

環境にやさしく快適な洗濯乾燥機 “エアコンサイクルドラム”

User- and Environment-Friendly Drum Type Washer-Dryer Equipped with Heat Pump

ファクター 2.93 (2006 / 2000)

価値ファクター 1.42

環境影響低減ファクター 2.06

今井 雅宏 戸崎 宗

■ IMAI Masahiro

■ TOZAKI Takashi

住宅の高層化や花粉症被害の増加、共働き世帯の増加など、天日干ししたくてもできないといった社会環境の変化や、世界的な省エネ意識の高まりに応え、東芝は乾燥の仕上がりがよく、省エネを図ったドラム式の洗濯乾燥機 TW-F70 を 2000 年に発売した。この洗濯乾燥機は、当社のコア技術である DD モータ (Direct Drive Motor) を搭載し、当時のドラム式洗濯乾燥機の弱点だった重さと大きな振動を低減した画期的な商品で、この発売以降、洗濯乾燥機の需要が急拡大し、2007 年度には洗濯機総需要の約 31 % を占めると想定されている。しかしながら、洗濯乾燥機は、従来の天日干しと比べると、電力や水を使用することから環境負荷の増加を招いており、これらの削減による環境負荷低減が望まれている。

このため、当社は、ヒートポンプによる低温乾燥方式のエアコンサイクルエンジンを開発し、従来のヒータ乾燥方式に比べ、半分の消費電力量と使用水量を達成するとともに、低温乾燥による仕上がりの向上や快適な住環境を作る冷風機能の搭載で、ファクターを 2.93 まで高めたエアコンサイクルドラム TW-2500VC を 2006 年 7 月に開発、商品化した。

In 2000, Toshiba released the TW-F70 drum type washer-dryer on the market in response to the rising worldwide demand for energy saving. The new washer-dryer also corresponded to the social trend away from drying laundry in the sun due to the increases in high-rise residences, hay-fever sufferers, and two-income families. The TW-F70 was an epoch-making model that overcame the conventional weak points of washer-dryers: weight and vibration noise. This was achieved by applying the direct drive (DD) motor, the fruit of Toshiba's core technologies, to achieve both weight reduction and vibration damping.

Since the introduction of the TW-F70, the demand for washer-dryers has dramatically increased and their market share is expected to reach about 31% of all washing machines in FY2007. However, washer-dryers also have an environmental impact because their use consumes more water and electricity than sun drying.

Accordingly, we developed an air-conditioner cycle engine with a heat pump system that allows low-temperature drying and released the TW-2500VC "air-conditioner cycle drum" washer-dryer in July 2006. The TW-2500VC has a Factor (an eco-efficiency indicator) of 2.93, and has been shown to reduce both water and electricity consumption by half compared to conventional heater-drying washers. Moreover, the low-temperature drying gives the laundry a good finish, and the machine provides cool air to make the residence comfortable.

1 まえがき

東芝は 2000 年に、洗濯乾燥機市場をリードする形で、当社独自の DD モータを搭載することにより軽量・低振動・低騒音化を図り、当時ヨーロッパで主流だったドラム式洗濯機を日本の家庭に合った洗濯乾燥機として発売した。この後、他社からも縦型洗濯乾燥機の発売があって、洗濯乾燥機の需要が急拡大し、2007 年度には洗濯機総需要の 31 % を占めると予想されている。これは、住宅の高層化や、花粉被害の拡大といった外に干せない住環境変化や、共働き世帯の増加などのライフスタイルの変化で、天日干しできない家庭が増えていることが要因と考えられている。

