

# エコナビ，Wジェットシャワーとヒートポンプ乾燥方式によるドラム式洗濯乾燥機の省エネ性能の向上

Improvement of Energy Conservation of Drum-Type Washer/Dryer by "ECONavi", Double-Jet Shower, and Heat-Pump Drying Method

安井利彦  
Toshihiko Yasui

内山 亘  
Wataru Uchiyama

菊川智之  
Tomoyuki Kikukawa

縄間潤一  
Jun-ichi Nawama

堀部泰之  
Yasuyuki Horibe

村尾 剛  
Tsuyoshi Murao

## 要 旨

ドラム式洗濯乾燥機において、泥汚れセンサと汗汚れセンサの2種の汚れセンサを用いることにより、目に見えない汚れまでも検知して洗濯物のすべての汚れ量を精度よく検知することで、洗濯物の汚れ量が少ないと判断した場合には水量を節約し洗濯時間を短縮する制御を行う、洗濯機の「エコナビ」機能を開発した。「エコナビ」機能を搭載したドラム式洗濯乾燥機では、とくに汚れ量が少ない場合には、最大で10%省エネ、7%節水、15%時短を実現した。

また、ヒートポンプ方式の乾燥技術や洗浄技術の進化による基本性能の向上によって、省エネ効果のいっそうの向上を行った。

## Abstract

An "ECONavi" function for washing machines that is able to shorten washing time when laundry dirt is light has been developed by the highly accurate detection of laundry dirt in a drum-type washer/dryer using a dirt-detection sensor and perspiration-detection sensor.

With "ECONavi" functions in a drum-type washer/dryer, a maximum of 10% conservation of energy, 7% reduction of water and 15% reduction of time are achieved when laundry dirt is light.

Also, further improvement of the energy-saving effect was achieved by improving the basic performance through the evolution of heat-pump drying technology and washing technology.

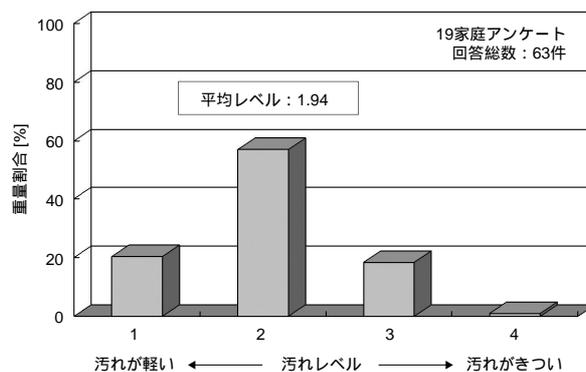
## 1. はじめに

近年、ドラム式洗濯乾燥機の購入で重視するポイントとして「省エネ」「節水」が上位にあり、エコ性能のさらなる向上が求められている。

従来の洗濯機では、洗濯物の重量のみで洗濯時間や水量などを制御しているため、日常の汚れの少ないと思われる洗濯物でも、汚れが最も多い状態で規定の洗浄度を満足する時間・水量で洗濯が行われ、過剰な洗濯を行っていた。家庭の洗濯物の汚れレベルの衣類量割合を、目で見えない汚れを含めた汚れ量として指定した指標で4つのレベルに分類するアンケートを行った結果、第1図に示すように汚れの軽いものがほとんどである。このため、汚れ量が少ないほど時短、節水しても規定の洗浄度を満足させることが可能である。

本稿では、洗濯物の汚れ量を2種の汚れセンサを用いて判定し、汚れが少ない場合には必要な時間・水量を節約する制御を行うことで省エネできる「エコナビ」機能を開発したので報告する。

さらに、ドラム式洗濯乾燥機における省エネ技術として、2008年の製品より用いているジェットシャワー洗浄



第1図 家庭衣類の汚れレベル割合

Fig. 1 Dirty level ratio of home laundry

による洗浄技術の時短・省エネの進化と、2005年より採用しているヒートポンプ乾燥方式について述べる。

## 2. 「エコナビ」機能の開発

洗濯機の「エコナビ」機能は、洗濯物の汚れが軽い場合に洗濯に必要な時間・水量を節約するように制御するため、洗濯物の汚れの検知が必要である。

本章では、洗濯物の汚れ検知のために用いる汚れセンサのデバイスの開発と、汚れ測定の方法や精度の向上の取り組みについて説明する。

## 2.1 汚れセンサの原理と構成

従来、洗濯物の汚れを検知するために、光センサを用いた洗濯液の透過度を検知するセンサによって、洗濯物から洗濯液に溶け出す汚れの量を検出する方法が多く考案されてきた。

