

「もっと便利に」 洗濯機における全自動化への流れ

"More Convenience" Flow to All Automation of Washing Machine

大杉 寛 小池 敏文 鈴木 好博
Ohsugi Hiroshi Koike Toshifumi Suzuki Yoshihiro

洗濯は昔から家事の中でも時間と労力のかかる作業である。日立は、1946年に洗濯機の開発を始めてから今日まで、ユーザーが求める「もっと便利に」というニーズを実現するため、技術革新に取り組んできた。現在は洗濯乾燥機が主流になりつつあり、新型ビートウォッシュのセンシング技術、洗濯乾燥機での衣類の仕上がりを格段に向上させたドラム式洗濯乾燥機での「風アイロン」、日立独自の省エネルギー技術「ヒートリサイクル乾燥」など最新技術を搭載した洗濯乾燥機が好評を得ている。

1. はじめに

日立洗濯機の開発¹⁾は1946年から始まり、1952年の洗濯機1号機以来、世の中の動向、ライフスタイルの変化、環境意識の高まりなどとともに進化を遂げてきた。洗い・すすぎだけの一槽式から始まり、脱水槽を追加した二槽式、洗濯の全自動化、そして現在は乾燥までを自動で行う洗濯乾燥機へと主流は変化しつつある。これらは、消費者のニーズであるとともに、技術者としての欲求でもある「もっと便利に」という考えを追求することにより生まれた技術革新である。例えば「風アイロン」は、家事の中でも負担が大きく、ユーザーの多くが面倒だと感じているアイロンがけをなくすことを目標として開発したものであり、「もっと便利に」の代表的な技術である。

ここでは、全自動化への流れに伴う技術と、洗濯乾燥機の新技術の中から、日立独自の技術である「風アイロン」、ヒートリサイクル乾燥について述べる。

2. 全自動化の流れ

1961年に発売した全自動洗濯機の1号機SC-AT1 (図1参照) は、日本で初めての本格的な攪拌(かくはん)式全自動洗濯機であり、当時の日立技術のシンボルであった。洗濯機の頭脳に相当し自動運転させるタイマーや、水位を

自動制御する圧力スイッチ、自動給水用の電磁弁など一つ一つを自社製作して作り上げた製品である。

高度成長による生活水準の向上、生活意識の変革、洗濯機性能の目覚ましい進歩、各メーカーの普及への努力などが相まって、洗濯機の普及率は1963年に60%台に達し、「タライ文化」は都市部ではほとんど見られなくなっていた。これに伴い、ユーザーの要望も「より便利な機能を持つもの」へと変わってきた。脱水が付加価値として要望され、脱水機付きへと変化していった。以降の主流は二槽式洗濯機であり、日立洗濯機も二槽式「ペア」で大躍進をしたが、それに満足することなく、4年前から継続して全自動洗濯機に取り組んでいた。そして、1965年、世界初の渦巻き式全自動洗濯機PF-500「ノンタッチ」を誕生させることとなる。その後、洗濯機は全自動にシフトしていくが、日立はその基礎を「青空」で築き、マイコンの搭載とともにさらに高機能化していった。

1980年代になると、「働く主婦」という言葉が一種の流行語となり、それに伴ってマスコミ報道にも「家事の省力化」という言葉がしきりに見られるようになる。市場調査



図1 | 全自動洗濯機「SC-AT1」スクリーンショット
日本で初めての本格的な攪拌(かくはん)式全自動洗濯機である。

の結果も「汚れたから洗う」から「着たから洗う」への生活習慣の変化を示し始めていた。日立は一気に全自動洗濯機への流れを築くべく、「布地を傷めず布のからみを少なくする」機能を追求し、「からまん棒」を誕生させた。

この登場は長らく伸び悩んでいた全自動洗濯機の需要を一気に活性化し、全自動時代が到来した。また、マイコン制御による自動化競争も始まり、日立は布量センサー、水位センサー、さらには温度センサーを組み込み、液体洗剤を自動で計量・投入する機能も開発した。

