

# 時間短縮と省エネ性能を進化させたヒートポンプ式洗濯乾燥機“ZABOON™” TW-Z9100/Z8100

ZABOON TW-Z9100/Z8100 Drum-Type Washer-Dryers Achieving Shorter Washing Time and Energy Saving

久野 功二      西村 好美      井澤 浩一

■ HISANO Koji      ■ NISHIMURA Yoshimi      ■ IZAWA Hirokazu

働く女性や主婦が欲しいと考えている家電製品の筆頭は洗濯乾燥機であり<sup>(注1)</sup>、これらのユーザーが従来から洗濯乾燥機に求めてきた重要な機能、性能は“洗浄性能”、“省エネ・節水性能”、及び“清潔さ”である。しかし最近では、家事の自由度アップにつながることから、更に“運転時間の短縮”が新たな価値になりつつある。

東芝ホームアプライアンス(株)は、ユーザーの厳しいニーズに応えるため、従来から洗濯乾燥機の技術革新を進めてきたが、今回、高圧ダブルシャワーやアクティブ制御システムによる遠心洗いといった新開発のエンジン(装置)と、更に進化させた5世代目のヒートポンプ除湿乾燥エンジンを搭載した“ZABOON™(ザブーン)” TW-Z9100/Z8100を商品化した。この製品は、業界No.1<sup>(注2)</sup>の洗濯スピード(運転時間:35 min)と省エネ(消費電力量:730 Wh)を達成しており、ユーザーのライフスタイルの更なる向上に貢献できる。

A washer-dryer is high on the list of home appliances that women want to buy. With the increase in the ranks of working women, there is a strong need for improvements in the performance and functionality of washer-dryers, particularly shortening of the washing time, as well as enhanced washing capability, energy and water saving, and cleanliness.

To meet these requirements, Toshiba Home Appliances Corporation has been making technical innovations to washer-dryers based on the concept of enabling users to enjoy a comfortable life and creating environmentally conscious products. We have now released the “ZABOON” TW-Z9100/Z8100 drum-type washer-dryers equipped with both a new engine offering high-pressure double-shower operation and a centrifugal washer controlled by an active control system, and an enhanced heat-pump dehumidification drying engine. As a result of these technologies, the ZABOON TW-Z9100/Z8100 achieve the fastest washing time of 35 minutes and the lowest overall power consumption of 730 Wh in the Japanese market for washer-dryers in this class.

## 1 まえがき

洗濯機業界は、家事労働の軽減に向けて技術革新を繰り返してきたが、東芝ホームアプライアンス(株)は、1997年に開発したダイレクトドライブ(DD)方式のインバータモータ搭載により、業界の先陣を切って大幅な静音化を達成し、ユーザーが時刻を気にすることなく洗濯できる状態を作り出した。また、後年には、乾燥ユニットを搭載した洗濯乾燥機をいち早く商品化し、天候も気にすることなく洗濯できるようにして、時間の有効活用によるユーザーのライフスタイル向上に貢献した。

いつでもまた、天候にかかわらず利用できるようになった洗濯乾燥機に対し、購入時にユーザーが特に重視する点は“洗浄性能”、“省エネ・節水性能”及び“清潔さ”であり、これらを当社は毎年進化させてきた。更に、忙しい主婦にとっては“運転時間の短縮”が家事の自由度アップにつながるとして、これが新たな価値になりつつある。

当社は、このようなVOC (Voice of Customer:顧客の声)

(注1) 当社のVOC調査による。

(注2) 2010年9月現在、当社調べ。洗濯スピードは衣類9kg、省エネ性能は衣類6kg、標準コース、洗濯乾燥の場合。



図1. ヒートポンプ式洗濯乾燥機 ZABOON™ TW-Z9100/Z8100

— 新たに開発した高圧ダブルシャワーやアクティブ制御システムによる遠心洗いで運転時間を短縮するとともに、5世代目のヒートポンプ除湿乾燥エンジンの更なる進化により省エネを実現した。

ZABOON TW-Z9100/Z8100 drum-type washer-dryers with heat pump

に応えるため、洗浄性能、制振性能、乾燥効率などの技術革新を進めているが、今回その成果として、新たに開発した高圧ダブルシャワーやアクティブ制御システムによる遠心洗いで運転時間を短縮するとともに、5世代目になるヒートポンプ除湿

