

# 日立 SC-AT<sub>1</sub> 形 全 自 動 洗 濯 機

Hitachi Automatic Washing Machine Type SC-AT<sub>1</sub>

長 谷 川 栄 一\*  
Eiichi Hasegawa

## 内 容 梗 概

日立 SC-AT<sub>1</sub> 形全自動洗濯機はわが国で初めての全自動洗濯機であり、特にわが国の電力、水道、家屋の実情に合わせて設計された点に特色がある。すなわち、洗濯容量および電動機容量を一般の洗濯機並みに押え、水道の最低使用可能水圧を 0.5 kg/cm<sup>2</sup> に下げ、かつ水圧の変動にも支障のないよう水量制御方式を採用した。さらに性能に関してはねじれかくはん(攪拌)翼により均一な洗浄効果が得られ、摩擦駆動方式の採用により、比較的小容量の電動機にもかかわらず遠心脱水時の回転数が高く、絞り度が良好であり、適切な防振支持法により遠心脱水時の振り回りおよび振動が少ないことなど、多くの特長をもっている。

## 1. 緒 言

全自動洗濯機は洗い、すすぎ、絞りの動作を連続して自動的に行なうもので、欧米、特にアメリカにおいてその発達が著しいが、現在わが国の家庭にはほとんど普及していない。しかしわが国においても生活水準の向上に伴って、この種の洗濯機の需要が増してくるものと考えられる。洗濯機の自動化にあたっては、まずその仕様がわが国一般家庭の電気、水道設備に合ったものにするため、

- (1) 洗濯容量および電動機容量が一般洗濯機と同等であること。
  - (2) 水道の水圧の低下および変動に支障のない構造であること。
- の条件を満足する必要がある。

次に自動化に伴って生ずる性能上の諸問題としては、

- (1) 自動化に最適で、かつ洗浄効果のよい洗濯方式を採用すること。
- (2) 絞り性能が良好であること。
- (3) 一般洗濯機と同等の電動機で慣性大なる槽を回転させて遠心脱水を行なわせること。
- (4) 遠心脱水時に布アンバランスによって生ずる大きな加振力の影響を適当な防振支持により防ぐこと。

などを考慮する必要があるが、これらの諸問題は互いに関連するものであるからその解決は総合的に行なわねばならない。

以下本文では日立 SC-AT<sub>1</sub> 形全自動洗濯機の仕様、構造、動作について説明し、性能上の諸問題とその実験結果を述べる。

## 2. 仕 様

第 1 表に仕様を、第 2 表に自動プログラムを示す。

全自動洗濯機の仕様の設定にあたり、まず問題とすべきは、洗濯容量と自動プログラムの設定である。前者に関しては、今日のわが国の電気洗濯機の大半が乾燥布重量で 1.5~1.8kg で満足されている実情から、若干の余裕を考慮して 2.0kg とした。後者に関しては、洗濯物および洗剤の投入より、給湯または給水、洗い、すすぎを経て絞りまでの行程を考慮し、よごれや布の程度に応じて選別しうるように強弱 2 種のプログラムを定めた。

この全自動洗濯機の用水はガス湯沸器の湯および水道の水を併用することを原則としており、水道水圧はわが国の実情を考慮し、第 1 表の範囲内であれば支障なく運転できるようにした。なおガス湯沸器のない場合は水道のみでも使用できる。

## 3. 構 造

第 1, 2 図に SC-AT<sub>1</sub> 形全自動洗濯機の外観および構造の概要を示す。

第 1 表 SC-AT<sub>1</sub> 形全自動洗濯機仕様

1	形 式	SC-AT <sub>1</sub>
2	容 量	2 kg (乾燥布重量)
3	電 動 機	100 W コンデンサ起動単相誘導電動機
4	洗 濯 方 式	かくはん式
5	翼反転数	72 cpm
	翼反転角度	200 度
	絞り方式	遠心脱水式
6	槽回転数	680 rpm
	槽 外 径	46 cm
7	排 水 高 さ	1.5 m (床面より)
8	電 源	AC 100V 50 c/s または 60 c/s
9	水 道 水 圧	0.5 kg/cm <sup>2</sup> 以上 (水のみを使用する場合)
		1.0 kg/cm <sup>2</sup> 以上 (ガス湯沸器により湯を使用する場合)
10	全 重 量	85 kg
	大 き さ	幅 60 cm × 奥行 60 cm × 高さ 83 cm