その後、働く主婦が夜間に洗濯しても気にならない音の静かな「静御前」、多機能・高性能ながら簡単操作を実現した「これっきりボタン」、ステンレス槽で高速脱水を実現した「カラッと脱水」、節約という意識の広まりの中、風呂の残り湯をバケツでくみ出す労力を解決するために、コンパクトな自吸式ポンプを本体に搭載した「お湯取物語」など、多機能・高性能化とともに生活実態に即した便利機能を磨き上げて常に市場をリードしてきた。

1990年代にかけて、洗浄力、節水、省エネルギー、静音といった技術で各社がしのぎを削る中、「白い約束」では軟水化装置を内蔵し、「洗浄力は日立」の地位を築いた。技術は変遷しているが、現在もその財産を引き継いでいる。

そして1990年代後半、ドラム式の洗濯乾燥機がいよいよ登場するが、使い勝手や振動・騒音面から普及が伸び悩んでいた。日立は2001年、構造的に音や振動が小さく、慣れ親しんだ使い勝手と全自動洗濯機タイプと同等サイズの縦型洗濯乾燥機NW-D8AX（図2参照）を発売し、これが大ヒットとなった。洗浄性能を向上させるため、洗剤を少量の水で、モータを使い攪拌してクリーミーに濃縮し、あらかじめ湿らせた衣類に希釈散布、浸透させてから洗う「浸透イオン洗浄」を採用した。また、乾燥システムには「水冷除湿乾燥」を採用、除湿効率を上げるため、循環ダクト内に蛇行リブの付いたステンスプレートをを用いて、湿気を室内に出すことなく、乾燥効率を向上させた。この洗浄



図2 | 縦型洗濯乾燥機「NW-D8AX」
全自動洗濯機タイプと同等サイズの縦型洗濯乾燥機である。

と乾燥技術、そしてコンパクト化に関する技術力が社外においても高く評価され、洗濯機では初となる日本機械学会賞（2002年度）を受賞した。

その後、縦型で培った技術に加えてまったく新しい洗浄・乾燥方式を開発し、2004年に「ビートウォッシュ」として発売した。ビートウォッシュはユニークな形状の羽根「ビートウィング」と、高濃度洗剤液を循環ポンプで繰り返し衣類に振りかける方式を採用することにより、高い洗浄力と、縦型ながらドラム式と同等の節水性を実現した（図3参照）。

また、2006年には最後発ながら日立独自の技術を満載したドラム式洗濯乾燥機「ビッグドラム」を発売した（図4参照）。

ドラム式で洗浄力、乾燥仕上がりを最大限に引き出すため、業界最大径^{※1)}と容積^{※1)}を持つドラムを採用したが、相反して増大する振動を解決する必要があり、日立製作所機械研究所を中心に対応を検討した。また防振系の最適化だけでなく、槽を支えるサスペンションに、振動が大きい回転起動時には大きな減衰力を、振動が小さい定常回転時には小さな減衰力を持つ低振動化技術「ツインアクション

※1) 2006年11月20日当時。家庭用洗濯乾燥機において

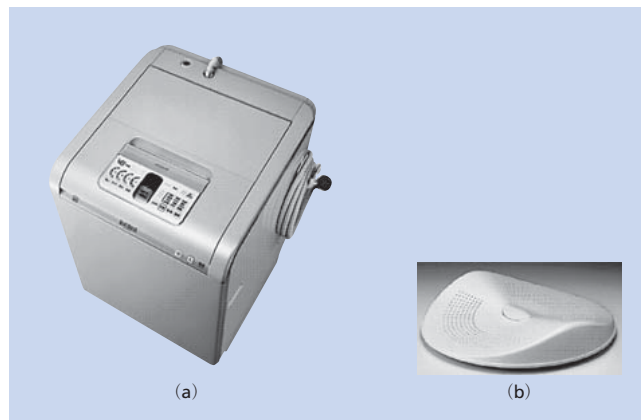


図3 | ビートウォッシュ「BW-DV8E」(右: ビートウィング)
縦型のビートウォッシュ(a)はユニークな形状の羽根ビートウィング(b)を採用し、ドラム式並みの節水性を実現した。