乾燥エンジンの更なる進化により省エネを実現した洗濯乾燥機 ZABOON™ TW-Z9100/Z8100 (図1) を商品化した。ここでは、その技術の特長について述べる。

## 2 運転時間短縮技術

### 2.1 アクティブ制御システム

従来から搭載している、洗いと脱水で磁力を変化させられるアクティブS-DD (Super-DD) モータに加え、ドラムの振動を吸収するサスペンションの柔らかさを変化させられるアクティブサスペンションを新たに搭載した。更に、それらを最適に制御するアクティブ制御システムを採用することで、高い洗浄性能を得ることが可能となり、短時間の洗濯を実現した。

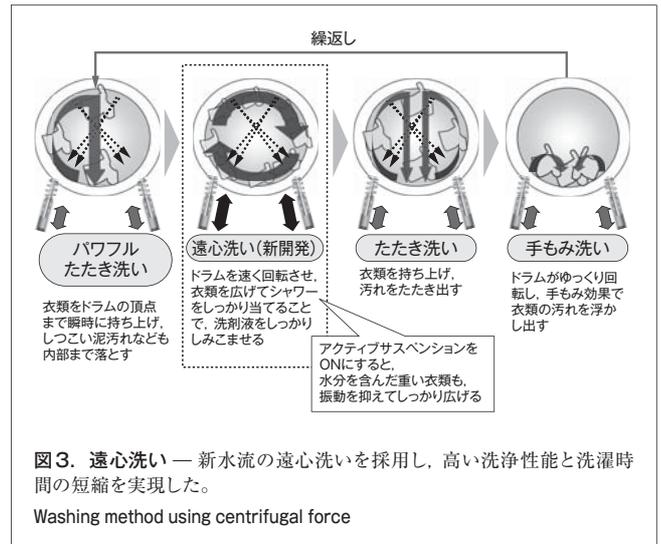
### 2.2 遠心洗いをプラスした節水ザブーン洗浄

節水ザブーン洗浄 (図2) は、以下の三つの水流に、高水圧でドラムの手前から奥までまんべんなく洗剤液を浸透させる高圧ダブルシャワー (2本のシャワー、図2) の効果を組み合わせた洗浄方式である。

- (1) パワフルたたき洗い アクティブS-DDモータの働きで、瞬時に衣類をドラムの頂点まで持ち上げ、しつこい泥汚れなども内部まで落とす
- (2) たたき洗い 衣類を持ち上げて汚れをたたき出す
- (3) 手もみ洗い ドラムがゆっくり回転し、手もみ効果で衣類の汚れを浮かし出す

アクティブサスペンションの採用で水分を含んだ重い衣類も振動を抑えてしっかり広げることが可能になったため、洗濯中にドラムを速く回転させて衣類を押し広げ、衣類全体に高圧ダブルシャワーを当てる遠心洗い (図3) を新たに組み込んだ。これにより、洗剤液をよりしっかりとしみこませて洗いむらを低減し、高い洗浄性能と短時間での洗濯を実現した。

その結果、洗濯時間は従来機種に比べ約10 min 短縮<sup>(注3)</sup>され、9 Kgの衣類を約35 minで洗濯できるようにした。



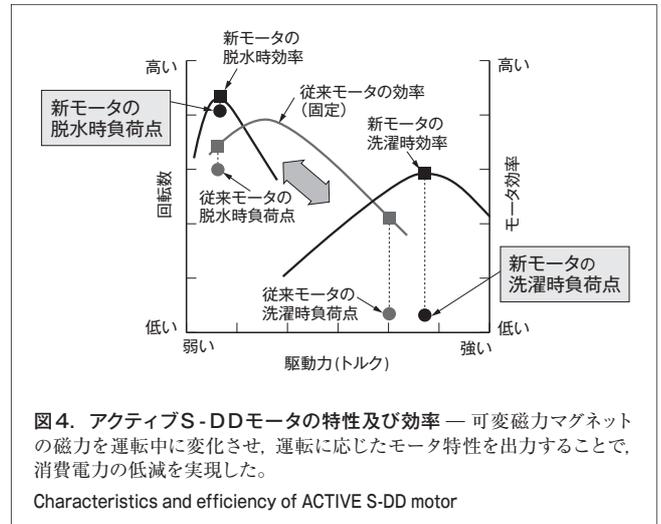
### 2.3 磁力を変化させられるアクティブS-DDモータ

洗い時は、大トルクのたたき洗いともみ洗いで洗浄性能を向上させ、脱水時は、高速回転の遠心力で衣類の水分や洗剤分を飛ばすことですすぎ性能の向上と乾燥時間の短縮を図り、すすぎ時の水量や消費電力の削減が実現できた。

