

新エコヒートポンプエンジン搭載のななめドラム式洗濯乾燥機

Slanted Drum-Type Washer-Dryer of the "New Eco Heat Pump Engine"

松岡 真二
Shinji Matsuoka

井上 貴裕
Takahiro Inoue

堀部 泰之
Yasuyuki Horibe

要 旨

東日本大震災以降の電力不足や、地球温暖化などの環境問題の一般化により、省エネ性に対するユーザーの関心が高まっている。そこで、筆者らは一歩進んだドラム式洗濯乾燥機の省エネ化技術の開発が必要と考えた。「新エコヒートポンプエンジン」とは、熱交換器の高効率化と自動洗浄機能、乾燥風路の圧力損失の低減を可能とした、省エネ化を狙いとするヒートポンプ方式の乾燥システムである。この技術の搭載により、洗濯乾燥運転時の消費電力量（定格6 kg時）について、業界トップクラスの600 Whを実現するドラム式洗濯乾燥機を開発できた。さらに、本体サイズをそのまま大容量（10 kg）化を実現する「コンパクト大容量化」、ムダを見つけて省エネ運転を行う「エコナビ技術の進化」を実現し、業界を牽引（けんいん）する省エネ化技術を開発した。

Abstract

With a shortage of electricity after the Great East Japan Earthquake and the generalization of social problems such as global warming, people have come to show increased interest in energy saving. Therefore we thought it was necessary to develop energy-saving technology that went a step further. The new "Eco Heat Pump Engine" is a heat pump-type dry system that can save energy. It uses a highly efficient heat exchanger and an automatic washing function, and reduces the pressure loss of the ventilation course when drying. With these techniques, we have developed a drum-type washing dryer with an energy-saving performance that makes it the industry leader for washer-dryers (with a 6 kg rating). Furthermore, by "making the product macroscale without changing its size" and evolving "ECONAVI" which is apparatus that finds waste and saves energy, we have developed energy-saving technology to lead the industry.

1. はじめに

当社は2005年にヒートポンプ乾燥方式を搭載した世界初のドラム式洗濯乾燥機（以下、ドラム洗）を開発し、従来のヒータ乾燥方式に比べて、電気代・乾燥時間を約1/2に削減、乾燥時の使用水量をゼロとした。

また、東日本大震災以降の電力不足や、国家レベルでの省エネ施策の推進、地球温暖化などの環境問題の一般化により、省エネに対するユーザーの関心・意識は急激に高まっている。加えて、ライフスタイルの変化や日本の住環境に対応したさらなる省エネ化の実現が求められている。

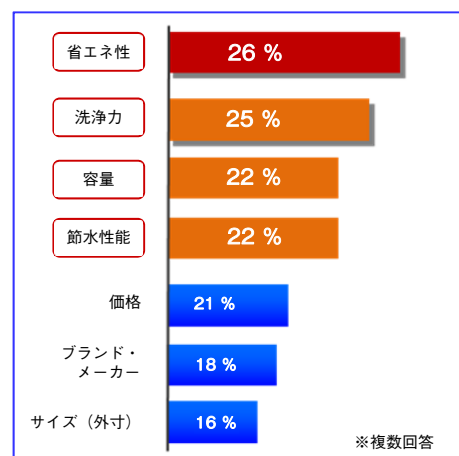
一方、一般的に縦型洗濯乾燥機よりも省エネ性に優れるにもかかわらずドラム洗の総需要は、ここ数年伸び悩んでいる。そこで、特徴である省エネ性を分かりやすく伝えることができる、一歩進んだ省エネ化を実現できるドラム洗の技術開発が急務と考えた。

2. 開発コンセプト

2.1 市場ニーズの把握

共働き世帯の増加などのライフスタイルの変化に伴い、

洗濯～乾燥までを自動で行うドラム洗への潜在ニーズは高いと推測される。当社ドラム洗の2012年の購入者アンケート（第1図）によると、ドラム洗の購入動機は省エネ性がトップで26%あり、続いて基本性能である洗浄力。さらにまとめ洗いなどの大容量化の意向も強く、「洗濯機の本質機能」を重視することがわかる。



