の上面を直火焼きすることで、食材の中までじっくり火を通す。次に熱応答性のよいプレートを採用した「ラク旨グ

※2) 付属の「オープン調理クッキングガイド」に掲載されているレシピ数。

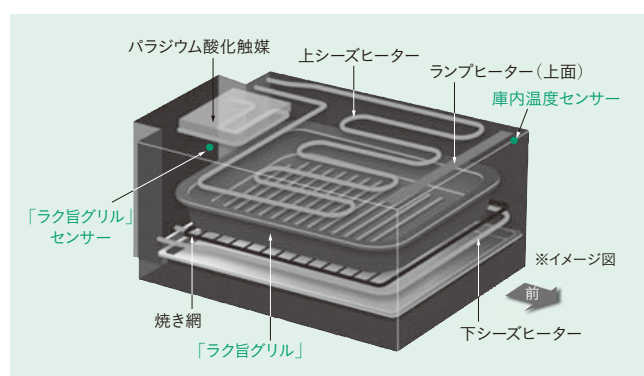


図2 オープンユニット構成図

庫内温度センサーにより調理物の量を判定し、「ラク旨グリル」センサーにより調理物の仕上がり具合を判定する。

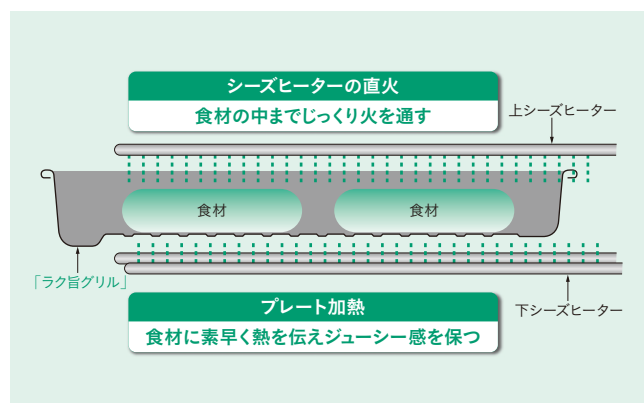


図3 「ラク旨グリル」使用時のヒーターの加熱イメージ図

上下からのきめ細かな加熱を行いおいしく仕上げる。

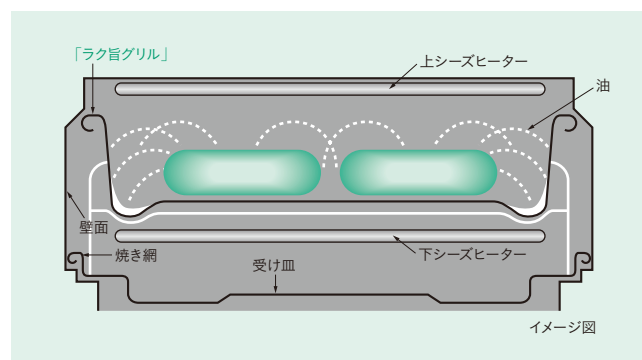


図4 オープン庫内の汚れ低減イメージ図

「ラク旨グリル」で油の跳びはねをガードし壁面の汚れを低減する。

リル」を加熱することで食材下面から素早く熱を伝え、ジューシー感を保つ。このように上下のヒーターに交互に通電し、きめ細かな加熱を行うことでおいしく仕上げることができる(図3参照)。

また、深さ約5 cmの「ラク旨グリル」で調理することで、食材から出る油の跳びはねをガードし、調理後の庫内の汚れを低減した。加えて、グリルパンは約500 gと軽量で凹凸が少なく、フッ素コーティング仕上げとし手入れを容易にした(図4参照)。

2.2 入力3.2 kWの大火力IHヒーター採用

IHクッキングヒーターの最大の魅力は、高効率かつ大火力の加熱であり、本製品では左右IHヒーターの最大火力(鉄・ステンレス鍋加熱時)を従来の3.0 kWから大火力3.2 kWとした。

大火力化における課題は、インバータとコイルの発熱増である。左右IHインバータでは、共振コンデンサ容量を5%小さくして回路の共振周波数をインバータ周波数により近づけることでインバータの低損失化を図った。冷却構成においては、ファンの径を従来の1.15倍に大型化した新設計の大口徑多翼ファンにより騒音を抑えながら冷却風量を従来の1.1倍に増加させた。さらに、このファンでは