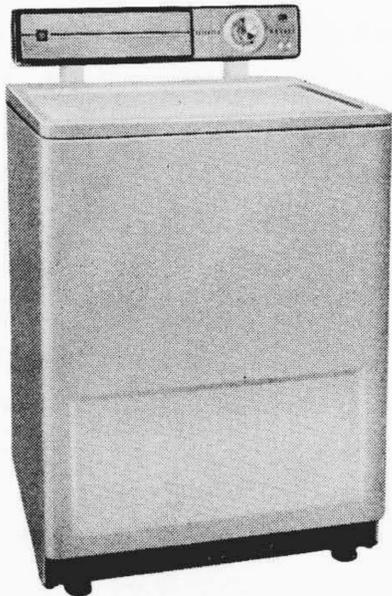
第 2 表 SC-AT<sub>1</sub> 形全自動洗濯機の自動プログラム

強 サ イ ク ル 綿、麻など強い布を洗濯する場合										
動 作	給湯	洗い	脱水	給水	すすぎ	脱水	給水	すすぎ	脱水	
時 間 (min)	3	12.5	5	3	5	5	3	5	7	計48.5
電 動 機		■	■		■	■		■	■	
電 磁 石			■			■			■	
電 磁 弁	■			■			■			
小形同期電動機		■			■			■		
パイロットランプ	■									
弱 サ イ ク ル 化繊など弱い布を洗濯する場合										
動 作	給湯	洗い	脱水	給水	すすぎ	脱水				
時 間 (min)	3	7	5	3	9	7				計34
電 動 機		■	■		■	■				
電 磁 石			■			■				
電 磁 弁	■			■						
小形同期電動機		■			■					
パイロットランプ	■									

外わくを仕切板で上下に仕切り、上部にかくはん翼および槽を収め、下部にこれを駆動する装置を収めた。なおこの間を軸受台で連結し、仕切板と軸受台との間には防水のためゴム製のペローを設けた。

下部の駆動装置は電動機、排水ポンプ、かくはん翼駆動用のギヤボックス、洗濯と脱水の切替クラッチおよびこれを動作させる電磁石からなり、これらは取付板に固定されている。取付板は外わくからつりバネによりつり下げられている。外わく上部にはカバーおよび操作パネルを設け、操作パネル内にはプログラム制御用のタイマーおよび給湯給水用の電磁弁が設けてある。5 枚のカムを有するタイマーの主軸は小形同期電動機により減速駆動され、5 枚のカムはそれぞれ電動機、電磁石、電磁弁、パイロットランプおよび小形同期電動機の回路の定時限開閉を行なうようになっている。第 3 図に SC-AT<sub>1</sub>

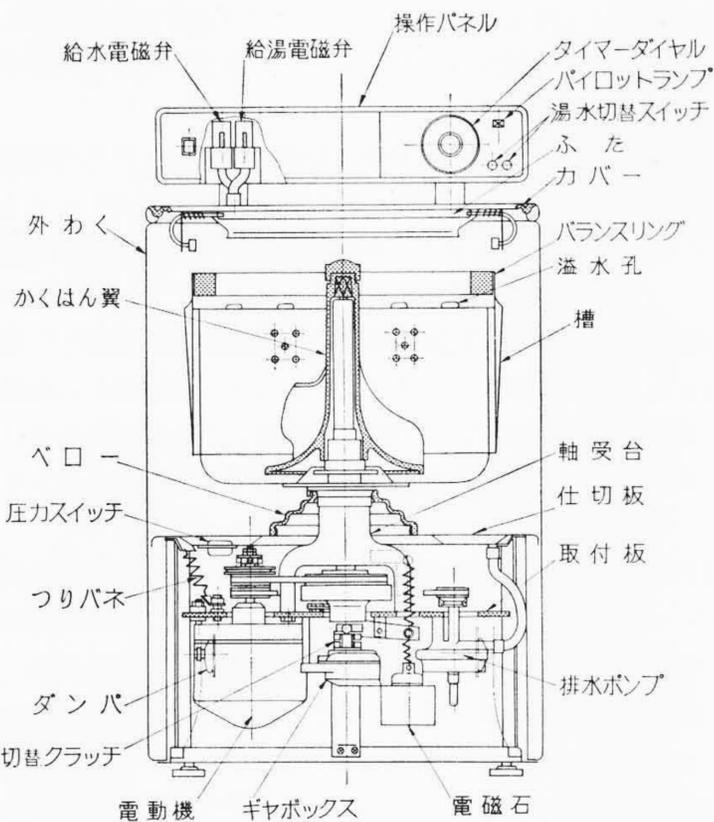
\* 日立製作所多賀工場



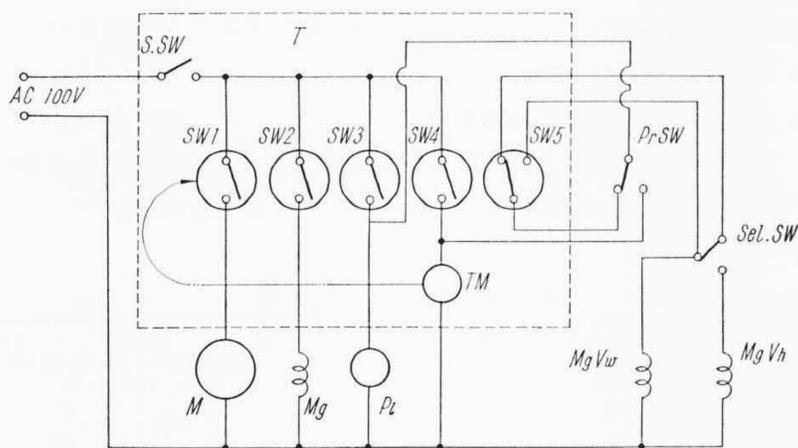
第1図 日立SC-AT<sub>1</sub>形全自動洗濯機



第4図 ねじれかくはん翼



第2図 SC-AT<sub>1</sub>形全自動洗濯機構造の概要



T : タイマー  
M : 電動機  
Mg : 電磁石  
Pt : パイロットランプ  
TM : 小形同期電動機  
MgVh : 給湯電磁弁  
MgVw : 給水電磁弁  
S.S.W : 安全スイッチ  
SW1,2,3,4,5 : カムスイッチ  
Pr.SW : 圧力スイッチ  
Sel.SW : 湯水切替スイッチ