洗濯物の汚れの多くは人体由来の汚れであり、皮脂、表皮角質、汗が多くを占めている。皮脂やその他の油汚れは、洗剤に溶けると乳化して白濁する<sup>1)</sup>。つまり、皮脂は洗濯液の中では土埃や食べこぼしの色素成分などとともに目に見える汚れである。しかし、汗や食べこぼしの塩分などの汚れは目に見えず、光センサを用いても検知できない。

このため、洗濯物の汚れ量を正確に検知するためには、目に見える汚れのみでなく、目に見えない汚れ成分の量を測定できる汚れセンサが必要となる。

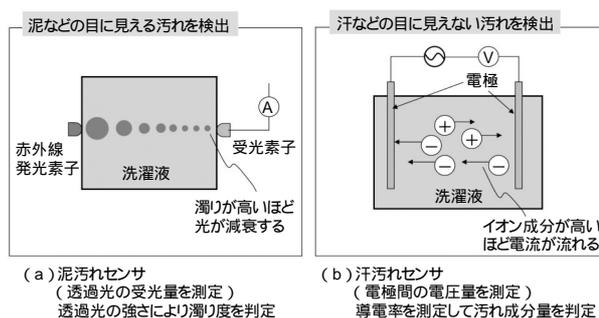
そこで、今回開発を行った汚れセンサは、光の透過度を測定することで泥や皮脂など洗剤によって洗濯液に溶け出した目に見える濁りを検出する「泥汚れセンサ」と、電極によって洗濯液の電流の通りやすさを測定することで汗などの目に見えない電解質を検出する「汗汚れセンサ」の2つのセンサで構成した。

### 〔1〕泥汚れセンサ

泥などの目に見える汚れ量を検知するセンサで、第2図(a)に示すように、洗濯液の透過光の受光量を測定し、洗濯液の濁りが高いほど洗濯液中を透過する光が減衰することを利用して透過光の強さにより濁り度を判定する。実際には、赤外線発光素子から発光した光を洗濯液を介して受光素子によって受けて、光の強度に応じて流れる電流を電圧値に変換することで洗濯液の濁度として測定する。分解能は、洗剤水に通常の汚れを入れて発生する0~2000 NTU (NTU : Nephelometric Turbidity Unit は濁度の単位) で濁度の差を十分に判別できる程度の精度を実現することで、洗濯物の汚れによる濁度増加の絶対量を正確に測定可能にした。

### 〔2〕汗汚れセンサ

汗などの目に見えない汚れ量を検知するセンサで、第2図(b)に示すように、電極間の電圧量を測定し、導電率を測定して汚れ成分量を判定する。たとえば、汗の主成分であるNaCl (塩化ナトリウム) を洗剤に溶かしたときの導電率はNaCl量に比例して変化する。分解能は、洗剤水に通常の汚れを入れて発生する0~6 mS/cm (mS/cmは導電率の単位) で水道水の値を測定できる程度の精度を

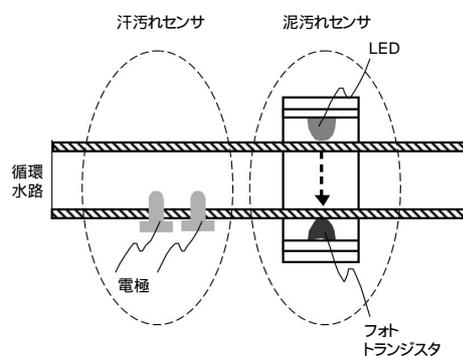


第2図 洗濯液の汚れ検出の原理

Fig. 2 Principle of dirt detector for washing liquid

実現することで、洗濯物の汚れによる導電率増加の絶対量を正確に測定可能にした。

汚れセンサは、洗濯液をドラム内に循環させるシャワー噴射を行う循環水路に設置することとし、第3図のように、泥汚れセンサは、光が透過する壁を介して対向した発光素子 (LED: Light Emitting Diode) と受光素子 (フォトトランジスタ) の間を洗濯液が通過する構成とし、汗汚れセンサは、洗濯液の中に浸漬して電極間を洗剤液が通過するように設置した。