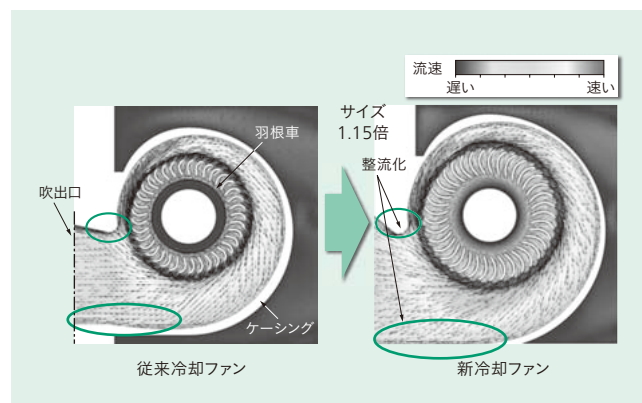


図5 従来冷却ファンと新冷却ファンの解析結果の比較

新冷却ファンではケーシングに沿って整流し風速分布を均一化する。

ケーシングに沿って風を整流し、吹出口での風速分布を均一化させることで、下流に配置される電子部品の冷却効率を向上させた(図5参照)。

この大火力化により、調理の時間を短縮したいというニーズに対応し、パスタをゆでるときなど大量に湯を沸かす場合も、湯沸かし時間を短縮した。

3. 家庭用エコキュート

家庭でのエネルギー消費の約3割を給湯が占めており¹⁾、給湯分野における省エネルギー推進は重要な位置づけとなっている。また、家庭用エコキュートは、2013年3月に省エネ法(エネルギーの使用の合理化等に関する法律)トプラunner基準(目標年度2017年度)の対象機器に新たに加わり、一層の高効率化が期待されている。

このような中、日立では家庭用エコキュートの省エネルギー性能向上技術の開発に継続的に取り組んでいる。2013年度発売製品においては、その技術が評価され平成25年度(2013年度)・省エネ大賞(製品・ビジネスモデル部門)資源エネルギー庁長官賞^{※3)}を受賞した。

2014年度製品では、断熱構造の革新として、業界初^{※4)}のウレタン発泡充填(てん)断熱構造を採用した貯湯ユニットを開発し、断熱性能を最大約2倍^{※5)}に向上させた。「ナイアガラ出湯」シリーズの高効率機種(図6参照)においては、このウレタン発泡充填断熱構造貯湯ユニットと真空

※3) 受賞機種：家庭用エコキュート BHP-FV46NDなど 計55機種。

※4) 2014年10月20日発売時点。国内の家庭用エコキュートの貯湯ユニットにおいて(当社調べ)。

※5) 当社従来製品BHP-FV37ND(2013年モデル)との比較において、熱抵抗で比較(当社調べ)。



図6 | エコキュート BHP-FV37PD(貯湯容量：370 L)

左上から、台所リモコン、浴室リモコン、ヒートポンプユニット、貯湯ユニットの外観を示す。

断熱材に高効率ヒートポンプユニットを組み合わせ、昨年に引き続き業界No.1の省エネルギー性能^{※6)}となる年間給湯保温効率(JIS) 3.9を達成した。

3.1 貯湯ユニットの高効率化技術

エコキュートの効率向上には、貯湯ユニットの放熱損失の低減、すなわち断熱性能の向上が不可欠である。

従来の貯湯ユニット[図7(左)参照]では、湯水を蓄える缶体(以下、「タンク」と記す。)の周囲に、分割されたビーズ法ポリスチレンフォーム^{※7)}(以下、「EPS(Expanded Poly-styrene)」と記す。)を組み合わせて取り付けることにより、断熱を行っていた。本製品では、さらなる断熱性能の向上に向け、当社の冷蔵庫製造で長年培ってきた「ウレタン発泡充填断熱構造」技術に着目して応用展開を図ることとした。

新断熱構造貯湯ユニット[図7(右)参照]では、箱状にした外板にタンクを内包し、外板とタンクの間に液体のウレタンを注入し、発泡する。これにより筐(きょう)体と一体化した業界初のウレタン発泡充填断熱構造「ウレタンク」を実現した。EPSに比較し断熱性能に優れたウレタンフォームを使用することに加え、タンク全体を完全に充填し覆う(図8参照)ことにより、断熱性能を大幅に向上させた。