第3図 SC-AT<sub>1</sub>形全自動洗濯機結線図

第3表 洗 浄 性 能

機 種	日立SC-AT <sub>1</sub> ねじれかくはん翼	A社 (アメリカ) 直線かくはん翼
洗 浄 率 (%)	56	55
布動き		
対 流 (rpm)	0.5~0.6	0.2~0.3
回 流 (rpm)	0.3~0.5	0

形全自動洗濯機の結線図を示す。

#### 4. 動 作

本機を使用の際は、まず電源を接続し、湯せんおよび水せんを開放後、洗濯物および洗剤を槽内に入れ、スイッチを始動すればあとは次のとおり全自動的に動作が行なわれる。

##### (1) 給 湯

タイマーダイヤルにより始動すると、まず電磁弁が作動、給湯が開始される。数分後湯が槽内に充満すると、槽周上部の溢水孔よりあふれ、仕切板上にたまり、この水圧によって圧力スイッチを動作させ、電磁弁を閉じ、給湯が完了する。このように給湯量は時間制御によっていないから、水道水圧の高低にかかわらず、必要量を確保することができる。

##### (2) 洗 い

給湯停止と同時にタイマーが回転し、これにより電動機が回転し、ギヤボックス機構を経てかくはん翼が往復回転し、洗いが行なわれる。

##### (3) 脱 水

洗いが終わると電磁石が動作し、切替クラッチが動作し、かくはん翼は停止し、槽が回転を始める。回転により槽内の水は槽周上部の溢水孔より脱水され、排水ポンプにより外へ排出される。

##### (4) 給 水

脱水が終了すると槽は停止し、給水が行なわれる。

##### (5) す す ぎ

給水を続けながらかくはん翼が往復回転し、すすぎが行なわれる。

##### (6) 脱 水

すすぎが終わると(3)と同様にして脱水が行なわれる。

##### (7)(8)(9) 給水, すすぎ, 脱水

(4)(5)(6)と同様にして、ふたたび給水, すすぎ, 脱水が行なわれる。

##### (10) 動作終了

(9)の動作が終了すると、すべての回路が開き、全動作が完了する。

以上全動作にわたりパイロットランプが動作を表示する。以上の動作順序および動作時間は第2表に示すとおりである。

#### 5. 性能上の問題点

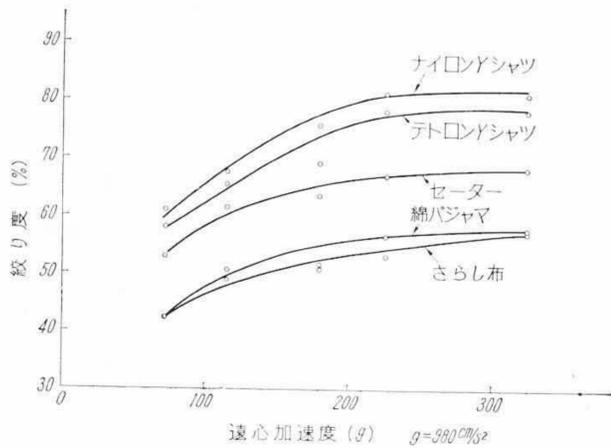
##### 5.1 洗 浄 性 能

洗濯機の洗浄性能としては洗浄の割合を示す洗浄率<sup>(1)</sup>、布の損傷の割合を示す損傷率、洗浄の均一性を間接的に示す布動き、使用性を考慮した布のよじれ、からみ数などがあるが、全自動洗濯機ではこのほかに槽内の布の均等分布性を考慮する必要がある。すなわち全自動洗濯機では洗濯後、布を槽とともに回転させて遠心脱水を行なうため、この際に布のアンバランスによって生ずる加振力をできるだけ少なくする必要があるのである。SC-AT<sub>1</sub>形全自動洗濯機ではこれらの点を考慮して、布の損傷、よじれ、からみなどが少なく、布のアンバランスの生じにくいかくはん式洗濯方式を採用した。さらにこのかくはん翼には洗浄の均一性を考慮して布動きのよいねじれかくはん翼を採用した。第4図にねじれかくはん翼を、第3表に洗浄性能を示す。なお第3表において布動きの回流は回転軸回りの布回転数を示す。