2012年度定量調査1年未満購入者データより

第1図 ドラム洗の購入動機

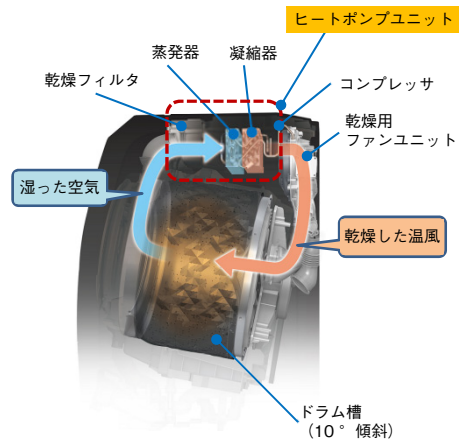
Fig. 1 Consumers' motive for purchasing a drum-type washer-dryer

2.2 省エネ化のコンセプト

そこで、市場ニーズを踏まえて、以下の3つの省エネ化コンセプトを実現するための技術開発を行った。

1. 洗濯～乾燥までの消費電力量が業界トップクラス
2. 「コンパクト大容量（10kg）化」で、まとめ洗いによる省エネ性の向上
3. 簡単操作で賢く省エネする「エコナビ^(注1)機能の進化」

ここで、比較対象の従来機種は、特に説明がない場合は、初めてヒートポンプユニットを現状と同じ機体上部に配置するトップマウント方式を搭載した2010年発売のNA-VX7000シリーズとする。

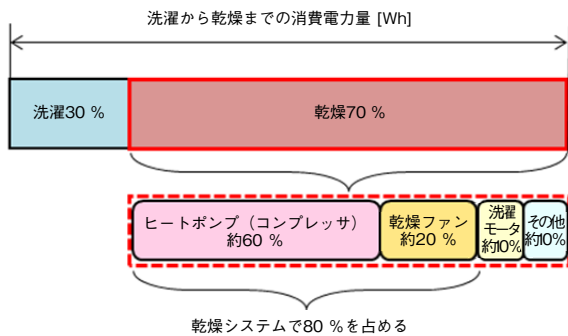


第3図 乾燥システムの構成
Fig. 3 Composition of the dry system

3. 省エネ化技術の開発

3.1 新エコヒートポンプエンジン技術

現状、ドラム洗の洗濯～乾燥までの消費電力量は、全体の約70%が乾燥工程である。その内訳として、ヒートポンプおよび温風を循環させる乾燥ファンモータがその大部分（約80%）を占めている。つまり、省エネ性の向上には乾燥システムの効率化を追求することが重点ポイントである（第2図）。



第2図 消費電力量の内訳
Fig. 2 Breakdown of the amount of electricity used

また、一般的な乾燥システムの課題として、熱交換器への乾燥リント（糸くず）の堆積などによる経年変化によって、乾燥時間が遅延し、消費電力量などの省エネ性が低下する傾向にある。

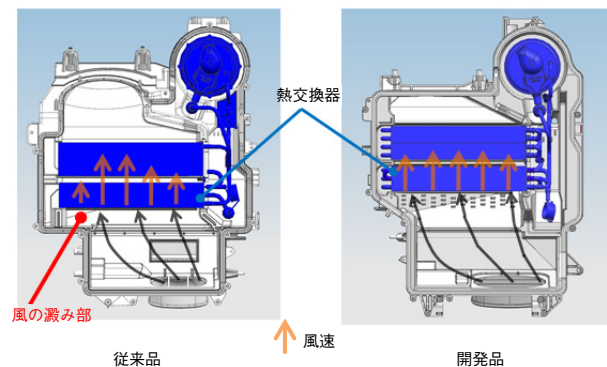
そこで乾燥システムの省エネ化を実現するため、「新エコヒートポンプエンジン」として、3つの技術開発に取り組んだ。第3図に乾燥システムの構成図を示す。

[1] ヒートポンプユニットの高効率化

ヒートポンプユニットとは、熱交換器（蒸発器：吸熱側熱交換器，凝縮器：放熱側熱交換器）とコンプレッサ（密閉型ロータリ式圧縮機，DCブラシレスモータ）で構成される乾燥システムの基幹ユニットである。

まず、10°傾斜しているドラム槽の上部，後方のスペースを利用し，乾燥用ファンユニットを従来の斜め配置から垂直配置に変更し，奥行き方向の寸法を短縮。

そのスペースを活用し，熱交換器の配列（蒸発器：5段3列→6段3列，凝縮器：5段4列→6段4列）を変更してサイズ拡大（容積比+12%）を図り，さらに風の澱（よど）み部を無くし流れを整流させることで風速の均一化を行い，風速ムラ低減を実現した（第4図）。



