

家庭用衣類乾燥機の乾燥特性

山口 雄三・佐藤多美子・西沢 信

Drying Properties of Clothing—Dryers for Home Use
by

Yuzoh Yamaguchi, Tamiko Sato, and Makoto Nishizawa

1. 結 言

今日ライフスタイルの変化にともない、被服管理の分野においても合理化が進み、全自動洗濯機、衣類乾燥機などが一般家庭に数多く普及している。さらに「汚れたら洗う」から「着たら洗う」といった洗濯の質的な変化によって、家事時間における洗濯時間の占める割合が増加していることから、今後この傾向はさらに進行するものと考えられる。特に冬の日照時間が短く、都市化によって集合住宅が増加している新潟市のような地域においては、天候、時間、空間などの条件にあまり束縛されない衣類乾燥機の果たす役割は重要であると考えられる。

これまで衣類乾燥機に関して、乾燥方式^{1,2)}、乾燥速度^{3,4)}、乾燥物の形態⁵⁾、収縮⁶⁻⁸⁾、物性変化⁹⁾、コインランドリー用乾燥機の性能調査¹⁰⁾、衛生学的研究¹¹⁾、及び使用実態調査¹²⁾など数多くの基礎的及び実用的な研究がなされてきている。

衣類乾燥機が使用者のいろいろな条件に対応できるよう多様化する傾向の中で、より有効に利用するためにはその特性を把握することが重要である。本研究では、最近発売された乾燥速度の非常に速いガス乾燥機に注目し、従来の電気、ガス乾燥機とこの新しいガス乾燥機の乾燥速度と負荷量との関係、またその乾燥能力について検討したので報告する。

2. 実 験 方 法

2-1. 乾 燥 機

実験に使用した衣類乾燥機は、現在一般家庭用として市販されている回転式衣類乾燥機3種（熱源が異なる電気式1種及びガス式2種）を用いた。それらの仕様は表1に示す。

以下、それぞれ電気、ガス（従来）、ガス（速乾）と略記する。

なお、乾燥機は熱源の違いによって排湿方法に違いがある。電気式は衣類から出た水蒸気を熱交換器で空気冷却して水に戻して排水する除湿型で、ガス式はダクト排湿による排気型である。

2-2. 乾燥機内の温度測定

乾燥機の内部温度については、各乾燥機のドラム内入口中央部に熱電対温度計MODEL TX-500（SOAR corporation製）の検知部分を取り付け、負荷の有無による内部温度の経時変化を測定した。

表1 乾燥機の仕様

種 類	電 気	ガ ス (従 来)	ガ ス (速 乾)
形 式	日立製作所 DE-B3502	松下電器産業 NH-G652	松下電器産業 NH-G40Y5
外 形 寸 法 (幅×奥行×高さ)	650×451×650(mm)	630×455×670(mm)	694×521×680(mm)
ド ラ ム 寸 法 (直径×奥行)	575×280(mm)	605×345(mm)	590×365(mm)
乾 燥 容 量	3.6kg	4.0kg	4.0kg
発 熱 方 式	自動温度制御発熱体	ガス燃焼方式	ガス燃焼方式
ガ ス 消 費 量 (ガ ス 種)	—	2150kcal/h (12A)	3890kcal/h (12A)
電 源	100V(50Hz)	100V(50Hz)	100V(50Hz)
消 費 電 力	20℃において (強) 1250W (弱) 720W	180W	250W
制 御 方 式	—	電子制御	電子制御

2-3. 試験布

実験に用いた試験布の諸元を表2に示す。試験布は所定の大きさに裁断し、市販の衣料用合成洗剤で洗濯、乾燥したものをを用いた。

表2 試験布の諸元

種 類	組成繊維	組 織	厚 さ (mm)	重 さ (g/100cm ²)	糸密度 (本/cm)	大 き さ (cm×cm)
金 巾	綿100%	平 織	0.26	1.14	34.7×26.0	60×60

2-4. 試験布の含水率

2-4-1. 脱水後の含水率

試験布 2 kg (試験布 1 枚約 40 g を約 50 枚) を 30 分間水に浸漬し、2 槽式洗濯機 (日立製作所製 PS-5200 形) の脱水槽で 3 分間脱水した。脱水後、試験布の重量を手早く上皿電子天秤 (長計量器製作所製 JP-300W) で測定した。