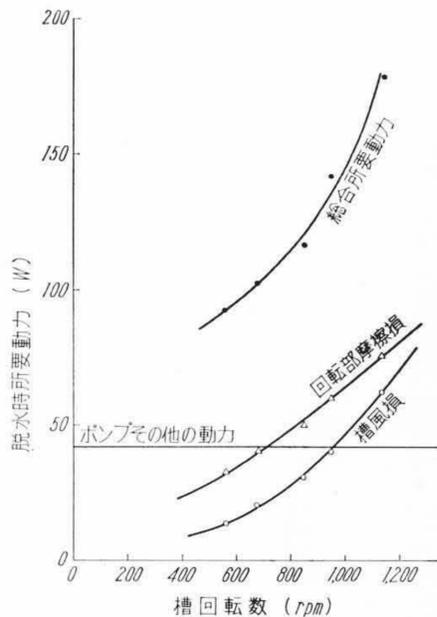
##### 5.2 絞 り 性 能

絞り性能は次式の絞り度<sup>(2)</sup>によって表わされる。

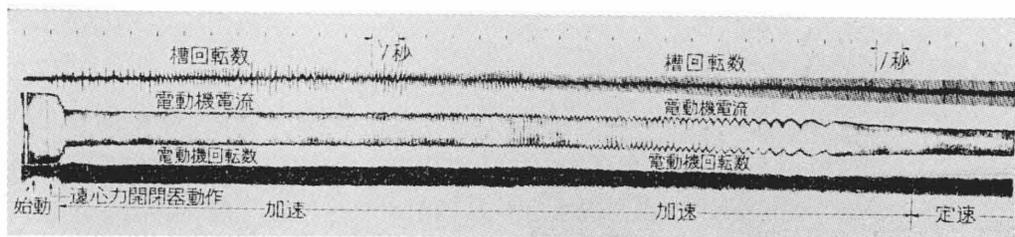
$$\text{絞り度} = \frac{W_0}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$



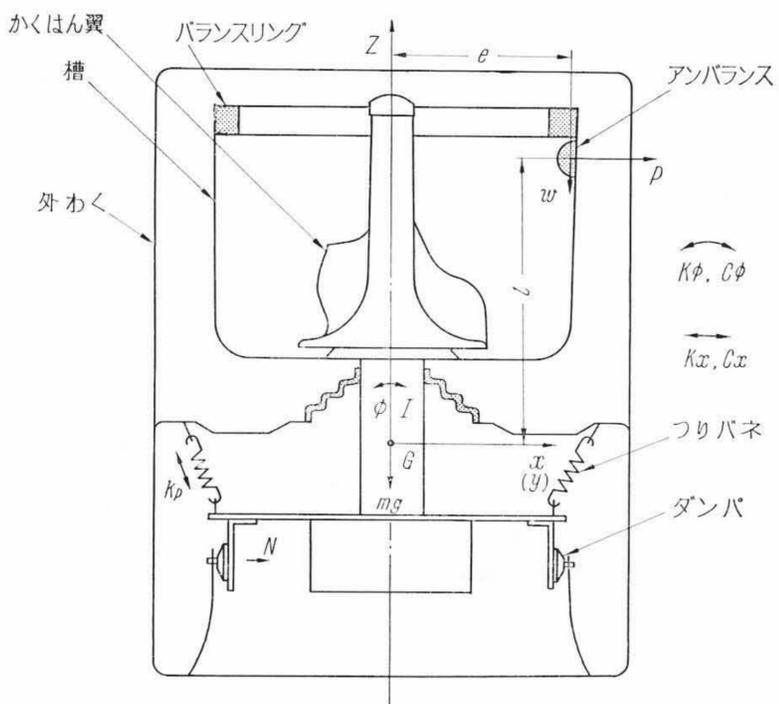
第 5 図 遠心加速度と絞り度の関係



第 6 図 槽回転数と脱水時所要動力の関係



第 7 図 脱水起動時の槽回転数、電動機電流および電動機回転数のオシログラム



$k_p$  : つりバネバネ定数       $w$  : アンバランス重量  
 $I$  : 重心  $G$  まわりの慣性モーメント       $e$  : アンバランス重量の偏心量  
 $N$  : ダンパ圧力       $p$  : 加振力

第 8 図 SC-AT<sub>1</sub> 形全自動洗濯機振動系

ここに  $W_0$  : 乾燥布重量 (kg)

$W_1$  : 絞り後の布重量 (kg)

遠心脱水の絞り度は遠心加速度の影響を受ける。各種の布地について遠心加速度と絞り度の関係を実験により求めた結果を第 5 図に示す。なお遠心加速度は次式で表わされる。

$$a = \frac{D\omega^2}{2g} \dots \dots \dots (2)$$

ただし  $\omega = \frac{2\pi n}{60}$

ここに  $a$  : 遠心加速度 (g)

$g$  : 重力の加速度 (980 cm/s<sup>2</sup>)

$D$  : 槽外径 (cm)

$\omega$  : 角速度 (rad/s)

$n$  : 回転数 (rpm)

槽外径  $D$  は製品寸法上制限を受けるので、絞り度の向上には回転

数  $n$  を増やすことが有効な方法となる。しかしわが国の実情に合った家庭用洗濯機としてはその電動機出力をなるべく小容量に限定する必要があるため、回転数の増加にも限界がある。すなわち回転数を上げると槽風損および回転部摩擦損失が大きく増加するためである。第 6 図に脱水時回転数と所要動力の関係を示す。