しかしながら、洗濯乾燥機は、従来の天日干しに比べると電力や水を使用することから、消費者の負担増ばかりでなく、環

境負荷の増加を招いており、消費電力の低減や使用水量の削減によるランニングコストと環境負荷の低減が望まれている。

このため当社は、家庭用エアコンの 1 馬力高出力コンプレッサから構成されるヒートポンプによる低温乾燥方式のエアコンサイクルエンジンを開発した。これにより、従来のヒータ乾燥方式の約半分の消費電力と使用水量を達成^(注1)し、ランニングコストと環境負荷の大幅な低減を実現するとともに、低温乾燥による仕上がりを向上させ、洗濯機の設置場所を快適な空間に変える冷風機能を搭載した、エアコンサイクルドラム TW-2500VC を 2006 年 7 月に発売した (図 1)。

ここでは、TW-2500VC について、エアコンサイクルエンジンによる省エネ技術を中心に述べる。

(注1) 従来の当社ドラム式洗濯乾燥機 TW-130VB との比較において。



図1. エアコンサイクルドラムTW-2500VC — ヒートポンプで乾燥することで、ファクターが2.93となった。

TW-2500VC "air-conditioner cycle drum" washer-dryer

2 TW-2500VCのファクターT

この商品は、当社独自の製品価値と環境影響の評価指標であるファクターTによる評価結果では、基準機種である2000年発売の洗濯乾燥機TW-F70に比べファクターは2.93を達成しており、2005年発売のヒータ乾燥方式の洗濯乾燥機TW-130VBと比べても約1.6倍となっている。洗濯乾燥機としては、極めて環境負荷の少ない商品といえる(図2)。

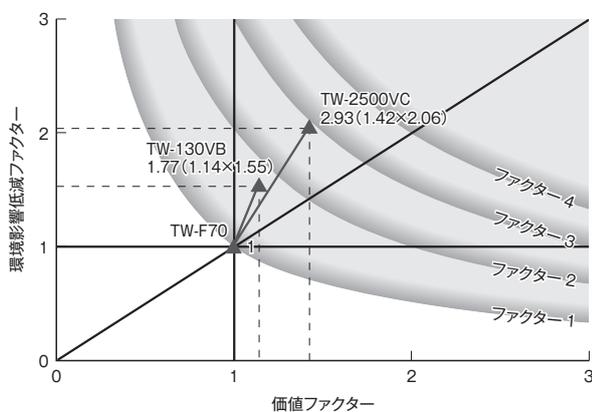


図2. TW-2500VCのファクター — 従来のTW-130VB(ヒータ方式)に比べ、ファクターが約60%向上している。

Factor of TW-2500VC

環境影響低減ファクターは、図3に示すように、ヒートポンプ搭載による質量増加に伴い材料調達段階での環境影響(図では被害金額で換算)が若干増加しているが、洗濯乾燥機でもっとも環境負荷の大きい使用段階での環境影響が半分以下になっており、全体として環境影響低減ファクターは2.06となり、基準機種の約半分の環境影響となっている。

価値ファクターは、図4に示すように、省エネによる効果はもちろんであるが、運転時間の短縮や、乾燥の仕上がり向上、冷房機能搭載などの付加価値により1.42と向上している。

