

缶飲料自動販売機の電装品・制御における省エネルギー対応

Energy-saving Technology for Electric Parts and Control in Canned Beverage Vending Machines

濱田 公介 Kousuke Hamada

缶飲料自動販売機の消費電力のうち、80%は冷却・加熱に使われ、15%は照明に使われている。照明の省エネルギー技術として従来の蛍光灯に比べて大幅な省エネルギー（消費電力70%削減）と長寿命（4万時間以上）を実現可能な白色LEDを光源とした照明の開発を行った。冷却・加熱においては、これまでに培った省エネルギー制御をベースに新たに開発したヒートポンプの制御をビルトインしたユニットを開発し、大幅な省エネルギー化を図った。

Of the power consumed by a canned beverage vending machine, 80% is used for cooling and warming, and 15% is used for lighting. As energy-saving lighting technology, a white LED light source capable of significantly reducing energy consumption (by 70%) and realizing a longer service life (more than 40,000 hours) compared to conventional fluorescent lights has been developed. As cooling and warming technology, a built-in unit for controlling the heat pump has been newly developed based on energy-savings control technology acquired along the way, and significant energy savings has been achieved.

1 まえがき

缶飲料自動販売機の消費電力の80%は冷却・加熱に使われ、15%は照明に使われている。照明の省エネルギー（省エネ）技術として、従来の蛍光灯に比べて大幅な省エネと長寿命が実現可能な白色LED（Light Emitting Diode）を光源とした照明を開発した。冷却・加熱においては、これまで培った省エネ制御をベースに新たに開発したヒートポンプの制御をビルトインしたユニットを開発し、大幅な省エネ化を図った。

2 照明の省エネルギー技術開発

2.1 照明の省エネルギー制御

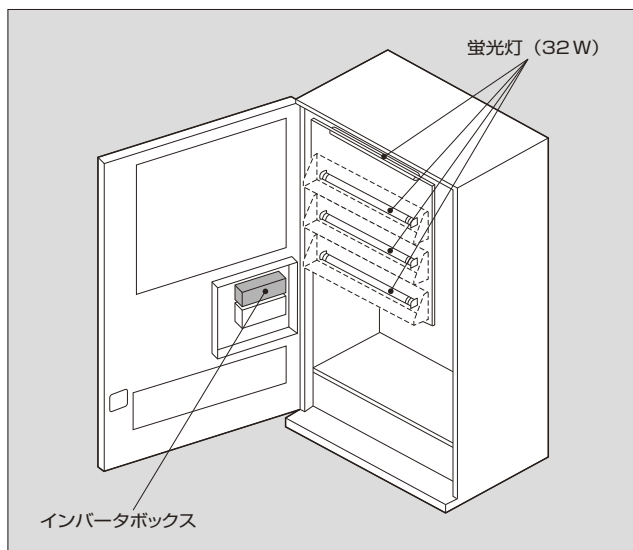
缶飲料自動販売機の照明は、図1に示すように標準的な機械で32Wの直管形蛍光灯を4本使用しており、自動販売機1台当たり約100Wの電力を消費している。この照明の省エネ制御として、タイマ制御により照明の必要がない昼間や深夜に消灯させる機能や、フォトセンサを用いて設置場所が明るいときには消灯させる機能がある。蛍光灯の点灯器具には、従来の安定器より電力効率のよいインバータを用い、調光機能を組み合わせることにより半分以下の電力で点灯が可能である。最近では、人感センサにより自動販売機の前に人がいるときだけ照明を点灯させる機能も追加し、大幅な省エネを実現している。

2.2 LED照明の技術開発

(1) 開発の背景

「京都議定書」の目標を達成するために政府が出した計画書によると、家庭部門や業務、その他部門の取組みとして高効率な省エネ機器の普及促進が進められている。その

図1 缶飲料自動販売機の照明



中の施策で、トップランナー方式による機器の効率向上、省エネ機器の買替え促進、高効率照明の普及などが挙げられている。既に、自動販売機は2002年に「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネ法）の特定機器に指定されトップランナー方式による消費電力量の削減を行っている。照明についても年々発光効率が著しく向上している白色LEDを光源に用いることで、大幅な省エネを実現するために各メーカーの開発競争が激しくなってきた。

照明市場の動向を見ると、現時点ではLED単体の効率は蛍光灯並みに近づいてきたが、コストが30～60倍程度と高いこともあり、あまり普及が進んでいないものの、LEDが長寿命であるため器具の交換が少なくなる利点を生かして、高所照明や看板などでの使用が増えてきている。将来的には2015年にLEDの発光効率は150lm/Wと