図4 | ビッグドラム「BD-V1」
ドラム式洗濯乾燥機「ビッグドラム」は日立独自の技術を満載している。

サス」を、日立製作所のオートモティブシステムグループ（当時）との共同開発で実現した。このほか、衣類が片寄せた際のアンバランスを打ち消す方向に働く流体バランスを5層化し、槽の振動を的確に検知する二つの振動センサーを採用して製品化にこぎつけた。ドラム式ではきわめて高い洗浄力と乾燥仕上がりを実現できたが、これに満足することなく翌年には画期的な「風アイロン」を開発し、大好評を博した。

「ビートウォッシュ」、「ビッグドラム」とともに、現在も進化を続けており、その技術の一部について次に述べる。

3. 最近の自動化技術

3.1 センシング

洗濯機や洗濯乾燥機は多種のセンサーによって制御されている。布量センシングは、洗濯物の量をモータ負荷で検知して適正な洗剤量を知らせるとともに、最適な水量や運転を行うようにするものである。水位センサーは、決められた水量を的確に給水するために圧力検知を用いている。振動センサーは、脱水起動時に洗濯物の片寄せによる槽の過大振動を判定する検知レバーや、振動の大きさにより出力が変化する圧電素子を用いて脱水回転数を制御している。また、複数の温度センサーによって乾燥具合を検知して自動で運転を終了させたり、吹き出し温度の最適化を図っている。

ほかにも糸くずや埃（ほこり）がフィルタにたまっていることを知らせるための負荷電流によるセンシングなど、安全性の確保や性能維持のために数々のセンシングを行ってきた。

最新の「ビートウォッシュ」では、これに加えて各家庭の水に合わせてエコな洗濯ができるように「eco 水センサー」システムを採用している²⁾ (図5参照)。

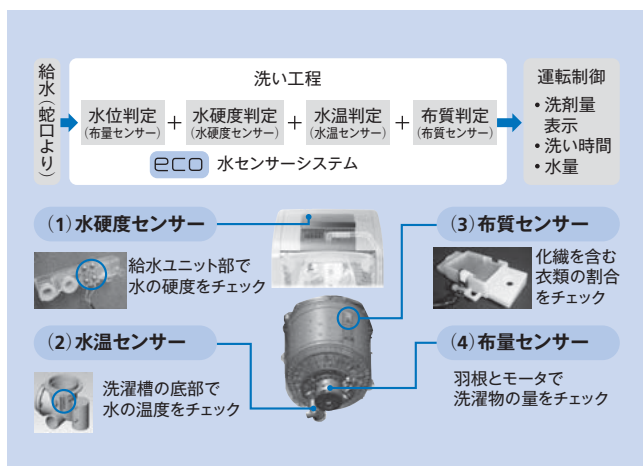


図5 | ビートウォッシュ「BW-D9LV」搭載「eco 水センサー」システム
「eco 水センサー」システムは水硬度、水温、布質、布量のそれぞれのセンサーから構成される。

このシステムは、一対の電極を用いた「水硬度センサー」、サーミスタによる「水温センサー」、3D (3-dimensional) 加速度センサーによる「布質センサー」、モータにかかる負荷で判定する「布量センサー」から構成されている。水の中に含まれるカルシウムイオンやマグネシウムイオンなどの金属イオンは界面活性剤と結合し、金属せっけんとなり、洗浄に対して寄与しなくなる。

また、水温も汚れや洗剤の酵素の働きに影響して洗浄力が変化する。硬度は浄水場などの給配水施設ごとに異なり、水温も季節などで変化する。このシステムでは水に着目し、布量・布質と合わせて検知して、表示される洗剤量や洗濯時間、水量を調整してエコ運転を可能にした。

3.2 仕上がりのよい乾燥「風アイロン」

洗濯乾燥機の課題は、省エネルギー(低消費電力量、短時間乾燥)と仕上がり向上(しわが少ない仕上がり)である。また、乾燥後のアイロンがけを負担に感じている人が多い。そこで、しわが少なくアイロンがけの手間を省力化した乾燥技術「風アイロン」を開発し、「ビッグドラム」に搭載した(図6参照)。