第3図 汚れセンサの構成

Fig. 3 Dirt detect sensor components

## 2.2 汚れセンサの設置位置

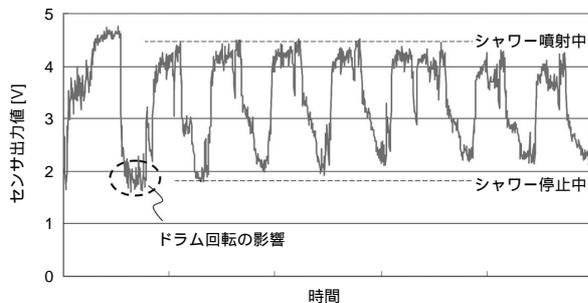
洗濯物の汚れ量を正確に検知するためには、洗濯液が洗濯機の動作によらずできるだけ均一な状態になっていることが望ましい。また、洗濯時間の短縮や節水を行うためには、できるだけ早く洗濯物の汚れを推定して洗濯機の制御をする必要がある。

循環水路は、洗濯液をドラム最低点より引き込み、ドラムの前面よりシャワー噴射によってドラム内まで循環させる経路で、洗濯液を循環させることによって洗濯機内の洗濯液の状態をすばやく均一にすることができる。このため、汚れセンサ位置でもドラムの中の洗濯液と同じ

状態となることで汚れ量の正確な測定が可能となる。

第4図の泥汚れセンサの出力例で示すと、シャワーを間欠動作させて洗濯液を循環させながらのセンサ出力値は、シャワー噴射中は値が比較的高く、シャワー停止中は値が比較的低くなり、センサ出力の振れ幅として表れることがわかる。さらに、シャワーを停止しても洗浄中はドラムの回転による洗濯物の攪拌が行われており、それによってセンサ出力値に揺らぎが生じていることがわかる。

汚れセンサの設置位置は、シャワーの噴射・ドラム回転の影響を最も受けにくいセンサ出力値は比較的安定している場所が望ましいため、シャワー噴射中と停止中のセンサ出力の幅が小さく、ドラム回転時のセンサ出力の揺らぎが少ない場所である循環水路のできる限りドラムから離れた位置とした。



第4図 泥汚れセンサの出力例

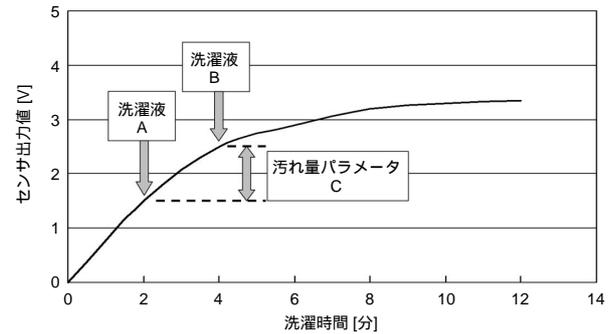
Fig. 4 Output examples of dirt detect sensor

### 2.3 汚れ量推定の考え方

ドラム式洗濯機では、洗浄時の水量が少ないために洗剤を溶かした洗濯液はすでに濁度や導電率が比較的高く、洗剤種類や洗剤量によるばらつきも大きい。このため、洗濯物からの汚れが溶け出したとしても絶対値での汚れ量を推定するのは困難である。

このため、汚れセンサのセンサ出力の概念を、第5図に示すように、ある時間での洗濯液のセンサ出力(A)を測定し、一定時間後の洗濯液のセンサ出力(B)を測定する。この2つの値の差( $C=B-A$ )が一定時間で洗濯物より溶け出した汚れにより変化した値であるため、この値(C)を洗濯物の汚れ量パラメータとして利用することとした。泥汚れセンサと汗汚れセンサのいずれにおいても一定時間でのセンサ出力の変化である差(C)を汚れ量パラメータとする。

実際には、汚れ量パラメータは洗濯液へ溶け出した洗濯物の汚れの一部による値に過ぎないが、洗濯物の全汚れ量を変化させて評価を行った結果より、洗濯物の全汚れ量と汚れ量パラメータとの関係が得られれば、できる