脱水後の試験布の含水率は次式によって求めた。

$$\text{脱水後の含水率 (\%)} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100$$

W : 脱水後の重量

W₀ : 試験布の重量

脱水後の試験布の含水率は平均67.1%であり、この値は上記条件においてほぼ一定となることを繰り返し行って確認した。

2-4-2. 乾燥後の含水率

脱水した試験布を乾燥機で所定の時間乾燥し、その重量を上記と同様に測定し、含水率も次式により算出した。

$$\text{乾燥後の含水率 (\%)} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100$$

W_1 : 乾燥後の重量

W_0 : 試験布の重量

乾燥については所定の負荷量を各乾燥機に与えて時間毎の含水率を求め、最終的には電気式は含水率0%以下になるまで要した時間を、またガス式はセンサーによって停止するまでの時間をそれぞれ乾燥時間とした。

3. 実験結果及び考察

3-1. 乾燥機内部の温度変化

乾燥機の内部温度変化はそれぞれの乾燥機の乾燥特性、乾燥能力を知る上で重要である。図1には各乾燥機の負荷がない場合及び1.6kgの負荷をかけた場合の内部温度変化を示した。

負荷がない場合、電気乾燥機においては約7分の子熱期間で97℃の高温になった後90℃に下がり、一定となる。この温度はガス（従来）、ガス（速乾）のいずれよりも高い。ガス（従来）は電気よりも予熱期間は短く、約5分で温度40～45℃となる。しかし、電気に比べ温度の安定性は悪く、かなりばらつきがある。ガス（速乾）は予熱期間が5分とガス（従来）よりもさらに短く、66℃に上昇した後63℃で一定となる。これはガス（従来）より高く、しかも安定している。

次に負荷（1.6kg）を与えた場合の内部温度変化について述べる。

一般に電気を熱源とした除湿型の衣類乾燥機を用いて衣類を乾燥した場合の乾燥機内の温度経過は、次の三つの段階になることが知られている¹¹⁾。まず最初は内部温度が上昇する予熱乾燥期間、次に比較的高温、高湿度状態で一定割合で含水率が減少する恒率乾燥期間、さらに含水

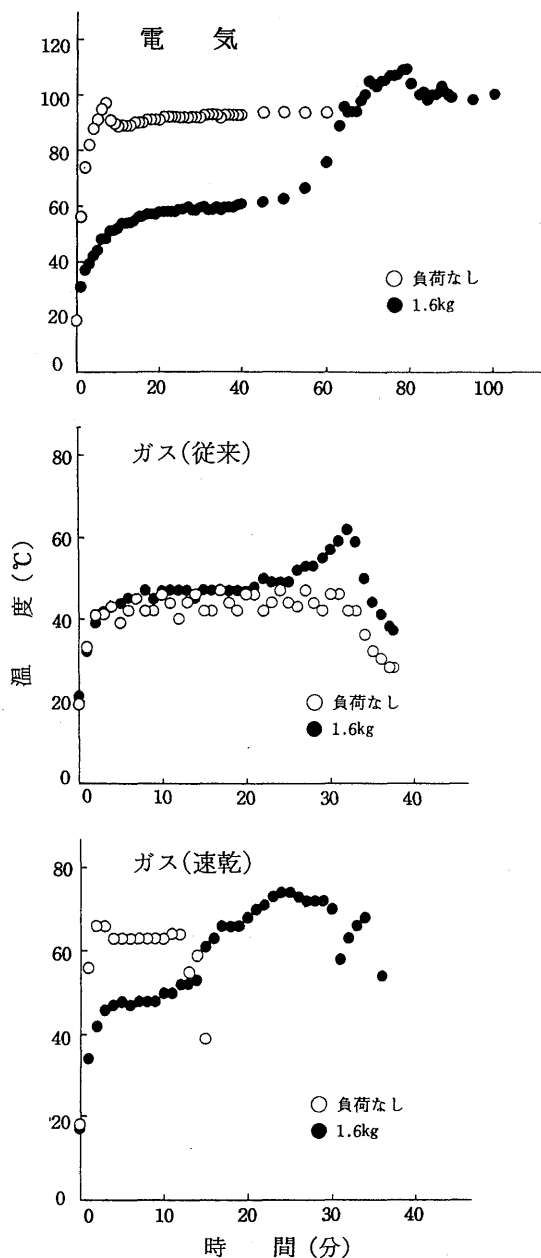


図1 乾燥機の内部温度変化

率の減少割合が小さくなり温度が上昇する減率乾燥期間である。

電気の場合この三つの段階がはっきりと現れている。約15分の予熱乾燥期間の後、60℃前後で約40分の恒率乾燥期間があり、その後減率期間となって100℃以上の高温になる。ガス（従来）は、乾燥開始からの内部温度の上昇は激しく予熱期間は短い。恒率乾燥期間は約15分と短く、温