図9に真空断熱材を組み合わせ断熱性能をより向上させた高効率機種における、従来の貯湯ユニットと「ウレタンク」の保温性能の比較を示す。90℃の湯水をタンク内のために、外気温7℃で放置した場合の湯水の温度低下状況を表している。従来のEPS断熱においても、12時間放置後、

※6) 2014年10月31日現在。家庭用ヒートポンプ給湯機一般地向け(1)年間給湯保温効率(JIS) 3.9(BHP-FV37PDなど3機種、貯湯容量320 L以上460 L未満機種において)、(2)年間給湯保温効率(JIS) 3.8(BHP-FV46PDなど3機種、貯湯容量460 L以上550 L未満機種において)。

※7) ポリスチレン樹脂と炭化水素系発泡剤を使用して発泡成形される発泡プラスチック(Expanded Poly-styrene)。一般的に発泡スチロールと呼ばれている。

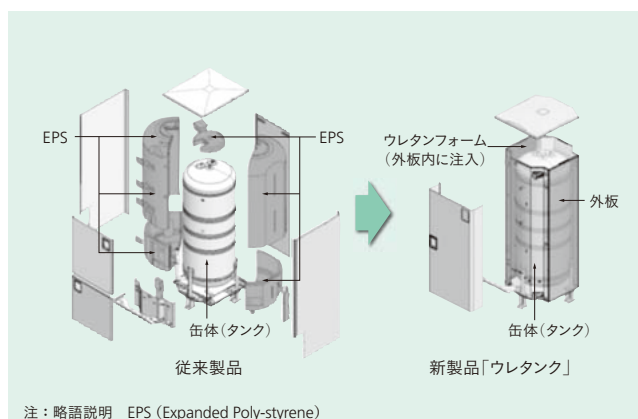


図7 | 貯湯ユニットの断熱構造比較

新断熱構造「ウレタンク」では、外板とタンクの間に液体のウレタンを注入し発泡させる。

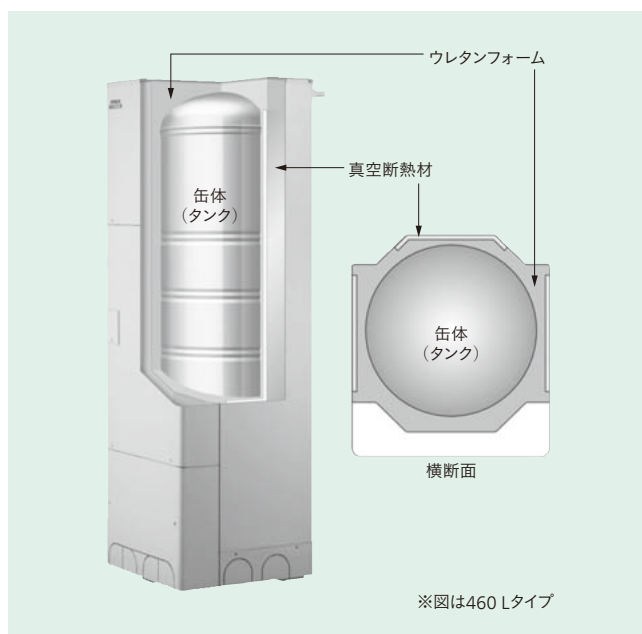


図8 「ウレタン」の構造イメージ (高効率機種)

タンク全体がウレタンで隙間なく包まれる。また高効率機種では、真空断熱材を組み合わせた構造としている。

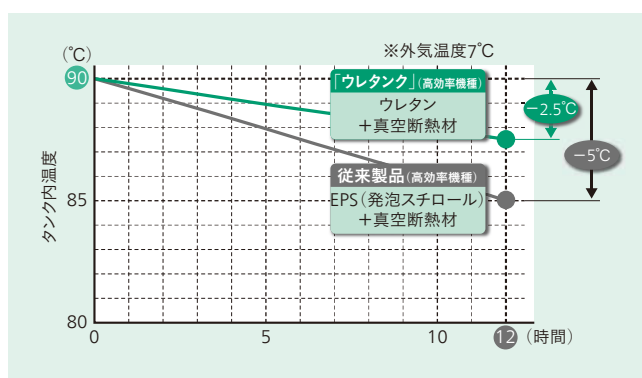


図9 「ウレタン」と従来製品の保温性能比較 (高効率機種)

