

ゴミプレス式電気掃除機の開発

Electric Vacuum Cleaner Using Dust Press Method

大 平 光 生*
Mitsuo Ohira

水 野 元*
Hazime Mizuno

腰 山 英 弥*
Hideya Koshiyama

要 旨

小形にして大集じん容量を有する家庭用電気掃除機を開発するため集じん機構に検討を加え、じんあいを圧縮して集じんするゴミプレス式掃除機C-V200形、C-V200F形、C-V650形およびC-V250形の4機種を開発した。

本稿ではゴミプレス現象の解析と、ゴミプレス式掃除機の構造、仕様および集じん性能について述べる。

1. 緒 言

掃除機の集じん性能は、掃除機の各種性能のうち最も重要なものであり、最近業界においては、その性能を向上するための研究が盛んになされ、その成果を販売上の宣伝資料として大いに活用している。

集じん性能を向上するために、これまで、(1)布フィルタの表面積および集じん室の容積をできるだけ大きくする。(2)じんあいの吸込量が増加しても通気抵抗損失をあまり増大させないため、布フィルタを起毛状にする。(3)集じん室の中央部の空間を有効に使用するため慣性集じん筒を用いるなどの検討がなされ、いずれもその成果を製品に採用してきている。

しかし、今回、本体の形状をあまり大きくすることなく、また集じん後の掃除機からのゴミ捨てを従来同様容易なものとして、集じん容量を大幅に増大させた掃除機を開発するため研究を行ない、昭和42年10月にゴミプレス式掃除機第一号機C-V200形を開発し、現在までに、C-V200F形、C-V650形、C-V250形の4機種を発売してきた。

以下、ゴミプレス現象の理論的解析と、ゴミプレス式掃除機の集じん機構について述べ、さらに代表機種の構造、仕様、集じん性能についても述べる。

2. ゴミプレス式集じん理論

家庭のゴミのうち繊維質のゴミが大部分(80~90%)を占める。この繊維質のゴミは、集じんされる前は柔らかくふくらんでいるから、圧縮して集じんすれば、一定の集じん室に多量に収容できると考えられる。ここでは比較的径の均一な繊維のみからなる理想的な綿ゴミを仮定し、これが集じんされ、集じん室内で堆積した状態での繊維充てん層について解析する。

2.1 繊維充てん層内の流体の圧力損失と圧力

繊維充てん層から図1に示すような単位底面積をもつ柱を取り出して考える。

フィルタなどに用いられる一般の繊維充てん層の圧力損失はすでに明らかにされているから⁽¹⁾、これを図1の厚さ dx (m)の微小薄層に適用すれば、

$$dP_x = C_{Dx} \frac{2\gamma v_{Rx}^2 dx (1 - \varepsilon_{fx})}{\pi g_c D_f} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{ここに、} C_{Dx} = \frac{11}{R_{ex}} + \frac{4.7}{\sqrt{R_{ex}}} + 0.6$$

$$R_{ex} = \frac{D_f v_{Rx}}{\mu \varepsilon_{fx}}$$

$$v_{Rx} = \frac{v}{\varepsilon_{fx}}$$

v : 流体の見かけの速さ (m/s)