第5図 洗濯液の汚れ量推定イメージ

Fig. 5 Image of dirt detect estimation for washing liquid

だけ早い段階で洗濯物の汚れ量を推定して、これによって洗濯時間、使用水量、すすぎ時間、すすぎ回数などを制御することができる。

### 2.4 センサ出力とシャワー制御

洗濯液でのセンサ出力を測定するためには、投入された洗剤ができるだけ早く水と均等に混ざり、その後に洗濯物からの汚れが溶け出していく状態が望ましい。このため、給水時よりWジェットシャワーを利用して洗濯機内の水を循環させることによって均等な濃度の洗剤液をつくる。

ある時間でのセンサ出力(第5図のA)を測定した後、シャワーの噴射量や噴射間隔を調整してドラム内に噴射して洗濯物へ十分にかけると同時にドラムの攪拌を行うことによって洗濯物から汚れの溶け出しを促進し、一定時間後に洗濯液のセンサ出力(第5図のB)を測定する。

このシーケンスによって、常に洗濯機内の洗濯液の状態を安定させ、洗濯液のセンサ出力(第5図のAやB)のデータのばらつきを抑制して精度よく測定することができた。

### 2.5 「エコナビ」機能の効果

以上の技術を基に、汚れセンサを循環水路に設置して、2つのセンサの出力値から洗濯物の汚れ量を判定して、洗濯時間、使用水量などを制御する「エコナビ」機能を実現した。これにより汚れが少ないときは、段階的に洗濯時間を短縮し、水量を削減することができる。

この結果、第6図に示すように、洗濯物の汚れ量が少ない場合には、「エコナビ」機能なしに比べて、最大で10%省エネ、7%節水、15%時短が可能となった。

定格9 kgおまかせ洗濯コースの場合

	洗濯時間	使用水量	消費電力量
エコナビ運転 OFF (通常運転)	約45分	約72 L	約79 Wh
↓ 汚れが少ないときは ↓			
エコナビ運転 ON	約38分	約67 L	約72 Wh
セーブ量	最大で約7分	最大で約5 L	最大で約7 Wh

粉末洗剤使用の場合  
これらは最大値であり、衣類量、汚れ、洗剤の種類によって効果は異なる

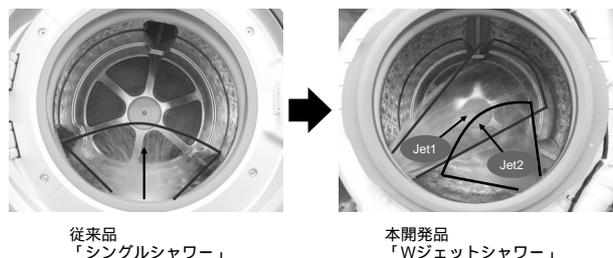
第6図 「エコナビ」機能の効果  
Fig. 6 Effects of "ECONavi" function

### 3. Wジェットシャワー洗浄

ドラム式洗濯機は、節水型である一方で大容量の洗濯物や厚物衣類の裏側へ洗剤液が浸透しにくいいため、洗濯物の濡れ方が遅いという課題があった。このため、2008年には洗濯液を循環させてドラム前方からシャワーとして広域に噴射することで、洗濯液を洗濯物の裏側まで素早く、かつ満遍なく浸透させるジェットシャワー洗浄を開発した。

当社前年度モデルとして搭載した1箇所からの噴射であったシャワー噴射を、段違いで2箇所から噴射するWシャワー構造とした。シャワーの出方は、第7図のように左シャワーは50°から上部へ、右シャワーは35°からセンターへ噴射させることでドラム内により広がるようにした。

その結果、シャワーの噴射範囲を前年比2.6倍に拡大し、洗濯物の濡れる速度を早めたことで、ドラム式洗濯機の特徴である節水性を維持しつつ、洗濯物の量や衣類の種類にかかわらず十分な洗浄効果をドラム内の洗濯物全体に等しく与えることで洗浄力の向上を可能とし、洗浄時間を最大で5分短縮することができた。



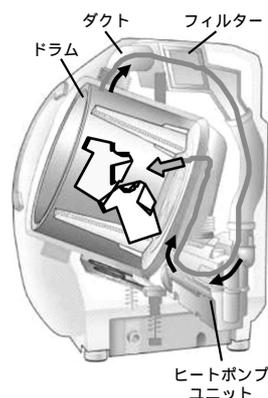
第7図 Wジェットシャワーの噴射イメージ  
Fig. 7 Flow image of double jet shower