蛍光灯を超えるレベルに達し、コストも徐々に下がってくるものと予測され、住宅照明などへの本格的な普及が進むものと思われる（図2）。富士電機は、2005年に世界で初めて白色LED照明を搭載した自動販売機を量産し（図3）、照明の省エネ化にも継続して取り組んでいる。今回は、LED照明のさらなる普及を図るために、より省エネで長寿命な白色LED照明の新規開発を行ったので紹介する。

(2) 開発の狙い

自動販売機へLED照明を搭載することにより環境負荷を大幅に減らすことができるが、現状では初期投資費用が高くなってしまふ。そのため、製品のライフサイクルコスト（電気代、照明の交換・廃棄費用など）を削減してトータルでメリットを出せるように、以下の目標値を設定して開発を行った。また、LED化することにより光源から出る紫外線が減るため虫が寄りにくくなり衛生的にもメリットがある。

(a) 消費電力の大幅削減

従来の蛍光灯と比較して70%以上の消費電力削減

(b) 長寿命化によるメンテナンスフリー実現

自動販売機の寿命までの間に器具交換が不要になるように寿命4万時間以上を確保

(3) LED照明の設計技術

(a) 光学設計技術

図2 白色LED発光効率の推移、従来照明との比較

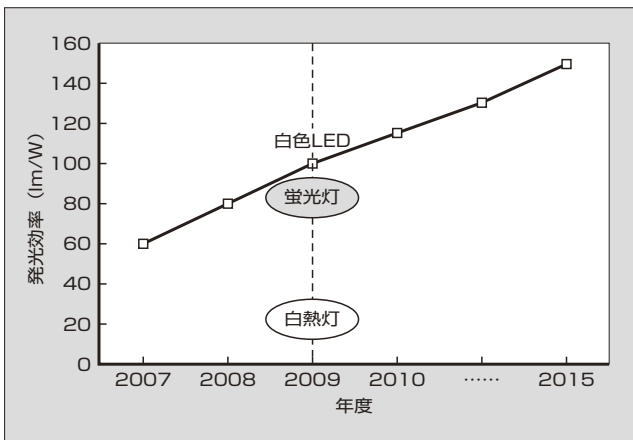
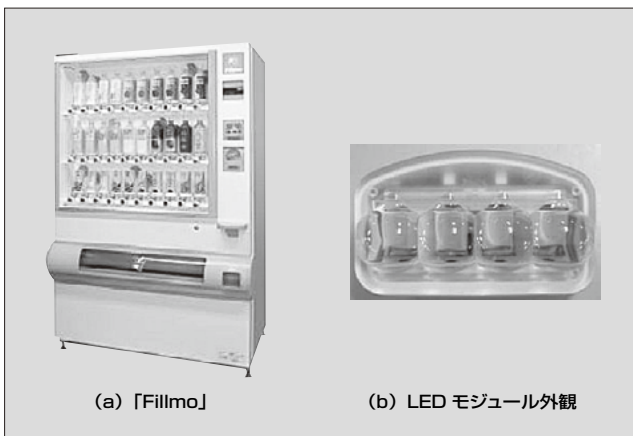


図3 世界初の白色LED照明搭載自動販売機



従来の蛍光灯は面光源であるのに対して、LEDは点光源であるため多数個を線状に並べて照明として用いることが多い。必要とする照度を確保しながら明るさにムラが出ないようにするためには、使用するLEDに応じて、個数、配置間隔、レンズ形状を最適化する必要がある。上述内容を考慮して光学シミュレーションを行うことにより、商品へ効率よく光が当たるような構造を決定した。図4は、今回開発したLED照明の外観である。レンズで光を集光することにより、より少ないLEDで商品を明るく照らし、省エネを実現した。また、LED照明を点灯させる電源も定電流駆動で効率の高い（85%以上）ものを開発し、器具全体の効率で蛍光灯と比較して70%以上の消費電力が削減できた。

(b) 放熱設計技術

LEDは半導体であり通電することによりLED素子から熱が出る。LEDのパッケージ樹脂は、レンズの役割を果たしているが、高温になると樹脂の劣化が促進され光の透過率や反射率が急激に下がるため、LEDの外部に出る光が減り寿命が短くなってしまふ。したがって、LEDの長寿命化を図るにはいかにしてLEDから発生する熱を逃がすかが重要である。LEDからの放熱を高めるには熱伝導率のよい基板（アルミニウム、セラミックス）を使用すればよいが、コストが高くヒートショックなどの信頼性にも課題がある。そこで、図5に示すように通常のプリント基板の両面に銅箔（どうはく）パ