度は47℃と電気に比べ低い。さらに、約10分の減率乾燥期間で64℃に達し、センサーが働いて停止した。ガス（速乾）は、乾燥開始からの内部温度の上昇は急激で乾燥時間も34分と最も短い。恒率乾燥期間が50℃で約5分と非常に短いのが特徴で、その時の内部温度48℃はガス（従来）とほぼ同じである。

負荷の有無にかかわらず電気の内部温度が高いのは排湿方法の違いによるものと考えられる。また、いずれの場合においても電気の方がガスに比べて温度が安定であるが、これは熱源からの入力熱量のコントロールが容易であるためであろう。

3-2. 負荷量と乾燥時間及び乾燥速度

図2には乾燥機別の各負荷量に対する乾燥時間と試験布の含水率との関係を示した。

全体として直線関係が成立する恒率乾燥期間から減率乾燥期間にいたる曲線がえられた。機種別の乾燥時間は電気<ガス（従来）<ガス（速乾）の順となり、大きな違いがみられた。また、乾燥時間はそれぞれ負荷量にほぼ比例して長くなった。

機種別の特徴をみると、電気では負荷量3.6kgの乾燥時間は約160分で、取扱説明書の目安時間どおりの性能を示した。ガス（従来）では、負荷量4kgにおいて含水率が0%になる前にセンサーが働いて停止してしまうことがあったが、実験を繰り返し約103分で停止することを確認した。この時間は目安時間約70分の1.45倍を要した。その原因として測定時の室温が15℃と取扱説明書に示されている20℃より低かったこと、及び説明書の条件では「脱水5分」となっていたが、本実験では「脱水3分」で説明書の条件より含水率が高いためであろう。ガス（速乾）の乾燥時間は非常に短く、表示容量（4kg）以内であれば50分以内に乾燥する。この時間は取扱説明書の目安時間（35分）より長い、これはガス

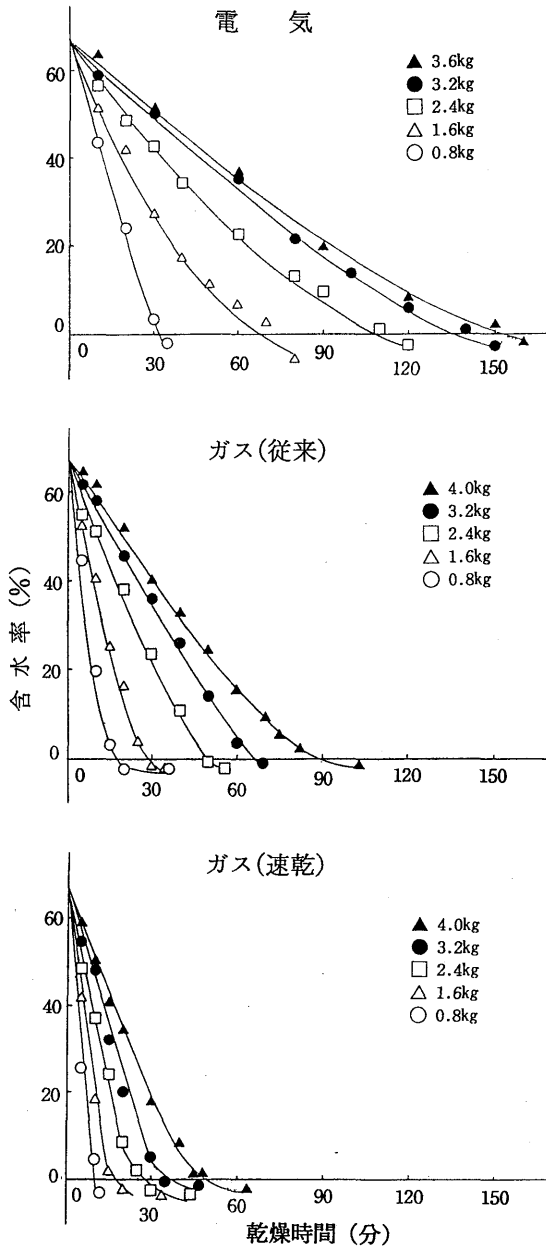


図2 乾燥機の乾燥曲線に及ぼす負荷量の影響

(従来)と同様に脱水条件などの違いによるものと考えられる。

一般に布の乾燥過程において本実験のように縫製などしてない布の場合、予熱期間及び減率乾燥期間は短く、乾燥に要する時間の大部分は恒率乾燥期間である。従って、布の乾燥速度は恒率乾燥期間¹³⁾の単位時間当たり、一定面積における水の蒸発量の大小で比較される。しかし、回転式乾燥機では乾燥物の蒸発面積はあまり影響しないと考えられるので、ここでは恒率乾燥期間の単位時間、布の一定重量当りの蒸発量を乾燥速度として示すこととした。また、電気とガスの乾燥容量が異なっており、ドラム容積が乾燥速度に影響を与える⁴⁾ことから、乾燥容量に対する負荷量の割合を負荷率とし、負荷率と乾燥速度の関係について検討する。