### 4. ヒートポンプ乾燥方式

ドラム式洗濯乾燥機の乾燥方式は、2005年にヒータ式からヒートポンプ式への進化を行い、消費電力量や使用水量を半減させることで省エネ・節水を行ってきた。

ヒートポンプ式は、第8図に示すように次のような手順で乾燥を行う。

- (1) ヒートポンプユニットで高温低湿となった乾燥用空気をドラム背面から吹込み、ドラムの回転で搅拌される洗濯物と接触して水分を蒸発させる
- (2) 洗濯物から水分を奪って高温となった乾燥用空気がドラム前方上部からダクトを通過してドラム外に排出される
- (3) ヒートポンプユニットに戻った高湿の乾燥用空気は、熱交換器（吸熱器）で冷却され結露して除湿される
- (4) ヒートポンプユニットの熱交換器（放熱器）で加熱され、高温低湿の乾燥用空気となる



第8図 ヒートポンプ乾燥方式  
Fig. 8 Heat pump drying method

ヒートポンプユニットでは、除湿時に熱を回収し、乾燥空気を加熱するとき熱を再利用するので省エネになり、ドラム内を乾燥した状態に保ちながら衣類を乾燥させるため乾燥時間が短縮され、ヒータによる加熱や水道水による冷却が不要になる。

これによって、第1表に示すようにヒータ式の洗濯乾燥機と比べて、同じ量の洗濯物を洗って乾かすのに、消費電力量は1/3、乾燥時の使用水量はゼロにすることができた。

第1表 ヒートポンプ乾燥方式の省エネ効果

Table 1 Energy-saving effects of heat pump drying method

洗濯～乾燥時	ヒータ式	ヒートポンプ式
運転時間	約170分	➡ 156分 ( 9% )
消費電力	2400 Wh	➡ 860 Wh ( 約1/3 )
使用水量 (乾燥時)	16 L	➡ 0 L ( 水不使用 )

## 5. まとめ

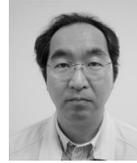
ドラム式洗濯乾燥機において，泥汚れセンサと汗汚れセンサの2種の汚れセンサを用いることで，目に見えない汚れを含む洗濯物のすべての汚れ量を精度よく判定して洗濯に必要な時間・水量を節約する「エコナビ」機能の開発により，消費電力定格値のみでなく，毎日の暮らしの中の実使用条件に応じて，家電自らが電力のムダをしっかりと抑えるという従来にない新たなエコ機器を実現し，本技術を利用したななめドラム洗濯乾燥機を発売することができた。

また，Wジェットシャワー洗浄やヒートポンプ乾燥方式を採用して，基本性能を向上させることで洗浄・乾燥性能を従来通りに確保して洗浄時間や乾燥時間を短縮し，消費電力量も削減する取り組みを継続している。

## 参考文献

- 1) 奥山春彦 他 編：洗剤・洗浄の事典（朝倉書店）p.170（1990）。

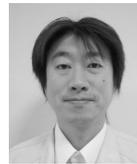
## 著者紹介



安井利彦 Toshihiko Yasui  
ホームアプライアンス社 技術本部  
Corporate Engineering Div.,  
Home Appliances Company



内山 亘 Wataru Uchiyama  
ホームアプライアンス社 技術本部  
Corporate Engineering Div.,  
Home Appliances Company



菊川智之 Tomoyuki Kikukawa  
ホームアプライアンス社 技術本部  
Corporate Engineering Div.,  
Home Appliances Company



縄間潤一 Jun-ichi Nawama  
ホームアプライアンス社 技術本部  
Corporate Engineering Div.,  
Home Appliances Company



堀部泰之 Yasuyuki Horibe  
ホームアプライアンス社  
ランドリー・クリーナービジネスユニット  
Laundry Systems and Vacuum Cleaner Business Unit,  
Home Appliances Company



村尾 剛 Tsuyoshi Murao  
ホームアプライアンス社  
ランドリー・クリーナービジネスユニット  
Laundry Systems and Vacuum Cleaner Business Unit,  
Home Appliances Company