ドラム式洗濯乾燥機の場合、衣類の量に対してドラム径と容積が十分大きいと、ドラム内で持ち上げられた衣類が落下するときに広がるため、しわの少ない乾燥仕上がりとなる。「ビッグドラム」は、業界最大容量^{※2)}のドラムを採用しており、優れた仕上がりであった。衣類のしわは、衣類が湿っていると簡単に取ることができるが、しわが付いたまま乾燥すると、伸ばすことが難しくなる。したがって、衣類が湿っているうちから、しわを伸ばしながら乾燥することがさらに仕上がりを向上させるポイントとなる。

※2) 2007年10月20日当時。家庭用洗濯乾燥機において

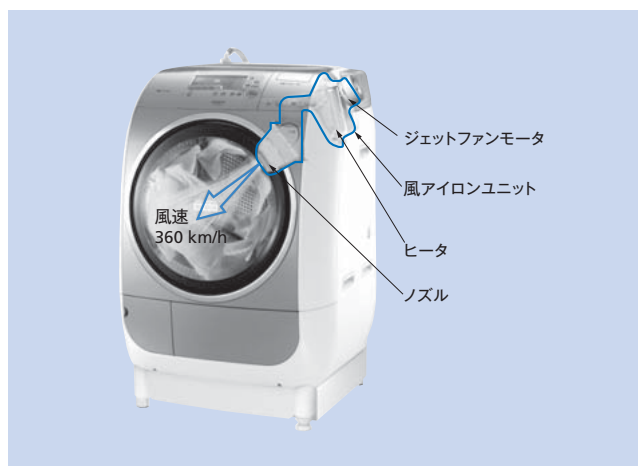


図6 | 「風アイロン」の構造
ジェットファンモータによる高圧の風をヒータで加熱し、ノズルから高速の風をドラム内の衣類に吹き付け、しわを伸ばしながら乾燥を行う。

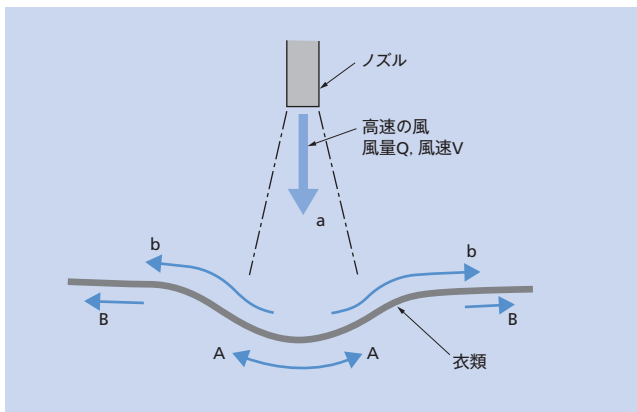


図7 | 風アイロンでしわが伸びる原理
風が衣類を押し下したり、引っ張ったりすることでしわが伸びる。

また、これ以上ドラムを大きくすると本体幅が広がり、設置性が問題となる。そこで、衣類を広げるために、乾燥中にドラム内に吹き出している温風を高速または大風量化し衣類に直接当て、風の力で衣類を広げることを発想した。

風を当てるとしわが伸びる原理は、次のとおりである(図7参照)。衣類には、同図中の風aで衣類を押し下力Aと、衣類表面を流れる風bで衣類を左右に引っ張る力Bが作用し、しわを伸ばす。これらの力は、風量Qと風速Vに比例する。風量を増やすことは装置の大型化につながるため、風量は従来と同程度とし、風速を高めることにした。

そして、アイロンがけをしなくても、そのまま着られる仕上がりをめざし、最適な風速、風量、ノズル形状などを検討した結果、風速100 m/s(時速360 km)、風量1.65 m³/minとし、ドラム右上部に配置したノズルからドラム底面のほぼ中央に向かって風を吹き出すようにした³⁾。

この風速、風量を実現するために高圧力、低騒音のファンモータ「ジェットファンモータ」を開発した(図8参照)。ファンの開発には、機械研究所の「多目的ロバスト最適化技術」を適用し、量産による寸法ばらつきを考慮し、ファン効率と流体騒音を同時に最適化した⁴⁾。ファンはアルミ合金製で、製造には掃除機の技術を応用した。