「ウレタン」では、外気温7°Cのとき、12時間後の湯温低下はわずか約2.5°Cにとどまる。

温度低下は約5°Cと、保温性能は良好だが、「ウレタン」の温度低下は約2.5°Cであり、さらに大幅に保温性能が向上していることが分かる。

また、ウレタン発泡充填などにより脚部の強度をアップし、据え付け施工性に配慮した3本脚の構造のまま、耐震クラスS^{※8)}に対応した。

3.2 ヒートポンプユニットの高効率化技術

ヒートポンプユニットは、冷凍サイクル要素技術 (圧縮機・蒸発器など) の性能向上を行い、高効率化を図っている (図10参照)。

※8) 耐震クラスSとは、建築設備耐震設計・施工指針 (一般財団法人日本建築センター) における「局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度」において設計用標準震度2.0に耐えること。試験条件：満水時の機器を工事説明書に記載の方法にて固定し、重心位置を弱軸方向へ連続的に満水時質量の2.0倍の荷重を加えたとき、耐えることを確認。[耐震クラスS対応機種：2014年10月発売のPシリーズ460 L、370 L貯湯ユニットにおいて (Nシリーズ460 L、370 Lは耐震クラスA、その他の機種は耐震クラスB対応)。]

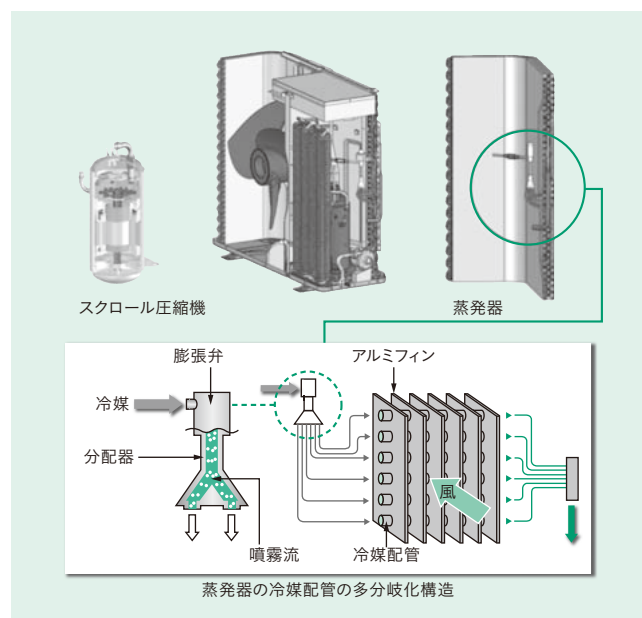


図10 ヒートポンプユニットの高効率化技術

ユニット内各部の工夫により、高効率化を実現した。

ヒートポンプユニットの圧縮機は、独自の給油構造により効率を向上したCO₂スクロール圧縮機を採用している。圧縮室などに効率よく給油を行い、摺 (しゅう) 動損失、加熱再膨張損失を低減するとともに、圧縮室内の固定スクロールと旋回スクロール間の隙間の適正化により漏れ損失を低減し、高効率化を実現した。

蒸発器は、冷媒配管分岐数と冷媒配管径およびアルミフィン形状の適正化により、熱伝達効率の向上と通風抵抗の低減を行い、吸熱性能の向上を図っている。冷媒配管の細径化による冷媒圧力損失の増大を抑制するため、膨張弁直後の噴霧流状態の冷媒を分岐する噴霧流分配技術を開発し、多分岐における均一分配を実現した。また、冷媒流路の最適化を行い、湿り流路と過熱流路を近接させないように高密度に配置することにより、吸熱性能を向上させた。

3.3 水道直圧給湯方式と快適機能

「ナイアガラ出湯」シリーズは、水道圧をそのまま利用して瞬間的に沸き上げて給湯する日立独自の「水道直圧給湯」方式を採用している (図11参照)。これにより、例えば浴室のシャワーと台所の2か所で同時にお湯を使用しても勢いのあるシャワーを使うことができる。この水道直圧技術を応用展開し、井戸水や硬度の高い水道水に対応したエコキュートもラインアップしている。