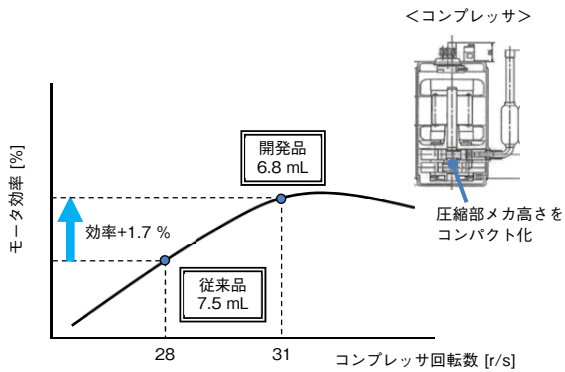
第4図 熱交換器の風の流れ
Fig. 4 Flow of the wind in a heat exchanger

その結果、従来機種比で熱交換効率を約10%向上させることができた。ここで、熱交換効率とは、除湿量/入力[g/Wh]を示す。

また、コンプレッサの効率向上として、DCモータを高

(注1) エコナビおよびECONAVIは、当社の登録商標または商標。

効率の動作点（従来よりも高速回転数域）で制御するために、シリンダ容積を約10%低減（7.5 mL→6.8 mL）し、モータ効率向上の結果、コンプレッサ効率が約1.7%向上した（第5図）。



第5図 コンプレッサの効率化
Fig. 5 Efficiency of the compressor

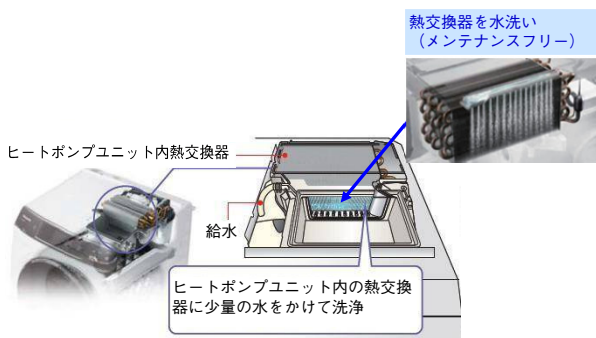
[2] 熱交換器の自動洗浄機能

長期間の使用にわたり省エネ性を維持するためには、熱交換器に付着したリントの洗浄が効果的である。加えて、その洗浄はユーザーの負担にならないよう、自動で行うことが望ましいと考えた。

当社ヒートポンプユニットが、機体上部に配置した独自の構成（トップマウント方式）であるメリットを生かし、ポンプやタンクなどを使用せずに、シンプルな熱交換器自動洗浄構成を開発した（第6図）。

本構成は、水道水から直接、熱交換器に水を噴射して洗い流した後、使用した水は除湿水排水経路を通して、ドラム槽に戻すことでムダ水が出ない節水構成とした。

その結果、乾燥性能（風量）を長期維持させる、「熱交換器の自動洗浄機能」を実現し、微小のほこりを乾燥終了ごとにきれいに洗い落とし、長期運転後（当社加速耐久7年相当）の風量低下を従来の約1/5に低減することが



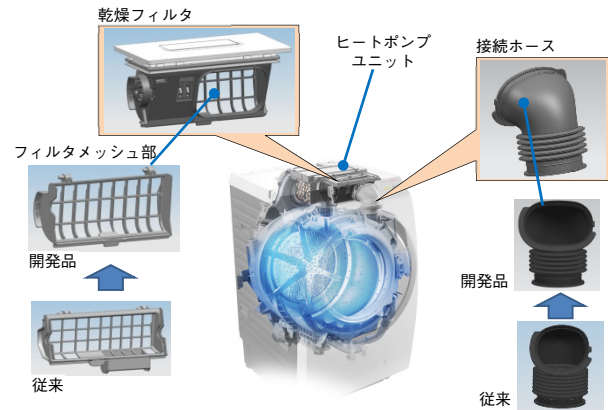
第6図 熱交換器の自動洗浄機能
Fig. 6 Automatic washing function of the heat exchanger