図3には各乾燥機の布の負荷率と乾燥速度の関係を示す。

これから乾燥速度はいずれの負荷率においても電気<ガス(従来)<ガス(速乾)となった。また、負荷率が大きくなるほど乾燥速度は小さくなり、負荷率100%の乾燥速度は負荷率20%に比べてどの乾燥機も半分以下となっている。負荷率20%におけるガス(速乾)の乾燥速度はガス(従来)と近い値を示しているが、これは負荷量が小さい場合、恒率乾燥期間と減率乾燥期間の境界がはっきりしなくなり、減率乾燥期間の時間が乾燥速度に大きく影響してくるものと考えられる。このようなことから、ガス(速乾)は特に大量の衣類乾燥に適しているといえよう。

さらにここでは示していないが、試験布の乾燥中期での含水率のばらつきは、同一機種であれば20%<40%<60%<80%<100%と、負荷率が大きいほど大きくなる傾向がみられた。機種別では電気<ガス(従来)<ガス(速乾)となり、負荷率が大きく乾燥速度が速いものほど乾きムラが大きいことが明かとなった。しかし、乾燥が終了した過乾燥状態においては各機種ともほとんど乾きムラはなかった。

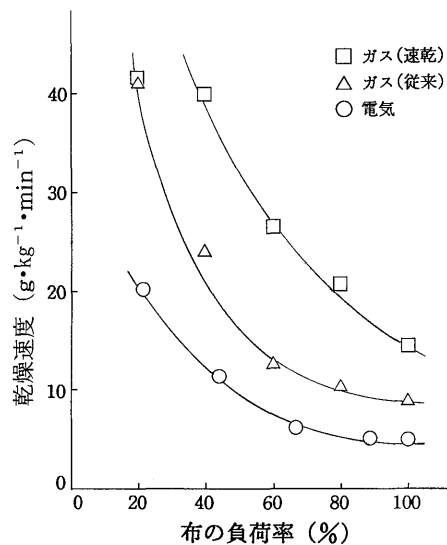


図3 乾燥速度と負荷率の関係

3-3. 機種別乾燥能力

実際の洗濯物の乾燥において乾燥機に求められる能力は、乾燥速度と乾燥容量を総合したもの、すなわち乾燥機の単位時間当りの水の蒸発総量で示されるはずである。生野¹⁴⁾らは乾燥機の乾燥速度と負荷量の関係から乾燥機の乾燥能力の比較を行っているが、ここではその考えをもとに検討した。

恒率乾燥期間における条件が同一ならば、水の蒸発量は各乾燥機の熱容量、機械力(送風力、回転数、排気量など)で決定され、各乾燥機は固有の乾燥能力をもつと考えられる。すなわち布の負荷量が増加しても、各乾燥機において単位時間に蒸発する水の総量は一定となり、乾燥速度と負荷量との間には式(1)の関係が成立する。

$$XY=C \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\log Y = \log C - \log X \quad \dots\dots\dots (2)$$

X: 布の負荷量 (kg)

Y: 単位時間単位重量当りの蒸発量 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)

C: 単位時間の水の蒸発総量 ($\text{g} \cdot \text{min}^{-1}$)

式(1)に対数をとると式(2)となり、上記の考えが正しければ $\log X$ と $\log Y$ の間には傾き -1 となるような直線関係が成立する。実験結果から定数 C が求められるが、これは各乾燥機の乾燥能力を表す。

布の負荷量と乾燥速度の対数の関係を図4に示した。その結果、電気、ガス（従来）は直線関係が成立し、ガス（速乾）についても負荷量 0.8kg を除けばほぼ直線となった。また、各機種別の傾きは、電気 -0.972 、ガス（従来） -0.973 、ガス（速乾） -1.05 といずれも -1 に近い値となり、本実験において式(1)に示されるような関係が成立することが確認された。