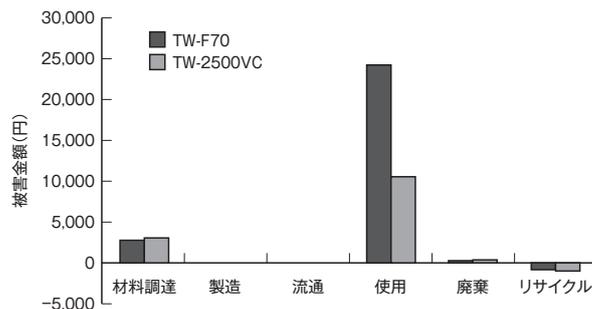


図3. 環境影響チャート — 環境影響低減ファクター2.06を達成した。

Environmental impact chart

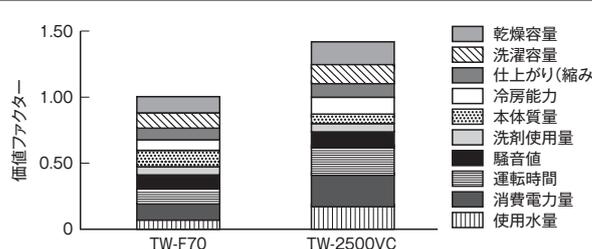


図4. 製品価値チャート — 価値ファクター1.42を達成した。

Product value chart

3 エアコンサイクルドラムの省エネ性能

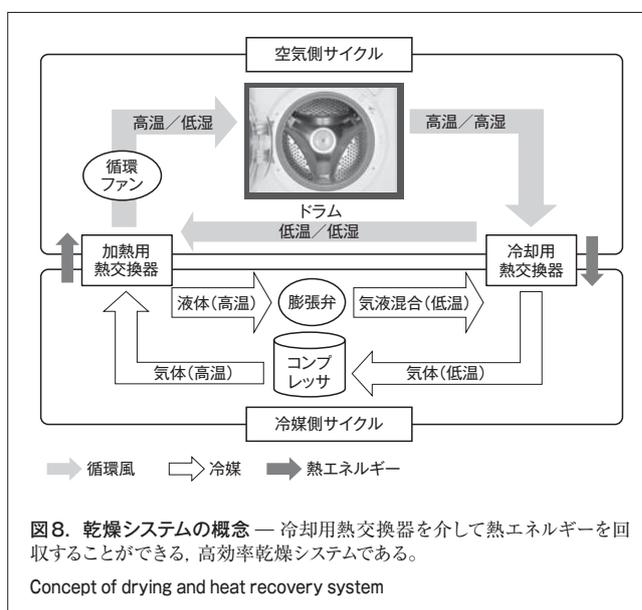
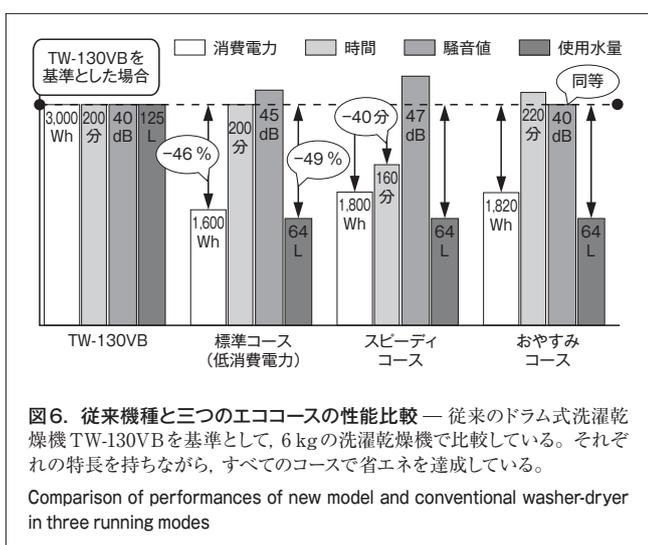
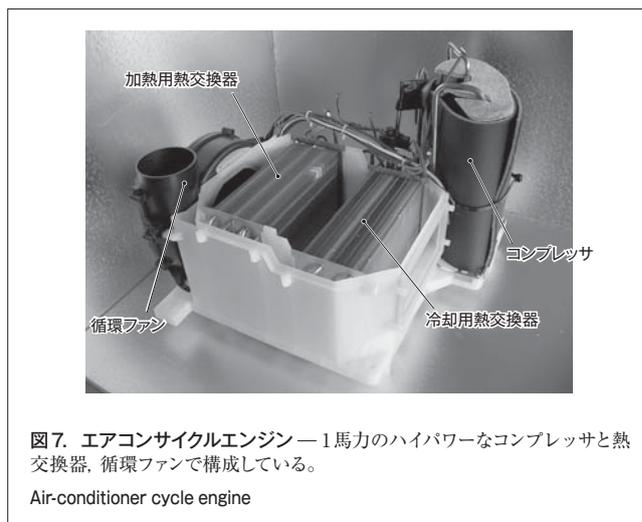
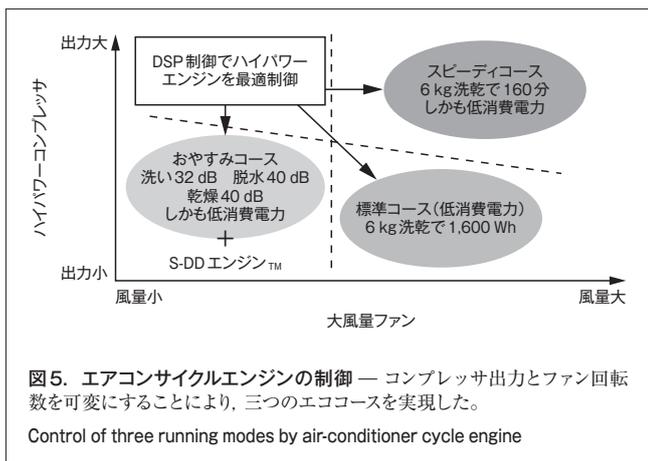
TW-2500VCは、高出力の1馬力コンプレッサからなるエアコンサイクルエンジンの搭載により、業界トップクラスの省エネ性能を達成している。