* 日立製作所多賀工場

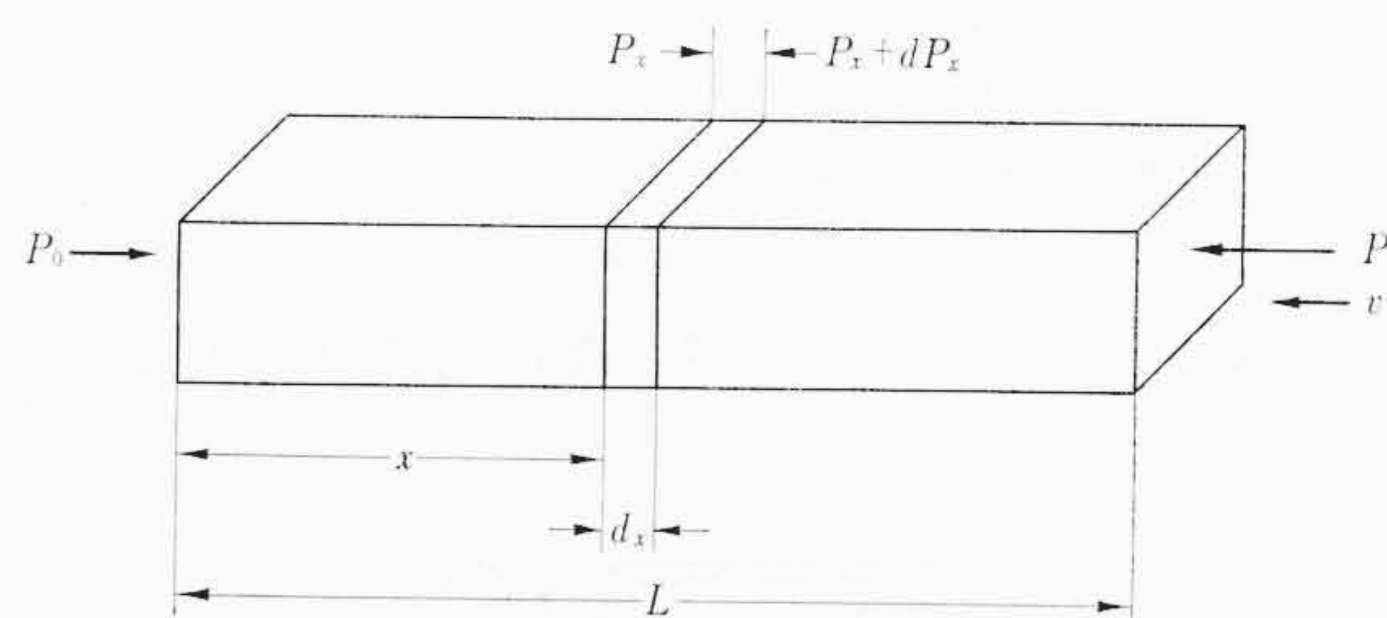


図1 繊維充てん層の柱

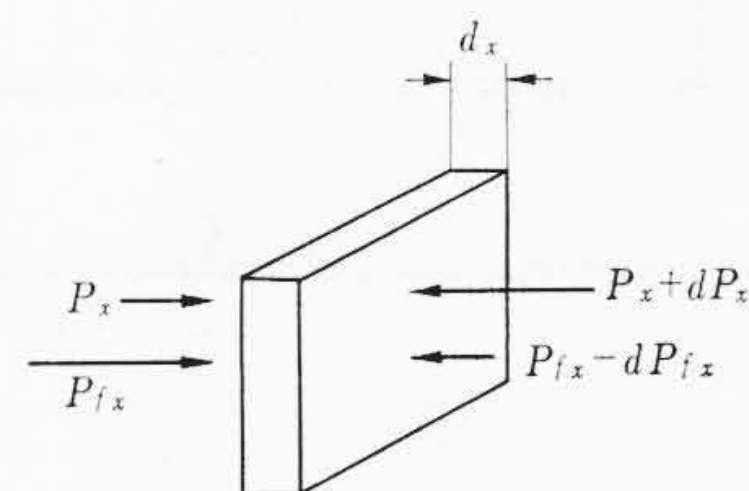


図2 繊維充てん微小薄層

γ : 流体の密度 (kg/m³)

ε_f : 充てん層の空間率

D_f : 平均的繊維径 (m)

C_D : 充てん層の抗力係数

R_e : レイノルズ数

g_c : 重力換算係数 (kg・m/kg・s²)

P_0 : 層底部における流体の静圧

P : 層上部における流体の静圧

P_x : 層底部より x の距離における流体の静圧

なお、サフィックス x で示したものは、層底部より x の距離にある点での値である。

単位長当たりの圧力損失は

$$\frac{dP_x}{dx} = C_{Dx} \frac{2\gamma v_{Rx}^2 (1 - \varepsilon_{fx})}{\pi g_c D_f} \dots\dots\dots (2)$$

となり、充てん層内の流体の静圧 P_x は

$$P_x = \int_0^x C_{Dx} \frac{2\gamma v_{Rx}^2 (1 - \varepsilon_{fx})}{\pi g_c D_f} dx + P_0 \dots\dots\dots (3)$$

となる。

2.2 繊維圧縮圧力 (ゴミプレス力)