これにより SC-AT<sub>1</sub> 形全自動洗濯機では、電動機出力を 100W とし、脱水時回転数を 680rpm とした。第 4 表に SC-AT<sub>1</sub> 形自動洗濯機および他社の絞り性能を示す。

5.3 脱水槽駆動方式

前述のとおり、電動機出力を 100W としたため、脱水時に慣性大なる槽を定速回転に達せしめるには種々問題がある。すなわち第一に定速回転に達する時間が長くなるため次に述べる共振点通過が困難になること、第二に長時間の過大な起動電流により電動機巻線が焼損するおそれがあることなどが問題となる。

SC-AT<sub>1</sub> 形全自動洗濯機ではこれらの問題の対策として電動機には起動トルク、最大トルクとも大なるコンデンサ起動電動機を使用し、脱水槽駆動には摩擦駆動を採用することとした。すなわち電動機は摩擦トルクに抗して起動瞬時にほぼ定速回転に到達し、脱水槽は摩擦トルクにより徐々に加速される方式で、電動機には起動電流が長時間流ることがないので安全である。なお摩擦トルクは電源電圧が 15% 低下しても電動機起動に支障のないようにその大きさを定めた。

第 7 図に脱水起動時の槽回転数、電動機電流および電動機回転数のオシログラムを示す。始動後約 1 秒で電動機はほぼ定速回転に達し、摩擦トルクに相当する負荷で運転する。この間電流は一定であり、槽回転数は徐々に上昇する。槽回転数が定速に達すると、電流は若干減少する。定速に達する前に電流が変動するのは摩擦板の相対速度が零に近づくので、摩擦板の摩擦係数が変動するためと考えられる。

以上のように摩擦駆動を採用することにより、電動機に大なる起動電流を長時間流す必要がなく、安全に起動することができた。

5.4 振 動

5.4.1 加振力および防振支持

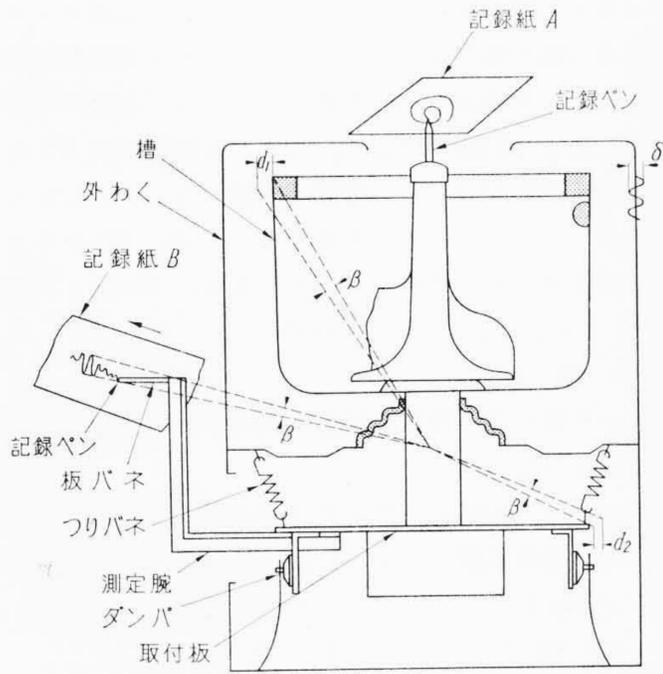
前述のとおり遠心脱水時には槽内の布アンバランスにより加振力を生ずる。この加振力の大きさは次式で表わされる。

第 4 表 絞り性能

機種	絞り性能			
	日立SC-AT <sub>1</sub> 遠心絞り	A社(アメリカ) 遠心絞り	B社 遠心絞り	C社 ローラ絞り機
絞り性能				
絞り度 (%)				
さらし布	50	47	42	43
テトロンYシャツ	65	62	58	48
ズボン	62	60	57	44
槽回転数 (rpm)	680	550	550	—
槽外径 (cm)	46	53	39	—
槽周加速度 (g)	115	93	68	—

第 5 表 振幅の許容値 (第 9 図 参照)

振 幅	符 号	許容値 (mm)	
振れ回り全振幅	槽上縁部	$d_1$	80
	取付板部	$d_2$	40
外わく全振幅	$\delta$	0.15	



第9図 振れ回り測定方法  
 $d_1$  : 槽上縁部振れ回り全振幅  
 $d_2$  : 取付板部振れ回り全振幅  
 $\beta$  : 振れ回り角振幅  
 $\delta$  : 外わく振動の全振幅