また、モータの開発には、日立研究所の「三次元磁界解



図9 | 衣類の量2 kgでの仕上がりが比較例
しわになりやすかった綿のカジュアルシャツでも、そのまま着られる仕上がりを実現した。

析技術」を適用した。磁極開度の大きいロータと小さいロータを組み合わせ、磁力による脈動トルクを小さくして低振動化し、低騒音で高効率なDC(Direct Current)ブラシレスモータを実現した。また、サイレンサの内蔵やモータの防振支持構造の採用、ノズル形状の最適化などで音質にも配慮しながら低騒音化した。開発したファンモータは、1万4,000 r/min(従来4,750 r/min)に高速回転化し、圧力7,000 Pa(従来700 Pa)、出力400 W(従来40 W)と従来品に比べ大幅に高性能でありながら、ほぼ同程度の大きさを実現した。

「風アイロン」は、衣類の量が2 kgの場合は、そのまま着ることができる程度の仕上がりを実現し(図9参照)、4 kgの場合でもアイロンがけの手間を大幅に軽減する仕上がりを達成した。

3.3 省エネルギー乾燥「ヒートリサイクル乾燥」

省エネルギー化にあたっては、代替フロンガスを用いたヒートポンプを搭載する方式も検討したが、環境負荷を考慮し、これまでと同様のヒータ方式で消費電力量の大幅削減をめざした。そして、モータの排熱や本体内部に蓄積された熱エネルギーを回収再利用する「ヒートリサイクル乾

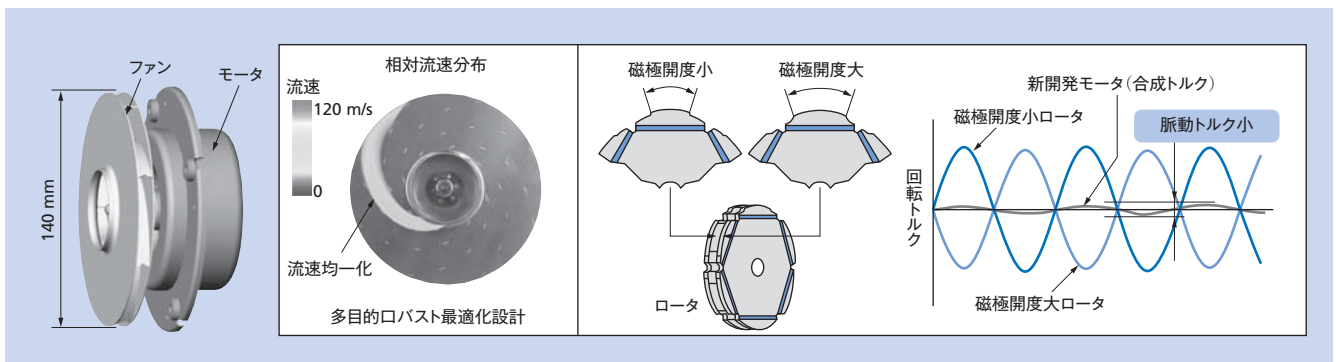


図8 | ジェットファンモータ
ファンは多目的ロバスト最適化設計技術で、モータは三次元磁界解析技術で開発し、高効率と低騒音を実現した。

燥」というまったく新しい省エネルギー乾燥技術を開発した。

乾燥工程前の脱水運転時に、ドラムを駆動するメインモータが高速回転することにより、高い熱エネルギーを発生する。発生した熱エネルギーを熱伝導により、メインモータの駆動軸を通じてドラムに伝え、ドラム内部の衣類を温めて脱水性能を向上するとともに水分の蒸発を促進させた(図10参照)。

乾燥工程の前半では、ヒータで温めた温風をドラム内に送り込み、効率的に乾燥する。このとき、洗濯乾燥機本体内部の空気は、洗濯・脱水・乾燥の各工程でメインモータやファンモータ、ヒータから発生する熱エネルギーによって温められ、本体内部の上部にたまっていく。

乾燥工程の後半で、本体上部にたまった温められた空気の持つ熱エネルギーを乾燥空気循環経路に設けた開閉機構「エコフラップ」を開けることでドラム内に吸引して、温風として衣類に吹き付け、乾燥運転に再利用した(図11参照)。