また、2014年度製品高効率機種においては、省エネNo.1に加え、風呂の湯はり時間を標準湯はりに比較して約50%に短縮し5分台^{※9)}とした「倍速湯はり」機能と

※9) 配管径15 A、5 m直管、給水元圧300 kPa。タンク湯温80°C、水温17°Cの際、湯はり温度40°C、浴槽湯量180 Lの条件で、約5分45秒。

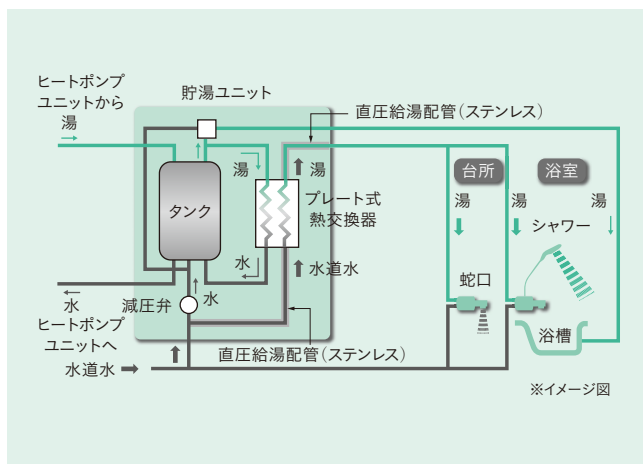


図11 エコキュート「水道直圧給湯」の仕組み

プレート式熱交換器を利用して瞬時に沸かし、水道水の圧力や水質をほぼそのままに給湯する。



図12 「快泡浴」の噴流と気泡イメージ

噴流と気泡により、快適なバスタイムを提供する。

もに、噴流とはじける気泡により心地よい「快泡浴」機能（図12参照）を付加し、使い勝手がよく快適性の高い製品とした。

なお、全機種でHEMS（Home Energy Management System）※10）への接続にも対応した（別売の給湯機用HEMSアダプターが必要）。

4. 住宅用太陽光発電システムの高効率パワーコンディショナ

パワーコンディショナには、太陽電池モジュールから直流電力を取り出す機能と、取り出した直流電力を交流電力に変換する機能の2つがある。それぞれで発電量を最大にする製品の実現をめざした（図13参照）。

4.1 直流電力を取り出す機能

太陽光発電は晴れ、曇りなど天候によって日照量が変わることによって発電量が変動するほか、樹木や電柱・建物の影などによってできる太陽電池モジュールの部分影による影響がある。

※10）家庭内の機器をネットワークでつないでエネルギーの有効に利用することを目的としたシステム。



図13 パワーコンディショナの役割

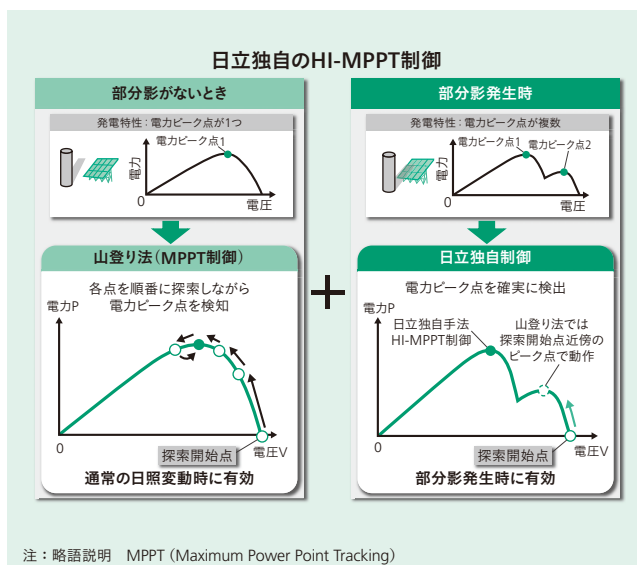
太陽電池モジュールで発電した直流電力を取り出し、交流電力に変換する。

太陽電池モジュールから電力を取り出す一般的なMPPT（Maximum Power Point Tracking）制御²⁾では電圧を変化させながら太陽電池モジュールの発電電力ピーク点を探索する。このとき部分影が発生すると、太陽電池モジュールのP-V（Power - Voltage：電力-電圧）特性曲線はピーク点が複数存在するので、電力最大となるピーク点を探索できない場合があり、発電能力よりも低い電力しか取り出せなくなる。