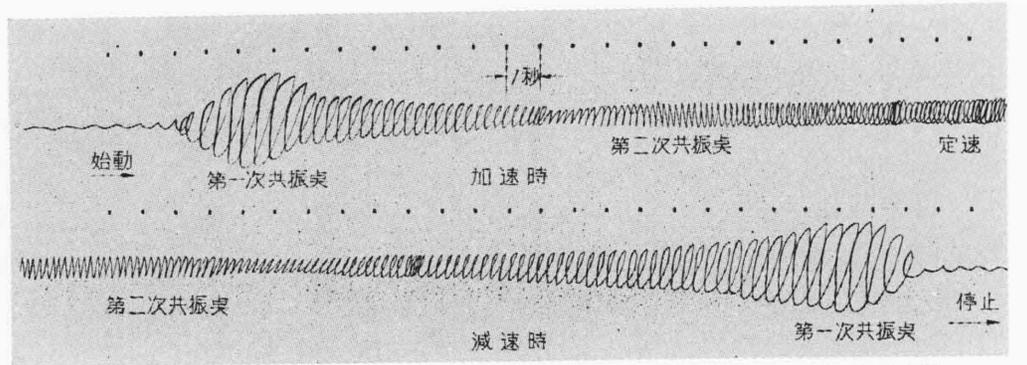
アンバランス量	起動時共振振幅	定速回転振幅	停止時共振振幅
0gr	3	25	3
100gr	5	45	6
200gr	16	10	20
300gr	27	13	30
400gr	36	18	43
500gr	45	25	51
600gr	56	25	59
700gr	64	21	65
800gr	70	32	74
900gr	80	40	78

第10図 振れ回り記録の一例 (第9図記録紙Aによる測定結果で、数字は振れ回りの最大直径(mm)を示す)

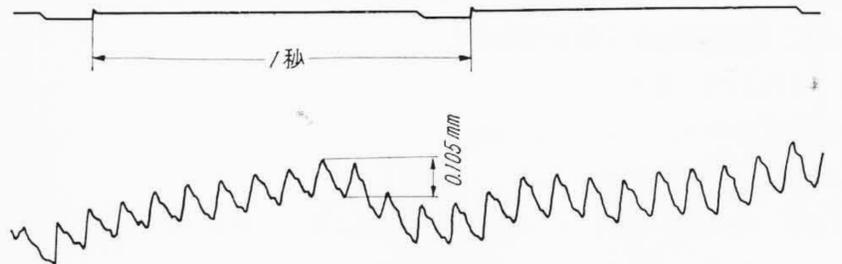
$$p = \frac{we\omega^2}{g} \dots\dots\dots (3)$$

- ここに  $p$  : 加振力 (kg)  
 $w$  : アンバランス重量 (kg)  
 $e$  : アンバランス重量の偏心量 (cm)  
 $\omega$  : 槽の回転角速度で本機では 71 rad/s  
 $g$  : 重力の加速度 980 cm/s<sup>2</sup>

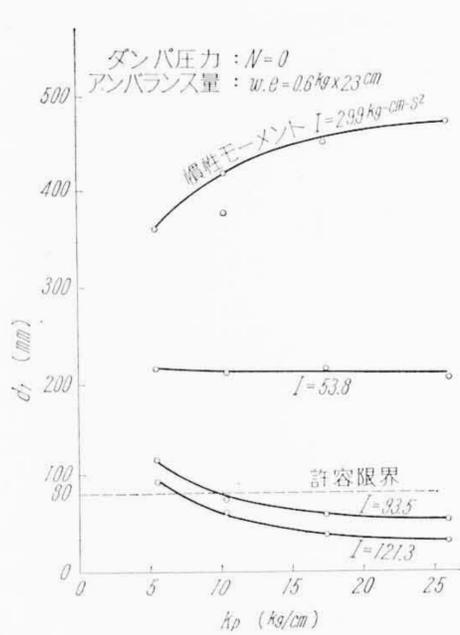
加振力  $p$  の大きさは布負荷によって変わるが、最も布アンバランスの生じにくいかくはん式洗濯方式でもなお最悪状態では槽の上縁部に  $w=0.6$  kg,  $e=23$  cm の布アンバランスの生ずること



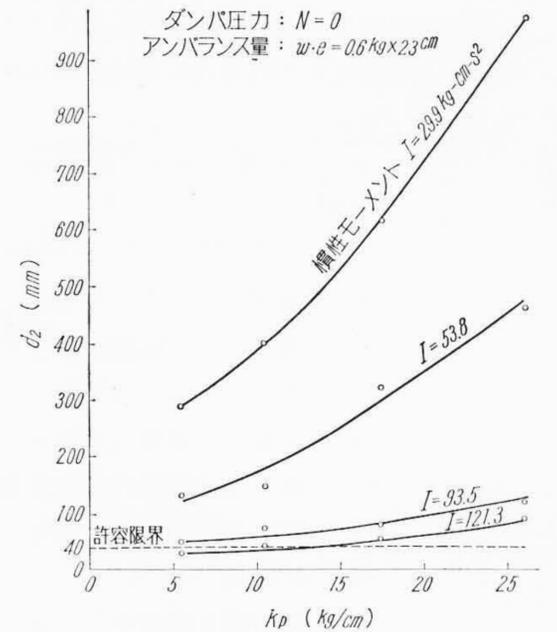
第11図 ねじれ回り記録の一例 (第9図記録紙Bによる測定結果)