定数 C (g/min)の値は、電気 16.8 、ガス（従来） 33.7 、ガス（速乾） 66.5 となり、乾燥能力の割合は、電気：ガス（従来）：ガス（速乾） $=1:2:4$ となった。これは各乾燥機における熱源から投入可能な入力熱量 (kcal/h)の割合、電気 (1075)：ガス（従来）(2150)：ガス（速乾）(3890) $=1:2:3.6$ とほぼ近い値を示している。先に梅沢らは、回転式衣類乾燥機において熱源の違いによる大きな乾燥時間の差は、入力熱量の差であることを認めているが、この結果は乾燥能力の違いは熱源からの入力熱量の違いであることを示唆している。また、ガス（速乾）の乾燥能力と入力熱量との間に違いがみられる原因としては、ドラム容量、回転数などが影響しているものと考えられる。

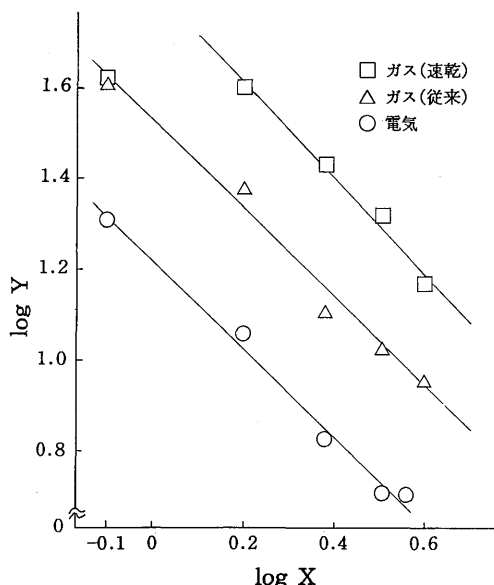


図4 乾燥速度と負荷量の関係

4. 総 括

市販されている家庭用衣類乾燥機の電気、ガス（従来、速乾）の性能を、内部温度変化、負荷量と乾燥時間、乾燥速度の関係、及び乾燥能力について比較、検討した。

1) 負荷を与えた場合、恒率乾燥期間における内部温度は電気が高く、ガスは低くなったが、これは排気方法の違いによるものと考えられた。また、ガス（速乾）は乾燥終了までの時間当りの温度変化が非常に大きいことが示された。

2) いずれの乾燥機においても負荷量に比例して、乾燥時間が長くなった。機種別の乾燥時間は電気>ガス（従来）>ガス（速乾）、乾燥速度は電気<ガス（従来）<ガス（速乾）の順であった。特にガス（速乾）は、負荷率100%において電気の約 $1/3$ の時間で乾燥が終了した。また、乾燥中期の乾きムラは、全体に乾燥速度が速く、負荷率が大きいほど大きくなった。

3) 乾燥能力の比較では、電気：ガス（従来）：ガス（速乾） $=1:2:4$ となり、この違いは熱源からの入力熱量の割合に近い値となった。

最後に、本研究を行うに際してご協力を頂いた北陸ガス（株）に心から感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 横尾 修；繊維誌，23，223（1982）
- 2) 月刊消費者，1，15（1978）
- 3) 西出伸子，関口典子；文教大学教育学部紀要，19，71（1985）

- 4) 佐々木シナ子, 平松園江; 家政誌, 26, 46 (1975)
- 5) 佐々木シナ子, 平松園江, 古賀幸子; 家政誌, 29, 89 (1978)
- 6) 武山幸次郎, 曳野啓二; 繊維機械雑誌, 36, 121 (1983)
- 7) 北田總雄, 増田幸子; 京女大被服学雑誌, 28, 19 (1983)
- 8) 林 恭子; 滋賀女短大研紀, 9, 61 (1984)
- 9) 辻井康子; 家庭洗濯機での乾燥方法が布の物性変化に及ぼす影響, 昭和58, 59年度文部省科学研究費補助金(総合研究A) 研究成果報告書, 研究課題番号58380007, 113-122, 昭和60年3月
- 10) 片山倫子, 岩崎芳枝; 織消誌, 30, 169 (1989)
- 11) 藤井裕幸, 貫名康之, 成尾 昇, 山内照和; 洗濯の科学, 35, 1 (1990)
- 12) 杉山淳子, 梅沢 潔, 板垣雅治; 洗濯の科学, 36, 4 (1991)
- 13) 平松園江, 佐々木シナ子; 衣生活, 21, (2), (1978)
- 14) 生野晴美, 岩崎芳枝; 織消誌, 31, 376 (1990)
- 15) 梅沢 潔, 杉山淳子, 板垣雅治; 日本家政学会第43回大会研究発表要旨集, D55 (1991)