できた。

[3] 乾燥用ファンモータの消費電力抑制

乾燥風路における圧力分布を分析し、ボトルネックとなっていたいくつかの要素について新構成を確立した。

ポイントとなる“乾燥フィルタ”と“接続ホース”について説明する（第7図）。



第7図 乾燥フィルタと接続ホース
Fig. 7 Dry filter and connection hose

①乾燥フィルタの構成

通常、フィルタのメッシュ開口率を大きくすると圧力損失は低減するが、乾燥リントの捕集性が低下し熱交換器へのリント堆積が課題となる。ここで、前述の「熱交換器自動洗浄機能」を搭載することで、熱交換器へのリント堆積を防止し、乾燥リントの捕集性、メンテナンス性と圧力損失の低減を両立した。具体的には、フィルタ部の面積拡大（従来機種比+60%）およびフィルタのメッシュ開口率の変更（従来機種比約+18%）を行った。

②ドラム槽から乾燥フィルタへの接続ホース

ドラム槽から乾燥フィルタへとつながる接続ホースについて、乾燥フィルタ側の接続部形状を、従来の略円形状から略楕円（だえん）形状（横方向を長軸として楕円率を約0.7に設定）に変更することで、従来スペースのままホースの断面積を拡大し（従来機種比+30%）、圧力損失の低減と乾燥フィルタへの風の流れの均一化を実現した。

以上の取り組みなどにより、従来機種比で乾燥風路の全圧力損失を約30%（300 Pa）低減し、乾燥用ファンモータの消費電力量を約30%削減することができた。その結果、従来機種比で洗濯乾燥運転時（定格6 kg時）の消費電力量を約13%（90 Wh）低減した。

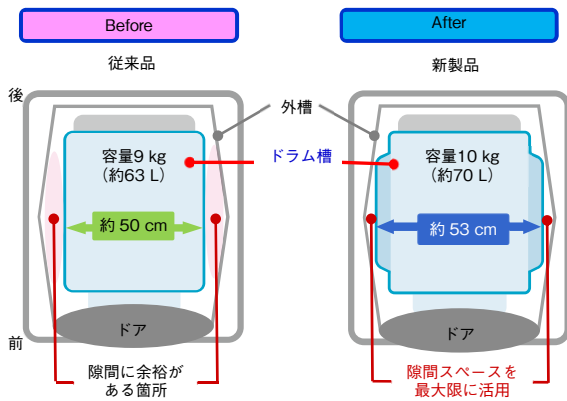
加えて、乾燥ファンモータの回転数を低減（従来機種比約12%）できたため、乾燥時の騒音が低減。また、

乾燥ファンモータの温度上昇も抑制し、冷却用ファンの廃止などコストダウンにも貢献した。

3.2 コンパクト大容量化技術

ドラム槽の直径を大きくすれば、まとめ洗いが可能になったり、乾燥シワの低減や洗浄力が向上するなど、さまざまなメリットがある。一方でドラム槽が大きくなった分、そのまま製品サイズを大きくすれば設置性が悪化し、また製品サイズがそのままでは、振動・騒音の課題が発生する。

そこで、ドラム槽とそれを覆っている外槽との従来活用されていなかった隙間に着目し、ドラムの中央を拡大させるエキスパンド工法を採用することで、隙間スペースを活用するとともに、振動抑制技術で従来の製品幅約60 cmをそのままにして大容量化(10 kg)を実現した(第8図)。



第8図 コンパクト大容量化
Fig. 8 Compact and large-capacity

[1] エキスパンド工法

ドラム槽の基本直径は従来機種と同じ直径約50 cmで、中央部分のみ内側から拡大(エキスパンド)して直径約53 cmとする。ドラム槽の上下部分が従来と同じ直径約50 cmのため、他部品との干渉を回避でき、また従来の組み立て設備などを共用しやすいメリットがある。

[2] 振動抑制技術

下支えサスペンション構成から上吊(つ)りサスペンション構成に変更し、ダンピング部材を従来の垂直方向のみから角度を設けて傾斜方向に配置可能とすることで、特に従来難しかった左右方向の振動の抑制を可能とした。

その結果、ドラム容積を、従来の約63 L(洗濯容量9 kg)から約70 L(洗濯容量10 kg)に拡大でき、ドラム内での衣類転動を促進させるとともに、乾燥シワの低減(当社シワ評価基準:約10%向上)を実現した。