図1の厚さ dx の微小薄層について考える。距離 x における断面で繊維に加わる力の総和を F_{fx} とする。繊維圧縮圧力 P_{fx} を仮定し、 $P_{fx} = F_{fx}/A$ (A は断面積)と定義する。繊維の軸方向への加速および流体の加速の影響を無視すれば図2に示す空間に働く力は流体の静圧および繊維圧縮圧力だけとなり、力の平衡条件より、

$$dP_{fx} = dP_x \dots\dots\dots (4)$$

となり、距離 x の断面における繊維圧縮圧力は、繊維層上部からそ

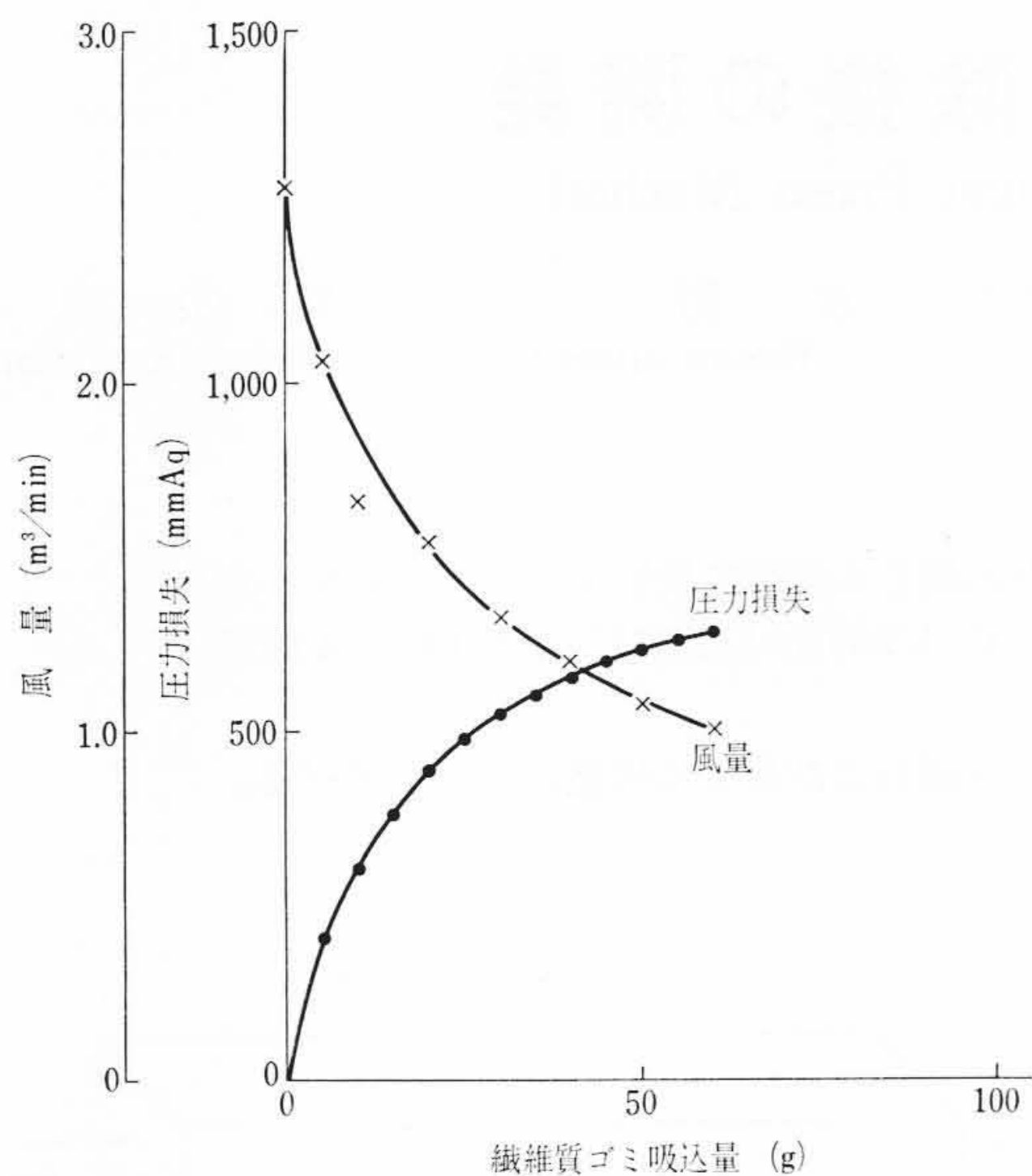


図3 繊維質ゴミ吸込量と風量および圧力損失

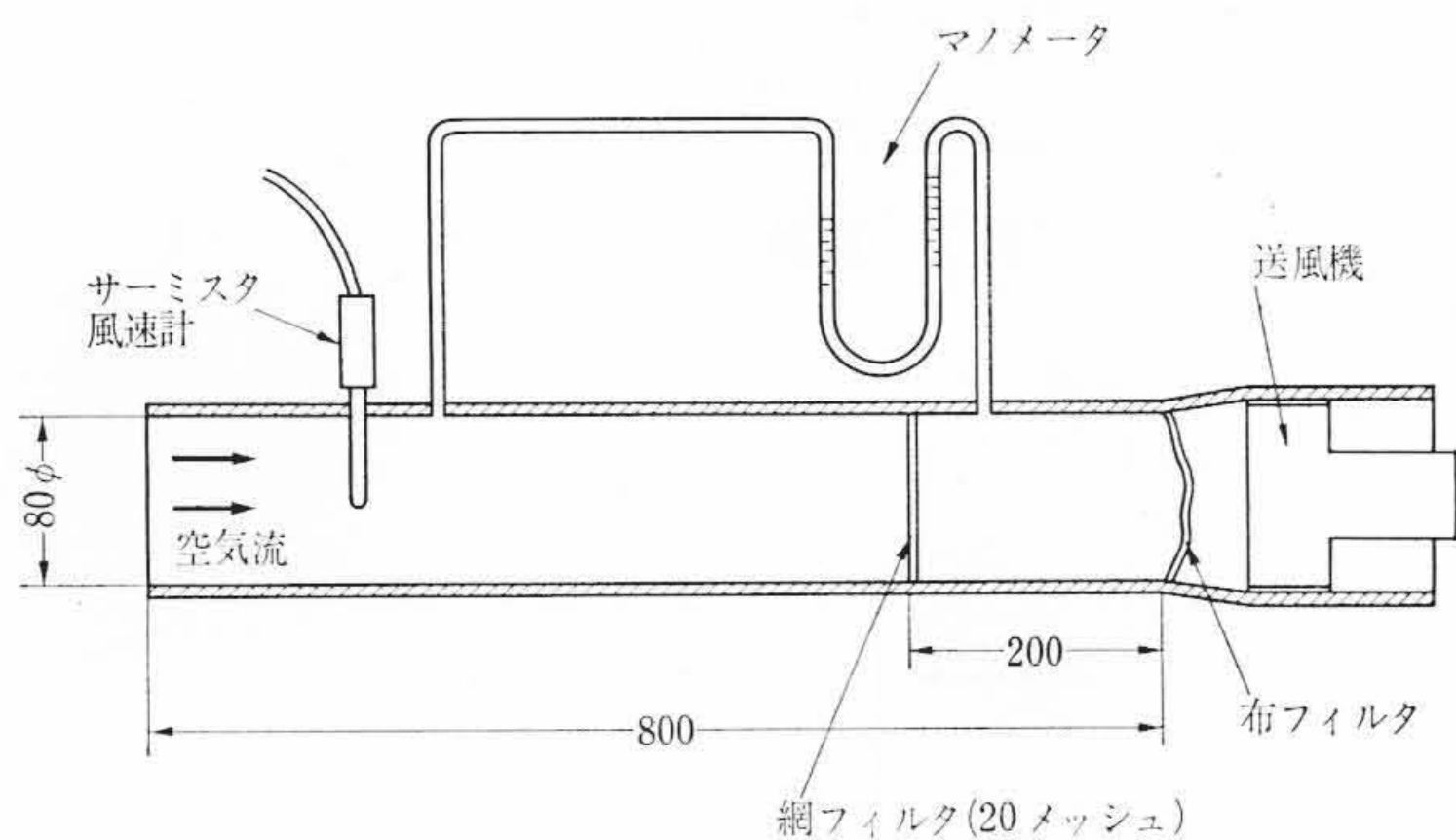


図4 基礎実験装置

の断面までの繊維圧縮圧力の増加を累積したもの、と考えられるから(4)式より

$$P_{fx} = - \int_x^L \frac{dP_x}{dx} dx \dots\dots\dots (5)$$

となる。(5)式の右辺は繊維層上部から、その断面に至るまでの圧力損失を示すから、

$$P_{fx} = P - P_x \dots\dots\dots (6)$$

となる。すなわち繊維充てん層内を流れる流体は、各繊維の抵抗を受けつつ流動し、(2)式で示される圧力損失を伴うが、繊維充てん層はこれと等量の繊維圧縮圧力の増加を受ける。したがって任意の断面での繊維圧縮圧力は(6)式で示されるように、その点での静圧で表わすことができる。