エアコンと同様の除湿及び冷房機能を持つエアコンサイクルエンジンの採用により、乾燥時にヒータも冷却のための水もまったく使わず、1馬力のハイパワーコンプレッサと大風量ファンで効率よく除湿乾燥することで、6kgの洗濯物の洗濯から乾燥までの消費電力量1,600Wh、及び使用水量64Lを実現した。

更に、1馬力のハイパワーコンプレッサの出力と大風量ファンの回転数を可変にすることにより、ライフスタイルに合わせて使い分けできる三つのECO(エコ)コースを実現し、搭載している(図5)。従来機種との性能比較を図6に示す。

- (1) 標準コース(低消費電力) 省エネ性に重点を置き、洗濯から乾燥までの運転において水道代、電気代を従来機種^(注2)の約半分とするコース。コンプレッサの出力を小さくし、ファンの風量を大きくすることにより実現。
- (2) スピーディコース 運転時間に重点をおき、6kgの衣類を従来機種より約40分速い160分で洗濯から乾燥

(注2) 従来の当社ドラム式洗濯乾燥機TW-130VBとの比較において。



まで行うコース。コンプレッサの出力とファンの風量を大きくすることにより実現。

- (3) おやすみコース 静音性に重点を置き、洗濯から乾燥までを通して図書館並みの静かさ(約40 dB)を実現したコース。しかも、従来機種に比べ水道代が約1/2、電気代を約40%も低減。コンプレッサの出力とファンの風量を小さくすることにより実現。

4 エアコンサイクルエンジン

4.1 概要

エアコンサイクルエンジンは、冷媒を圧縮するコンプレッサと加熱用熱交換器(コンデンサ)、冷却用熱交換器(エバポレータ)、及び循環ファンから構成される、熱エネルギーを高効率に有効活用するシステムである(図7)。

この乾燥システム概念を図8に示す。

コンプレッサから吐き出される高温高圧の冷媒は、加熱用熱交換器を介して空気側に熱エネルギーを与え、熱エネル

ギーを与えられた高温の乾いた空気はドラム内に導入され、ドラム内で攪拌(かくはん)されている衣服から水分を蒸発させるとともに湿った高温の空気となる。次に、膨張弁により低温低圧にされた冷媒は、冷却用熱交換器を介して、空気側から熱エネルギーを逆にもらうことができる。ドラムから排出される湿った高温の空気は、冷却用熱交換器で冷却されるため蒸気が水となり、除湿水として排出される。なお、制御においては、コンプレッサの周波数や膨張弁の開度を最適化して、冷媒が1サイクル回ってくる間に気体→液体→気体と相変化させ、高効率化を実現している。