また、大容量化の実現により、省エネ効果の高い“まとめ洗い”のさらなる活用を提言した。ここで、“まとめ洗い”とは衣類をまとめて一度に多量に洗濯すること、“小分け洗い”とは、少量に分けて洗うことである。省エネ効果の一例を以下に示す(第1表)。

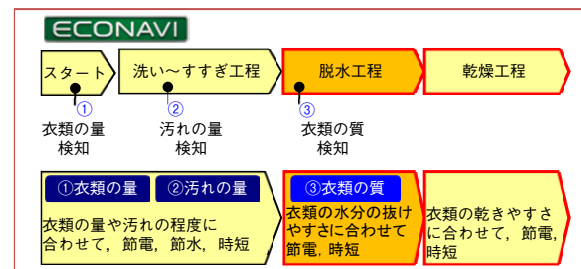
第1表 まとめ洗いによる省エネ効果の一例

Table 1 Example of the energy saving effect

	条件	消費電力量	使用水量
小分け洗い	衣類3.3 kgを 3回洗濯	合計 約200 Wh	合計 約190 L
まとめ洗い	衣類10 kgを 1回洗濯	約 70 Wh	約 78 L

3.3 エコナビ技術の進化～布質検知～

従来“エコナビ”として、洗い～すすぎの工程で、衣類の量や汚れ度合いに合わせて節電、節水、時短を行っている。今回、新たに脱水工程において衣類の質(綿や化繊の割合)を検知し(布質検知)、その条件に合わせて脱水工程、乾燥工程の節電、時短を可能とした(第9図)。



第9図 エコナビ運転の流れ
Fig. 9 Flow of ECONAVI operations

[1] 布質検知技術

従来の洗濯機は、洗い～すすぎの工程において2つのセンサ(布量センサ、汚れセンサ)で衣類の量や汚れの程度に合わせて、洗い時間や洗い水量・すすぎ水量を調整し洗濯することで、消費電力量の削減および節水を実現してきた。

ところが衣類の布質については洗い～すすぎの工程では検知せず、乾燥工程開始から約1時間経過時の温風温度検知用サーミスタ温度を用いて布質を推定し、その推定結果からコンプレッサの回転数を布質に最適になるように制御していた。すなわち、乾燥工程開始から約1時間経過するまでの間は、乾きやすい化繊の比率が多い衣類であっても、乾きにくい綿の比率が多い衣類において規定の乾燥度合いを満足するコンプレッサの回転数で乾燥が行われ、結果的に過剰なエネルギーを投入した乾燥制御

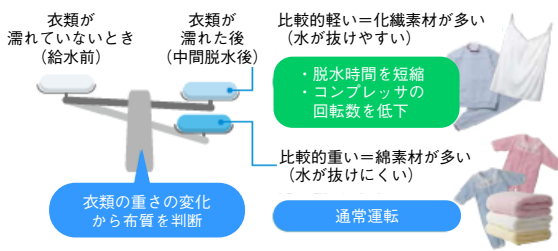
となっていた。

そこで、洗濯～乾燥までの一連のなかで最もエネルギー消費割合の高い乾燥工程に入る前（脱水工程）に衣類の布質（脱水率）を判定する新たな布質検知を開発した。それにより、乾燥工程の開始初期からコンプレッサの回転数を最適制御することでさらなる消費電力量の削減が可能となった。

[2] 検知方式の考え方

検知したい物理量である脱水率（水分の抜けやすさ）をとらえるため、ドラム回転の慣性モーメントM（ $M = mr^2$ 、m：衣類重量、r：ドラム槽の半径）を「衣類が濡れる前の重量：m」と「衣類が濡れた後の重量：m'」で各々測定し、それらの比率で相対的に判断する（第10図）。

- 1) スタート直後に衣類量を判定（乾布重量：m）
- 2) すすぎ工程後に再度衣類量を判定（湿布重量：m'）
- 3) 乾布重量／湿布重量：m/m'の比で布質を判定



第10図 布質検知手段
Fig. 10 Means of detecting the kind of cloth

以上から、洗濯乾燥時は、乾燥工程の開始初期から衣類の布質に応じてコンプレッサの回転数を最適制御することで、洗濯乾燥運転時（3 kg時）に従来のエコナビでは最大約9.3 %の実消費電力量の削減であったのに対し、最大約20.4 %の実消費電力量の削減が実現可能となった。（化繊比率85 %の衣類の場合）