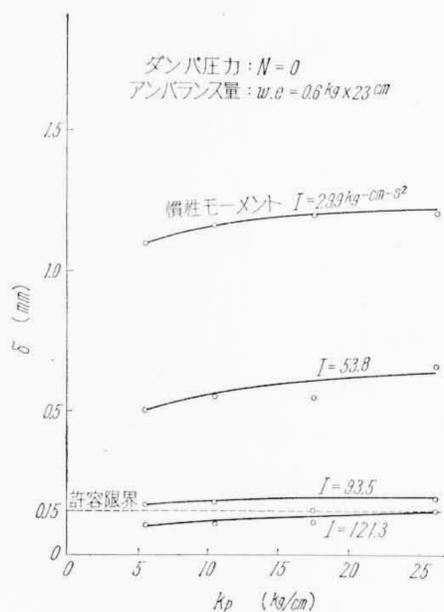
第12図 外わく振動記録の一例



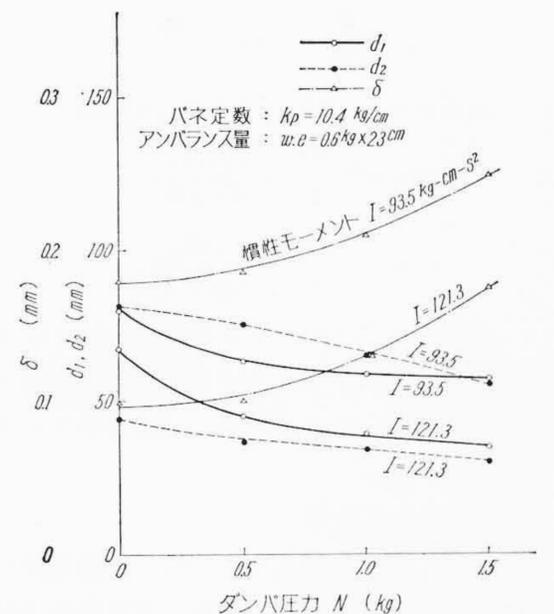
第13図 バネ定数  $k_p$  および慣性モーメント  $I$  が振幅  $d_1$  に及ぼす影響



第14図 バネ定数  $k_p$  および慣性モーメント  $I$  が振幅  $d_2$  に及ぼす影響



第15図 バネ定数  $k_p$  および慣性モーメント  $I$  が振幅  $\delta$  に及ぼす影響



第16図 ダンパ圧力  $N$  が振幅  $d_1$ ,  $d_2$  および  $\delta$  に及ぼす影響

が実験上求められた。したがってこれより加振力  $p$  を求めると約 71 kg となる。

この加振力を外部に伝えないため SC-AT<sub>1</sub> 形全自動洗濯機では第8図に示すとおり、回転部を含めた振動部を外わくより防振支持しているが、この場合、槽の起動、停止時に共振点通過の際の振れ回りが問題となる。この振れ回りには二つの形があり<sup>(3)(4)</sup>,

第一次は重心より下方にノードを有し、第二次は上方にノードを有するが、最大の布アンバランス時においてもこれらの振れ回りによって回転部または振動部が外わくに衝突しないよう振れ回りを許容値以下に押える必要がある。

また一方、伝達力によって振動する外わくの振動振幅も家庭用品としての見地から、使用者に不安感をいだかせぬよう許容値以下に押える必要がある。SC-AT<sub>1</sub>形全自動洗濯機ではこれらの許容値を第5表のように定め、これを満足する振動系をうるため、振動系の諸因子すなわち復元力、慣性力、減衰力の影響を、まず理論式により定性的に考察し、次いで実験検討を行なった。

5.4.2 理論的考察 (第8図参照)

(1) 振れ回り振幅

考察にあたり、次の仮定をおいた。

- (a) 振動系は線形である。
- (b) 復元力、慣性力、減衰力はz軸に関し対称に働く。
- (c) 水平方向振動と回転振動は連成しない。
- (d) 振れ回りの角速度は回転角速度と等しい。

振れ回りは水平方向運動と重心回りの回転運動の合成運動であるが、上の仮定より両者の振幅はおのおの次式で表わされる<sup>(5)</sup>。

$$x_0 = \frac{we}{g} \cdot \frac{\omega^2}{\sqrt{(K_x - m\omega^2)^2 + (C_x\omega)^2}} \dots\dots\dots (4)$$

$$\phi_0 = \frac{wel}{g} \cdot \frac{\omega^2}{\sqrt{(K_\phi - I\omega^2)^2 + (C_\phi\omega)^2}} \dots\dots\dots (5)$$

- ここに  $x_0$ : 水平方向振動の片振幅
- $\phi_0$ : 重心回り回転振動の片角振幅
- $K_x$ : 水平方向総バネ定数
- $K_\phi$ : 回転方向総復元力モーメント
- $C_x$ : 水平方向総粘性減衰係数
- $C_\phi$ : 回転方向総粘性減衰モーメント
- $m$ : 総質量
- $I$ : 重心回り慣性モーメント
- $l$ : 重心とアンバランスとの垂直距離

振幅が最大となる共振点では、回転角速度すなわち円振動数  $\omega$  はそれぞれ

$$\omega_x^2 = \frac{K_x}{m}, \quad \omega_\phi^2 = \frac{K_\phi}{I} \dots\dots\dots (6)$$

であるから、(4)、(5)式より振幅の最大値は

$$x_{0\max} = \frac{we}{g} \cdot \frac{\sqrt{K_x}}{C_x \sqrt{m}} \dots\dots\dots (7)$$

$$\phi_{0\max} = \frac{wel}{g} \cdot \frac{\sqrt{K_\phi}}{C_\phi \sqrt{I}} \dots\dots\dots (8)$$