4.2 高効率ロータリコンプレッサ

乾燥運転においては、短時間に吹出し温度を高温化することが必要で、冷媒を高圧力化できるコンプレッサが必要である。そのため、数々の信頼性試験を行ってきた結果、東芝キヤリア社のコンプレッサを採用した(図9)。



図9. 高効率コンプレッサー 環境にやさしいR410A冷媒を使用し、構成部品の寸法と部品間のすき間を最適化することで、高効率化を実現している。
High-efficiency rotary compressor

このコンプレッサは、冷却能力が優れている新冷媒 R410A を用い、構成部品の寸法と部品間のすき間を最適化することによって、シングルロータリコンプレッサでありながら、高信頼性、高効率、及び低騒音という特性を実現している。

4.3 新型熱交換器

エアコンサイクルエンジンの熱交換器は、高効率でコンパクトなプレートフィンチューブ型を採用している。加熱用熱交換器は、通常の冷媒用の管に加えて水道水を通す管も配置する、新型の熱交換器を開発し搭載している。

この加熱用熱交換器は、洗濯乾燥機が設置されているアミニールームに本格的な冷房機能を導入するためのものである。家庭用エアコンの場合は、室外機を設置することが必要であり、スポットクーラの場合は、冷風とともに温風も吹き出すため、部屋全体の温度を下げることはできない。そこで、冷房するときは、冷却用熱交換器を通して冷風を作り、そのとき発生する加熱用熱交換器の熱を水で冷やすために、この水配管を利用している。

また、洗濯時においても、エアコンサイクルエンジンを運転して、この熱交換器に水を通すことにより、温水を作り出し、効率の良い温水洗浄を実現した。

4.4 コンプレッサ駆動 DSP インバータ

コンプレッサの駆動制御に、当社独自の S-DD エンジン™ (S-DD: Super Direct Drive) 駆動用として採用している DSP (Digital Signal Processor) インバータ制御技術を応用し、最適な運転制御を可能としている。

この DSP インバータは、高圧・高温の冷媒を圧縮する必要があり、ロータの位置推定ゲインを変化させることにより、確実にコンプレッサが起動するようにしている。また、コンプレッサが正常に動作しているかどうかを検出するため、DSP マイコンによって演算されたモータの誘起電圧と回転数から異常を検出するアルゴリズムを開発し、信頼性を向上させている。

更に、力率改善のため、DSP マイコンから成形信号を直接出力する方式を採用している。

5 あとがき

エアコンサイクルドラムに採用したヒートポンプによる低温乾燥方式は、従来のヒータによる乾燥方式に比べ、環境負荷を低減するうえで卓越した性能を保持しており、環境負荷低減が叫ばれている今日、洗濯乾燥機の乾燥方式の主流になると考えられる。

しかしながら、コンプレッサや熱交換器を搭載することによる製品の質量増は、搬入や設置の障害となるとともに、製造段階での環境負荷の増大をもたらしており、環境負荷のいっそうの低減のためにも、乾燥システムの高効率化を実現し、ヒートポンプの小型化と質量低減を進めることが必要となっている。

今後、これらの課題の克服とともに、新たなメリットを創造し、エアコンサイクルドラムをドラム式洗濯乾燥機の世界標準となるよう育てていきたい。



今井 雅宏 IMAI Masahiro

東芝家電製造(株) 愛知工場 ランドリー技術部 ドラム洗技術担当グループ長。ドラム式洗濯乾燥機の商品開発に従事。
Toshiba HA Products Co., Ltd.



戸崎 宗 TOZAKI Takashi

東芝家電製造(株) 愛知工場 ランドリー技術部 ドラム洗技術担当主務。ドラム式洗濯乾燥機の商品開発に従事。
Toshiba HA Products Co., Ltd.