今回、部分影が発生した場合でも、より多くの電力の取り出しを可能とする日立独自の「HI-MPPT」制御を開発した。

「HI-MPPT」制御は、MPPT制御中に発電電力ピーク点の変動を監視し、部分影による変動と判断した場合はP-V特性曲線の全体を評価して複数発生したピーク点を把握し、最も発電電力が高いピーク点でMPPT制御を再開させるというものである（図14参照）。

この日ざしの変化による電力ピーク点の変動を見はる機能によって発電ロスを抑え、しっかり電力を取り出せるようにした。



注：略語説明 MPPT（Maximum Power Point Tracking）

図14 太陽電池モジュールの発電特性による「HI-MPPT」制御の特長

「HI-MPPT」制御では、日ざしの変化による電力ピーク点の変動を見はって、電力を取り出す。

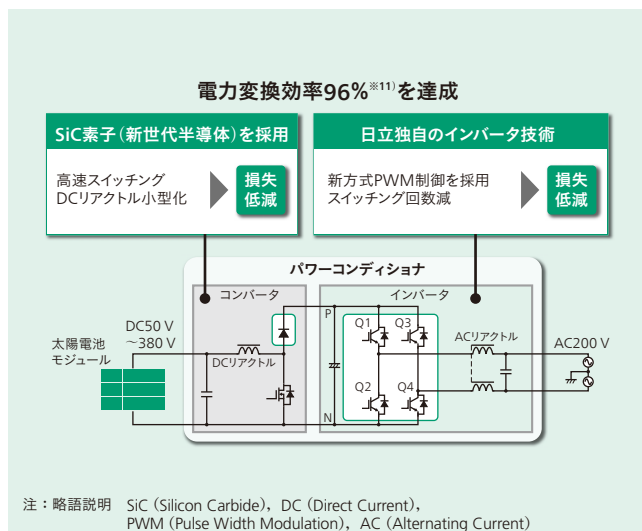


図15 | パワーコンディショナ電力変換の効率化
独自のインバータ技術で、直流電力を効率よく交流電力に変換する。

4.2 直流電力を交流電力に変換する機能

太陽電池モジュールから取り出した直流電力を昇圧変換するコンバータ部にSiC-SBD (Silicon Carbide - Schottky Barrier Diode)を採用し、スイッチング時のリカバリ損失を大幅に低減した。これにより、スイッチング周波数を40 kHzまで高周波化でき、DC (Direct Current) リアクトルを小型化して損失を低減させることができた。

一方、直流電力を交流電力に変換するインバータ部では、出力電流の波形ひずみを抑えながらスイッチング回数を従来の $\frac{1}{4}$ に低減する新PWM (Pulse Width Modulation) 制御方式を開発した。これらにより、定格時変換効率96%^{※11)}を達成するパワーコンディショナを実現した(図15参照)。

5. おわりに

本稿で取り上げたオール電化機器と太陽光発電システムの3製品は、製品の歴史は浅いが、地球環境保全に大きく寄与するものであり、その社会的責務は重い。ますますの性能向上が必要である。今後も独自の視点で社会や顧客の要請に応える製品を開発していく。

※11) JIS C 8961で規定する定格負荷効率。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁：平成25年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2014)、家庭部門のエネルギー消費の動向(2014)
- 2) E. Trishan, et al.: Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol.22, No.2, pp.439-449 (2007)

執筆者紹介



庄子 哲也
日立アプライアンス株式会社 家電事業部 多賀家電本部
第四設計部 所属
現在、IHクッキングヒーターの設計開発に従事



岸本 直人
日立アプライアンス株式会社 家電事業部 多賀家電本部
第四設計部 所属
現在、IHクッキングヒーターの設計開発に従事



榎津 豊
日立アプライアンス株式会社 家電事業部 栃木家電本部
給湯機設計部 所属
現在、ヒートポンプ給湯機の設計開発に従事



服部 健治
日立アプライアンス株式会社 家電事業部 多賀家電本部
第四設計部 所属
現在、住宅用太陽光発電システムの設計開発に従事



田中 博文
日立アプライアンス株式会社 商品計画本部 所属
現在、環境ビジネス機器の商品企画に従事