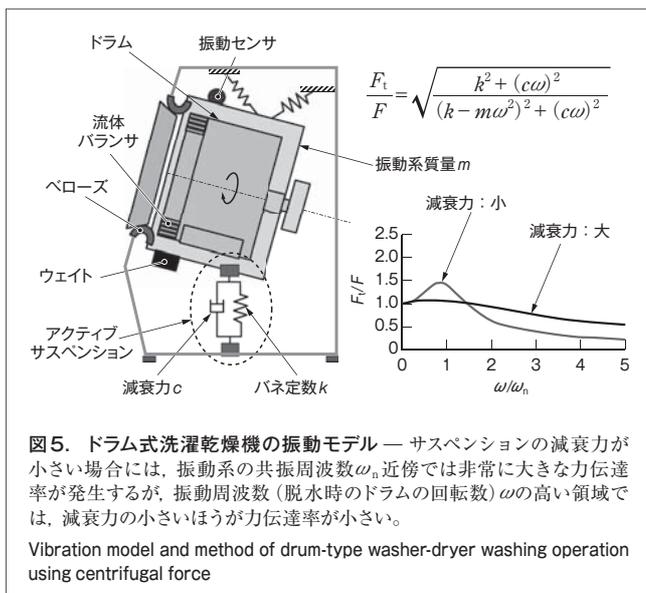
また、アクティブS-DDモータは、駆動トルクが必要な洗い時と、高速回転が必要で駆動トルクが少なくてよい脱水時で、内蔵マグネットの磁力を運転行程に応じて変化させ、運転状態に適したモータ出力とすることで、消費電力を低減した (図4)。TW-Z9100では、従来比で22%の省エネ<sup>(注4)</sup>を実現した。

### 2.4 アクティブサスペンション

水を含んだ衣類がドラム内で偏ると大きなアンバランスとなり、ドラムが回転したときに大きな振動になる。従来、この振動が非常に大きな場合は、ドラムの回転を停止後、ドラムを正回転させて衣類の絡み付きをほぐす行程を繰り返してから、



(注3)、(注4) TW-Z9100と2009年発売のTW-Z9000との比較。



脱水行程に移行していた。

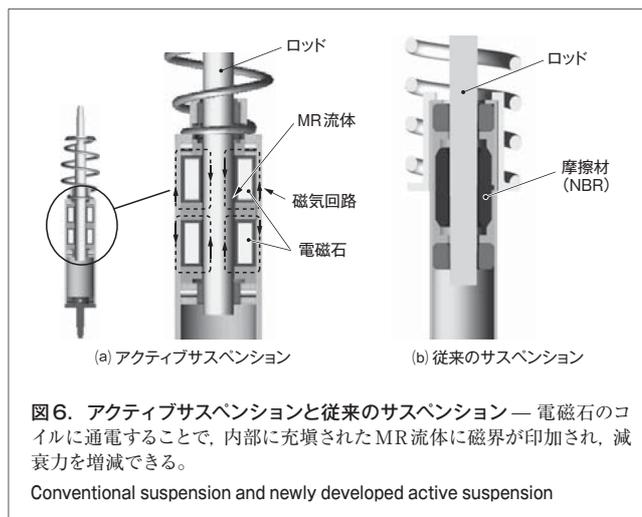
図5は、この製品の振動モデルを示したもので、ドラムを含めた質量が $m$ の振動系は、バネ定数が $k$ 、減衰力が $c$ のパラメータを持つサスペンションで支持されている。