また本方式では、運転前と運転途中の衣類の重量変化で判定するため、機器間のばらつきや経年変化の影響を受けにくく、安定した布質の判定が実現可能である。

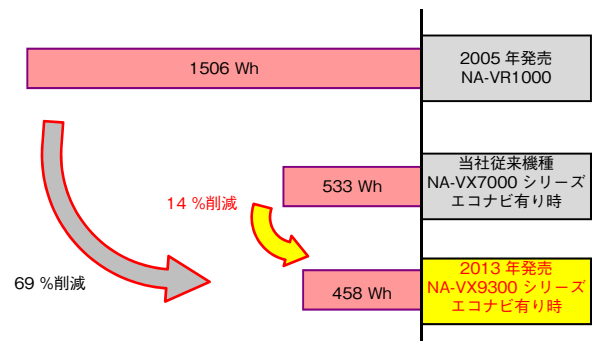
4. 省エネ性

本技術を搭載した2013年発売NA-VX9300シリーズは、洗濯乾燥運転時の消費電力量が600 Wh（定格6 kg時）^(注2)

(注2) (一社)日本電機工業会自主基準「乾燥性能評価方法(2009年11月19日改定)」による

であり、ヒートポンプ乾燥方式およびヒータ乾燥方式のドラム洗の他社性能と比較すると、業界トップクラス（2013年7月現在）である。

従来機種、および当社2005年度商品（ヒートポンプ乾燥方式を搭載した世界初のドラム洗）との洗濯乾燥時の実消費電力量（3 kg時）を比較したデータを第11図に示す。従来機種と比較すると、洗濯乾燥時の実消費電力量（3 kg時）は14 %の削減を実現し、定格容量洗濯時の洗濯物1 kgあたりの使用水量では2 %、消費電力量は20 %の削減をそれぞれ実現した。また、2005年度商品と比較すると、洗濯乾燥時の実消費電力量（3 kg時）は69 %の削減と大幅な省エネを実現し、定格容量洗濯時の洗濯物1 kgあたりの使用水量では9 %、消費電力量は34 %の削減をそれぞれ実現した。



第11図 洗濯乾燥運転時の実消費電力量（3 kg時）
Fig. 11 Amount of electricity used (3 kg) in a washer-dryer

5. まとめ

今回「新エコヒートポンプエンジン」「コンパクト大容量化」「エコナビの進化」の技術開発により、洗濯乾燥運転時の消費電力量（定格6 kg時）について、業界トップクラスの600 Whを実現し、さらに本体サイズをそのまま大容量（10 kg）化と、エコナビ機能の進化で従来機種比14 %の実消費電力量削減（3 kg時）などを実践し、業界を牽引する強い商品を開発することができた。

また、該当シリーズにおいて以下の各賞を受賞し、洗濯機事業に貢献できた。

- ・2013年度グッドデザイン賞
主催 公益財団法人日本デザイン振興会
- ・ユニバーサルデザイン賞 2014
主催 ドイツユニバーサルデザイン協会
- ・平成25年度 省エネ大賞 製品・ビジネスモデル部門
省エネルギーセンター会長賞
主催 一般財団法人省エネルギーセンター

今後も世界的なエネルギー問題を背景とした、社会の省エネ意識の高まりは継続すると考える。

ドラム洗の本質機能の向上を図るとともに、例えば、創エネルギーや蓄エネルギー技術など、さらなる省エネ性向上を目指した技術開発、価値創造に取り組みたい。

参考文献

- [1] 田原巳紀夫 他, “ヒートポンプ乾燥方式ななめドラム洗濯乾燥機,” *Matsushita.Tech.Jour.*, vol. 51, no. 6, pp. 13-17, 2006.

執筆者紹介



松岡 真二 Shinji Matsuoka
アプライアンス社
ランドリー・クリーナー事業部
Laundry Systems And Vacuum Cleaner Business
Div., Appliances Company



井上 貴裕 Takahiro Inoue
アプライアンス社
ランドリー・クリーナー事業部
Laundry Systems And Vacuum Cleaner Business
Div., Appliances Company



堀部 泰之 Yasuyuki Horibe
アプライアンス社
ランドリー・クリーナー事業部
Laundry Systems And Vacuum Cleaner Business
Div., Appliances Company