図4 LED照明外観

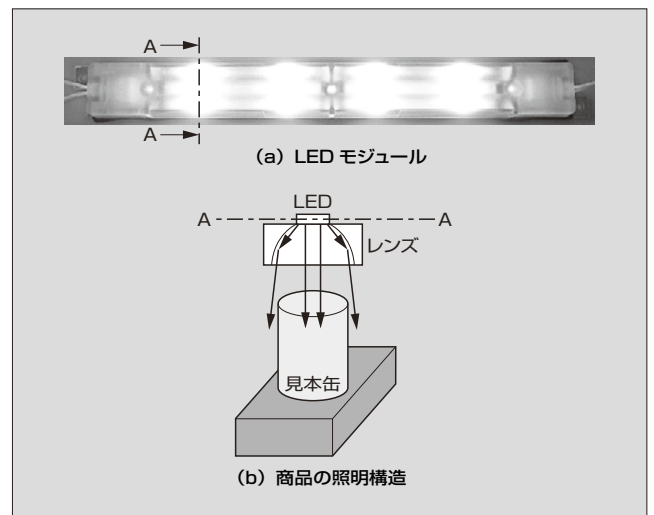
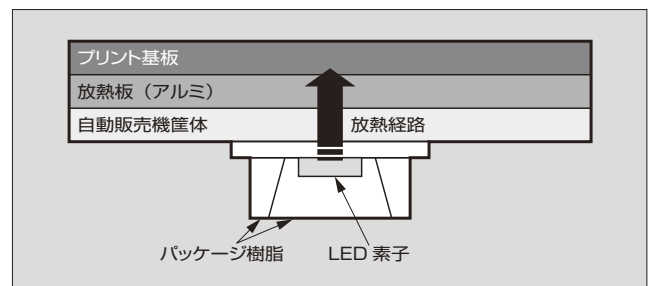


図5 LED搭載基板の放熱構造



ターンを設け熱の伝わりをよくした状態で、基板の裏面に放熱板を密着させて熱を逃がす構造を取ることにより、小型化を図った。さらに、放熱板から自動販売機筐体（きょうたい）の板金へ積極的に放熱することにより器具の小型化を図った。

この放熱設計により、LEDの温度を効率よく下げることが可能となり長寿命化を達成した。寿命試験の方法は、実際に4万時間の点灯試験をするのは時間がかかりすぎるので、LEDが壊れない範囲で温度を上げた状態にして加速試験を行った。その結果、4,500時間までの実試験データから寿命推定を行い図6に示すように4万時間以上の確保が可能であることを確認できた。

③ 冷却・加熱省エネルギー制御開発

飲料自動販売機における環境対応技術として、冷却・加熱の省エネ化を実現したヒートポンプ式自動販売機が挙げられる。ヒートポンプ機の制御開発においては、これまで培った省エネ制御をベースに新たに開発したヒートポンプの制御をビルトインすることにより、さらに省エネ化を図っている。

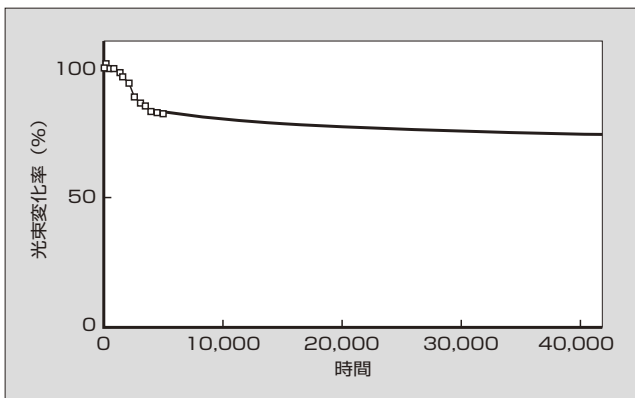
3.1 ヒートポンプ制御開発

(1) 加熱優先制御

図7に、飲料自動販売機内のヒートポンプ運転による熱授受の一例を示す。従来機では庫内で吸熱した熱エネルギーを庫外へ排熱していた。ヒートポンプ機では庫内で吸熱した熱エネルギーを加熱する庫内に輸送（ヒートポンプ）して、商品を加熱する。このように、同一系内で熱の授受を行い庫外に排出する熱ロスを最小にすることで大きな省エネ効果が得られる。ヒートポンプ運転では、冷却と加熱を同時に行うことが重要となる。しかし、従来の運転方法では、加熱庫と冷却庫が個別に制御されているため、同時運転の時間が短くなる課題があった。そこで、ヒートポンプ加熱に合わせて冷却庫内も同時に運転する加熱優先制御を新たに開発し、圧縮機の稼働時間割合の最適化を行い省エネを実現している。