ドラムが回転したときに、その振動が床に伝わる比率を、力伝達率として $F_t$ (伝達力)/ $F$ (加振力)と定義すると、その一般式は図5中に示した式となり、サスペンションの特性により振動を制御できることがわかる。また、サスペンションの減衰力が小さい場合には、振動系の共振周波数 $\omega_n$ 近傍では非常に大きな力伝達率が発生するが、振動周波数(脱水時のドラムの回転数) $\omega$ の高い領域では、減衰力の小さいほうが力伝達率が小さいことがわかる。この振動系の特性を利用し、常に力伝達率を小さくして、ドラムの振動を低減するために、減衰力の増減を制御する機構がアクティブサスペンションである。

従来のサスペンションは、ロッドと摩擦材(NBR:ニトリルブタジエンゴム)の摩擦力を利用した減衰力固定型ダンパであるのに対し、アクティブサスペンションは、MR(Magneto-Rheological)流体と電磁石を利用した減衰力可変型ダンパである(図6)。

MR流体は、強磁性物質の超微粒子を表面処理して溶媒中に分散させた極めて安定なコロイド溶液である。磁界を加えると、粒子に作用する力があたかも液体そのものに作用しているのと同様の効果を示し、液体が磁石に吸引されて粘性を帯びる。アクティブサスペンションは、この現象を利用したものである。

アクティブサスペンションに使用しているMR流体は、磁界の印加によりその粘度が増大する特性があり、サスペンション内部に設けられた電磁石とロッド間に数mL充填されている。電磁石のコイルに通電することでこのMR流体に磁界が印加され、その減衰力は、磁界の印加がない状態、つまり従来機種の摩擦式ダンパの減衰力に対して約4倍の強さとなる。



TW-Z9100/Z8100は、アクティブS-DDモータでドラムの回転数を、また、振動センサで振動を検知し、最適なタイミングでアクティブサスペンションの減衰力を変化させ、洗濯機の振動を制御することができる。具体的には、ドラムの回転開始から洗濯機が大きく揺れる回転数までは減衰力を高めに制御し、その後、ドラムの回転数が上昇した際は、減衰力を低く抑えるように電磁石への通電を制御する。これにより、従来問題であった共振点付近の大きな揺れや、衣類の偏りを減少させるほぐし行程での使用水量を低減し、スムーズな脱水運転が可能になった。

コストパフォーマンスに優れた当社独自のMR流体を使用したアクティブサスペンションにより、洗濯時間の短縮と静粛性を実現した。

### 3 省エネ技術

#### 3.1 5世代目のヒートポンプエンジン

2006年から洗濯乾燥機に搭載してきたヒートポンプエンジンの最大の特長は、乾燥時にヒータや冷却水をまったく使わないことである。そのため熱交換性能が向上し、省エネ性能と乾燥スピードの両方を向上させることができるようになった。

TW-Z9100/Z8100では、更に、心臓部であるヒートポンプユニット用に高効率のファンを新規に設計し採用したほか、風路の圧力損失を下げることで、省エネ性能のいっそうの向上と乾燥時間の更なる短縮を達成した。6kgの衣類を洗濯乾燥したときの性能を当社の従来機種と比較した結果を表1に示す。5年前の当社製ドラム式洗濯乾燥機TW-130VBと比較して、標準コースの消費電力量が約1/4、おいそぎコースの洗濯乾燥時間が約1/2と大幅な低減が可能となった。

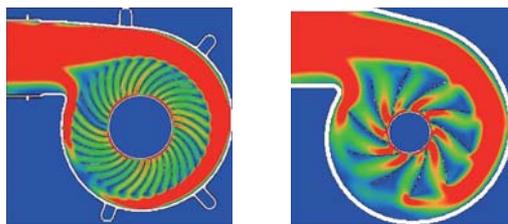
#### 3.2 高効率・大風量ファン

前機種から、2.3m<sup>3</sup>/minの風量を確保できる大風量ファンと、圧力損失の少ない風路を採用しているが、TW-Z9100/Z8100

表 1. 洗濯乾燥性能の比較

Comparison of washing and drying performance of TW-Z9100/Z8100 and TW-130VB (conventional model)

機 種	洗濯乾燥運転コース	消費電力量 (Wh)	洗濯乾燥時間 (min)
TW-Z9100/Z8100	標準	約730	約162
	おいそぎ	約1,150	約113
TW-130VB (従来機種)	標準	約3,000	約225