また、「風アイロン」の高速風は、空気から衣類への熱伝達を高め、衣類からの水分の蒸発を促進させる。さらに、空気は、ファンモータで圧縮され温度が上昇するとともに

モータから発生する熱エネルギーもアルミ合金製のファンを通して空気に取り込み、乾燥に使用され、ヒータの消費電力量が抑えられる。

これらにより、定格6 kgの洗濯乾燥時の消費電力量980Whを達成し、従来機種に比較してほぼ半減させた。

4. おわりに

ここでは、全自動化への流れに伴う技術と、洗濯乾燥機の新技术の中から、日立独自の技術である「風アイロン」、「ヒートリサイクル乾燥」について述べた。

洗濯機では汚れを落としきれないと感じ、予洗いしてから洗濯機に入れたり、乾燥仕上がりに満足できず、湿った状態で取り出してつり干ししたりするユーザーもいる。「もっと便利に」とは運転の自動化だけではない。そこにユーザーの満足があって初めて実現したと言えるはずである。洗濯はいまだに家事の中でも労力と時間がかかる作業である。「もっと便利に」の追求はまだ先があり、尽きることはない。日立グループは、今後もさらなる向上をめざして技術開発を進めていく。

参考文献など

- 1) 日立ホーム・アンド・ライフソリューション株式会社:日立洗濯機50年史(2002年)
- 2) 日立アプライアンス株式会社:ニュースリリース,
<http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2010/05/0526a.html>
- 3) 小池, 外:ドラム式洗濯乾燥機の高仕上げ乾燥技術の開発, 日本機械学会IIP2008情報・知能・精密機器部門講演会講演論文集, p.216(2008)
- 4) K.Sugimura: Kriging-Model-Based Multi-Objective Robust Optimization and Trade-Off Rule Mining of a Centrifugal Fan with Dimensional Uncertainty, Journal of Computational Science and Technology, Vol.3, No.1(2009)

執筆者紹介



大杉 寛
1980年日立製作所入社, 日立アプライアンス株式会社 家電事業部 多賀家電本部 家電第一設計部 所属
現在, 洗濯乾燥機の開発・設計に従事



小池 敏文
1974年日立製作所入社, 機械研究所 生活家電研究部 所属
現在, 洗濯乾燥機の研究開発に従事
日本機械学会会員



鈴木 好博
1989年日立製作所入社, 日立アプライアンス株式会社 家電事業部 多賀家電本部 家電第一設計部 所属
現在, 洗濯乾燥機の開発・設計に従事

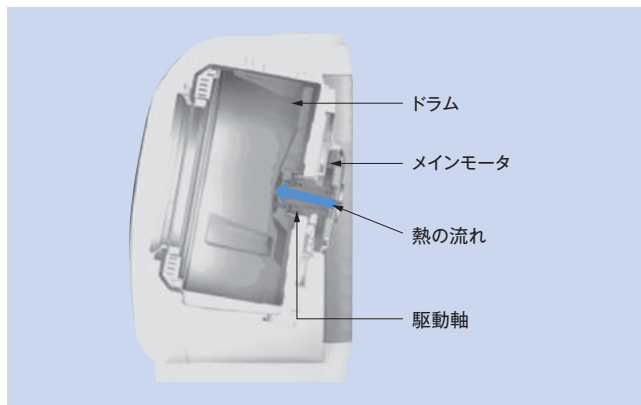


図10 | 高速脱水中の熱の流れ
メインモータの熱エネルギーをモータシャフトを通してドラムに伝える。

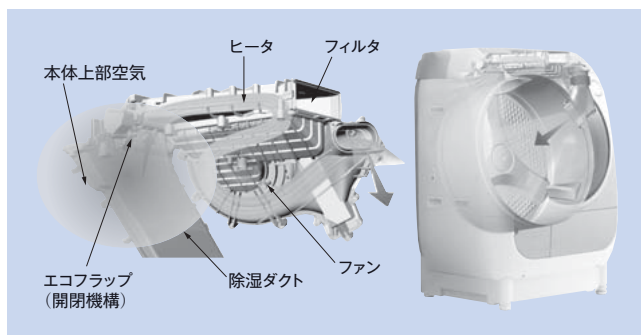


図11 | ヒートリサイクル乾燥
本体上部にたまった熱エネルギーを、エコフラップから吸引して温風として再利用する。