(2) 電磁弁切替制御

図6 LEDの寿命推定グラフ



従来の3庫の飲料自動販売機であれば、庫外の熱交換器を凝縮器、冷却庫内の熱交換器を蒸発器として使用し庫内ごとに計3個の電磁弁で冷媒の流れを制御することができた。これに対し、ヒートポンプ機では最大8個の電磁弁を搭載し、状態に応じてこれらの電磁弁を開閉制御することにより冷媒の流れを切り替えて、冷却・加熱運転を成立させている。ヒートポンプ運転では、加熱する庫内の熱交換器を凝縮器、冷却する庫内の熱交換器を蒸発器として使用する。冷却運転で使用していた庫外の熱交換器を休止したときに熱交換器内部に冷媒が多量に残り、循環可能な冷媒量が不足する課題があった。そこで、休止した熱交換器から冷媒を回収できるような電磁弁の開閉タイミング制御を追加して、循環冷媒量を確保し効率的なヒートポンプ運転を可能にした。

3.2 庫内ファン制御

庫内ファンは、庫内の空気を循環することで容器入り飲料を加熱・冷却する機能を持つ。これまで、PWM（Pulse Width Modulation）制御の庫内ファンコントロールによる庫内循環風のゾーン化や販売状況、過去の条件による庫内ファンコントロールの最適化などさまざまな省エネ制御を実現してきた。これら省エネ制御の効果を維持しつつ、ヒートポンプ化を図っている。

図7 ヒートポンプ式自動販売機の構成

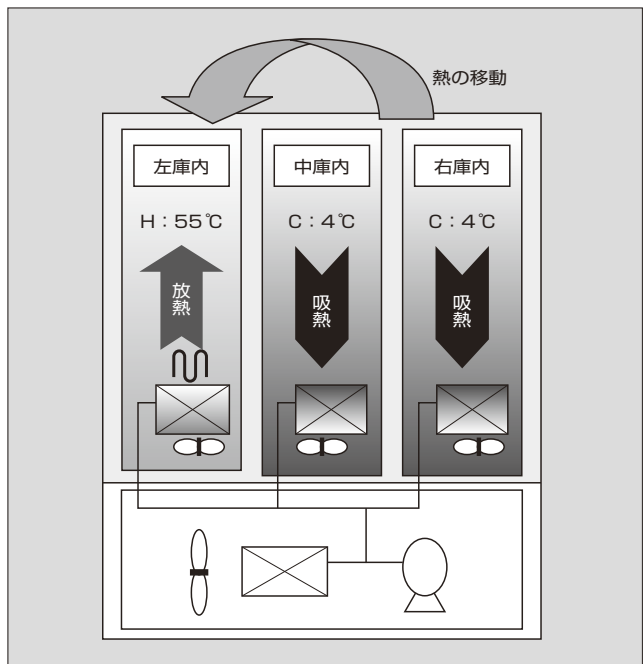
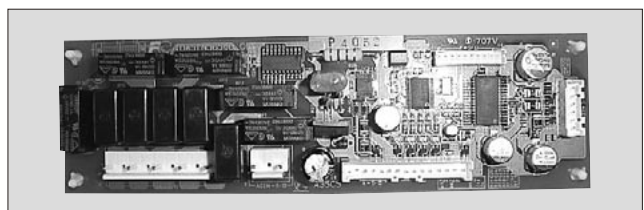


図8 ヒートポンプ制御基板



加熱庫内と冷却庫内の熱収支を大きくかつ同量にするこ
とで、ヒートポンプ運転時間を最適化し省エネにつなげ
ることができる。そこで、各庫内の容積や熱交換器の容
量に合わせて熱収支が最も効率的な庫内ファンコント
ロールを庫内ごとに選定することにより、省エネ化に
努めている。

また、加熱終了後に熱集中を避けるために一定時間
庫内ファンを運転している。ヒートポンプ加熱終了後
の庫内ファンの運転時間を、通常のヒータでの加熱
時と比べ最小限に制御することにより、庫内ファンの
稼動時間と庫内の熱拡散を低減している。

3.3 制御ユニットの開発

冷却・加熱用の制御ユニットの開発では、CO₂冷媒圧縮
機のインバータと電子膨張弁に対応した制御ユニットに
始まり、CO₂冷媒ヒートポンプに対応した制御ユニ
ット、近年はR134a冷媒ヒートポンプ化にも対応した
ヒートポンプ制御ユニット(図8)を開発し、環境対応
への品ぞろえを充実させている。

4 あとがき

今回開発したLED照明とヒートポンプ制御は、ともに

自動販売機の大幅な省エネルギーを実現するのに必要
不可欠な技術となりつつある。今後もより環境に優
しい自動販売機を普及させるための技術開発に取
り組んでいく所存である。

参考文献

- (1) 白色LEDの技術ロードマップ, LED照明推進協議会, 2008.
- (2) 木村幸雄ほか, 自動販売機の環境適合技術, 富士時報, 2005, vol.78, no.3, p.181-185.



濱田 公介

自動販売機の開発設計に従事。現在、富士電機リ
テイルシステムズ株式会社ものづくり本部三重工
場開発部。





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。