(a) 開発品 (b) 従来品

図 7. ファン内部の圧力分布 (シミュレーション図) — 中央部における逆方向の風の流が低減されて抵抗の少ない風の流れを実現し、ファンの効率を向上させることができた。図中では、圧力分布の高い部分が赤色で、また、圧力分布の低い部分が青色で表現されている。

Comparison of pressure distributions in fan

では更にファンの効率を高め、約18%の改善ができた。

ファンの風向きをシミュレーションした結果を図7を示す。翼形状及びケーシングの改良により、中央部における逆方向の風の流が低減されて抵抗の少ない流れを実現し、ファンの効率を向上できた。

### 3.3 圧力損失低減フィルタ

乾燥フィルタの面積を、従来機種に対して約170%大型化した(図8)。これにより、圧力損失が約17%低減でき、乾燥が進行した場合の糸くずによる風の圧力損失を抑制できた。

### 3.4 そのほかの省エネ制御技術

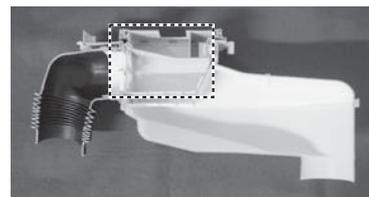
乾燥行程前の脱水時のドラム回転数を最大で約1,700 rpmにすることで、脱水率を約82%<sup>(注5)</sup>まで引き上げ、熱交換作用による仕事の負荷を低減することで、乾燥時間を短縮し消費電力量を低減できた。

また、熱交換機の凝縮温度と蒸発温度を最適化するため、コンプレッサのDSP (Digital Signal Processor) インバータ制御と電磁流量制御弁による冷媒流量制御を行い、更なる乾燥時間短縮と消費電力量のいっそうの低減を達成できた。

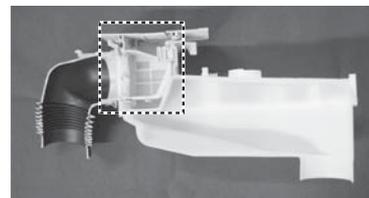
## 4 あとがき

アクティブ制御システムのコア技術であるアクティブS-DDモータに加え、新たにアクティブサスペンションを搭載したことで、

(注5) 電気工業会指定の試験布による。



(a) 開発品



(b) 従来品

図 8. 圧力損失低減フィルタ — 乾燥フィルタを大型化し、風の圧力損失の割合を抑制することができた。

Comparison of pressure loss reduction filters

9 kgの衣類の洗濯時間が35 minと、業界No.1の洗濯スピードを実現した。更に、進化した5世代目のヒートポンプエンジンの搭載で、6 kgの衣類を標準コースで洗濯乾燥したときの消費電力量が730 Whと、業界No.1の省エネを達成した。アクティブサスペンション関連で約100件の特許を申請中である。

今後は、更なるコスト低減を図るとともに、洗濯乾燥機の洗う、すすぐ、絞る、乾かすという四つの基本性能を更に向上させるため、積極的に技術開発を進めていく。

## 文 献

- 今井雅宏, ほか. ヒートポンプ搭載ドラム式洗濯乾燥機. 東芝レビュー. 61, 10, 2006, p.8-11.
- 田中照也, ほか. エアコンサイクル乾燥方式を搭載したドラム式洗濯乾燥機の紹介. 冷凍. 82, 951, 2007, p.57-61.
- 西脇 智, ほか. ヒートポンプ式ドラム洗濯乾燥機 TW-4000VF の省エネ技術. 東芝レビュー. 63, 10, 2008, p.15-18.



久野 功二 HISANO Koji

東芝ホームアプライアンス(株) 技術本部 ランドリー技術部 主務。ランドリーの開発・設計に従事。  
Toshiba Home Appliance Corp.



西村 好美 NISHIMURA Yoshimi

東芝ホームアプライアンス(株) 技術本部 ランドリー技術部 主務。ランドリーの開発・設計に従事。  
Toshiba Home Appliance Corp.



井澤 浩一 IZAWA Hirokazu

東芝ホームアプライアンス(株) 技術本部 家電機器開発部 主査。電子・電機機器の要素技術開発に従事。  
Toshiba Home Appliance Corp.