これよりアンバランス量  $we/g$  および  $wel/g$  を一定とすれば、振れ回り振幅を小さくするためには減衰  $C_x$ 、 $C_\phi$  および慣性  $m$ 、 $I$  を大きく、バネ定数  $K_x$ 、 $K_\phi$  を小さくするのがよいことがわかる。

(2) 外わく振幅

外わくは弾性体と考えられ、振動部分からの伝達力によって振動するが、この振動の解析は困難なので伝達力の大きさで考えることとする。

伝達力および伝達モーメントの大きさは次式で表わされる<sup>(6)</sup>。

$$F_t = \frac{we}{g} \cdot \frac{\omega^2 \sqrt{K_x^2 + (C_x\omega)^2}}{\sqrt{(K_x - m\omega^2)^2 + (C_x\omega)^2}} \dots\dots\dots (9)$$

$$M_t = \frac{wel}{g} \cdot \frac{\omega^2 \sqrt{K_\phi^2 + (C_\phi\omega)^2}}{\sqrt{(K_\phi - I\omega^2)^2 + (C_\phi\omega)^2}} \dots\dots\dots (10)$$

前述のとおり、外わく振動は使用者に与える不安感または不快感より問題とすべきであり、この場合これらの感覚には振動の振

幅と振動数の双方が関係する<sup>(6)</sup>。伝達力  $F_t$  および伝達モーメント  $M_t$  は共振点で極大値を示し、したがって外わくの振動振幅も極大となるが、一方共振点では振動数が低く、また振動の時間も短いので実用上あまり問題ではなく、むしろ振動数が最大となる定速回転時(本機では11.3c/s)の振動が問題となる。したがって定速回転時において(9)(10)式を考察すると、 $F_t$ 、 $M_t$  を小さくするためには慣性  $m$ 、 $I$  を大きく、バネ定数  $K_x$ 、 $K_\phi$  および減衰  $C_x$ 、 $C_\phi$  を小さくするのがよいことがわかる。

5.4.3 実験検討

前項の理論的考察に引き続き、振動系諸因子の影響を正確には握するため実験を行なった。

第9図に振れ回りの測定方法を示す。振れ回りは振幅が大きく、振動数が低いので機械式測定方法とした。記録紙Aにより振れ回りの形状を、記録紙Bにより大きさおよび方向を測定した。これらの記録の一例を第10、11図に示す。

外わくの振動はアスカニヤ式手持振動計により直接測定した。この記録の一例を第12図に示す。

これらの振動記録より、振動系諸因子が振れ回りおよび外わく振幅に及ぼす影響を求めた。これを第13~16図に示す。振動系諸因子の変数として復元力にはつりバネのバネ定数  $k_b$  を、慣性力には槽上縁部に設けたバランスリングの大きさを可変として、振動部全体の重心回りの慣性モーメント  $I$ 、減衰力にはダンパ圧力  $N$  をとった。

この結果から

- (1) 槽上縁部に慣性大なるバランスリングを設けて、振動系の重心回り慣性モーメントを大きくすることは、振れ回り、外わく振幅をともに小さくすることになり、防振上きわめて有効である。
- (2) つりバネのバネ定数は、これを大きくすると第一次共振点の振れ回りは減少するが、第二次共振点の振れ回りおよび外わく振幅は逆に増大するので適切な値をとる必要がある。
- (3) ダンパ圧力は、これを大きくすると、振れ回りは小さくなるが、外わく振幅は増大するので、やはり適切な値をとる必要がある。

ことがわかった。

以上により本機の場合振動系の諸因子として、つりバネ定数  $k_b=10.4 \text{ kg/cm}$ 、慣性モーメント  $I=50 \text{ kg-cm-s}^2$ 、ダンパ圧力  $N=0.7 \text{ kg}$  に定めた。この結果通常の使用に際しては十分防振効果を発揮することが可能となったが、なお異常状態に対する安全のため、槽に過大な振れ回りを生じたときには電源を切って事故防止をする安全スイッチを追加した。

6. 結 言

以上日立SC-AT<sub>1</sub>形全自動洗濯機の仕様、構造、動作および性能上の問題点について報告した。本機は冒頭にも述べたとおり、欧米のこの種洗濯機に比較し、わが国の実情に合わせた点において多くの特長を有するものである。なお今後は本機製作研究の過程において習得した経験によりさらに性能および使用性の向上に努めていきたい。

終わりにのぞみ、本機の試作、研究および製品化にご援助賜った関係各位に厚くお礼申しあげる。

参 考 文 献

- (1) JIS C9606: 電気洗タク機解説 2 (1961)
- (2) JIS C9606: 電気洗タク機 2 (1961)
- (3) Crede C. E.: Vibration and Shock Isolation (1952)
- (4) J. P. DenHartog: Mechanical Vibration (1956)
- (5) 亘理厚: 機械力学 18, 27 (昭29 共立出版株式会社)
- (6) 大築志夫: 防振基礎の設計法 9 (昭34 オーム社)