2.3 基礎的実験

以上の結果より、繊維充てん層内の圧力損失が大きければ大きいほど繊維圧縮圧力が大きいと言える。しかし圧力損失と風量との関係を求めてみると図3に示すようになり、圧縮圧力を大きくしようとすると風量が減少し、掃除機としての吸込性能が低下してしまう。よって、掃除機の各種性能をも考慮して、適度な繊維圧縮圧力となるようにする必要がある。

なお図3は図4に示すような測定装置にて、羊毛を細かく切断してほぐした繊維質のゴミを吸い込ませ、送風機の電源電圧を一定とした場合の特性である。

3. 製品への応用

3.1 ゴミプレス式掃除機の集じん部の検討

前章における基礎実験では、図4に示したように、円筒状の集

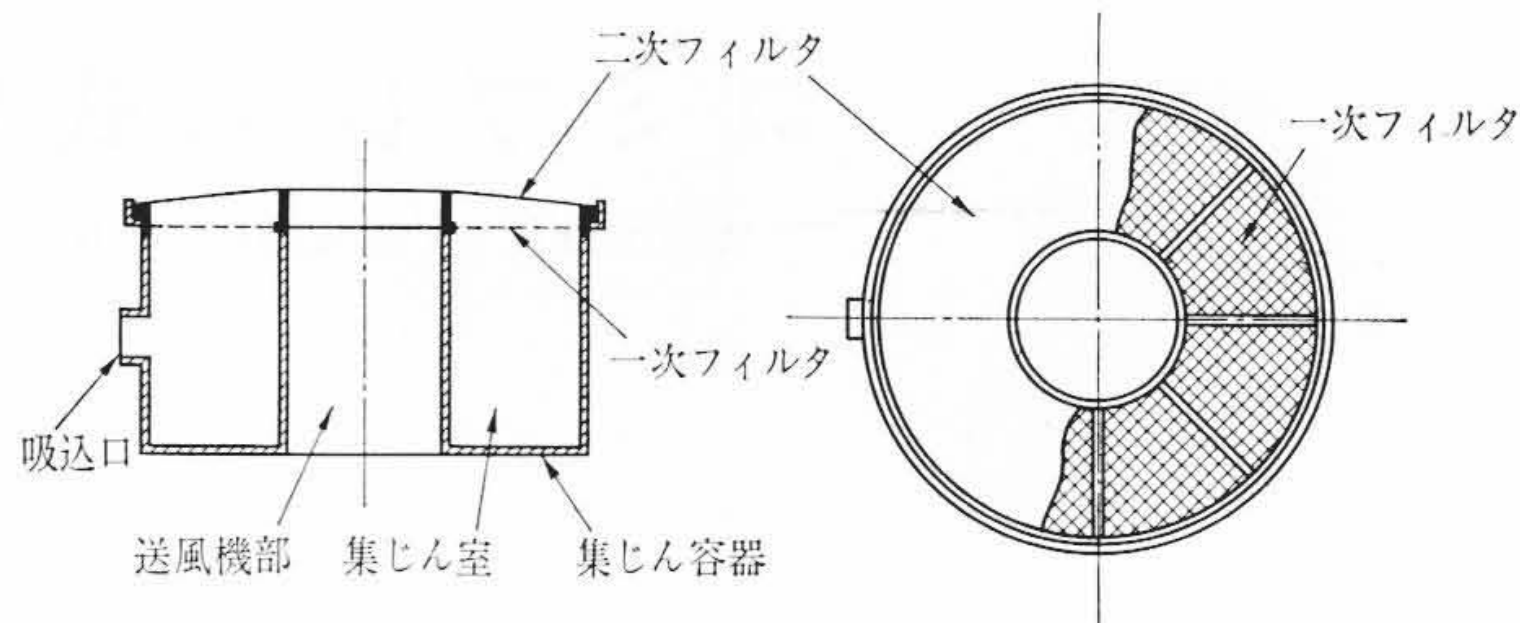


図5 集じん部の構造

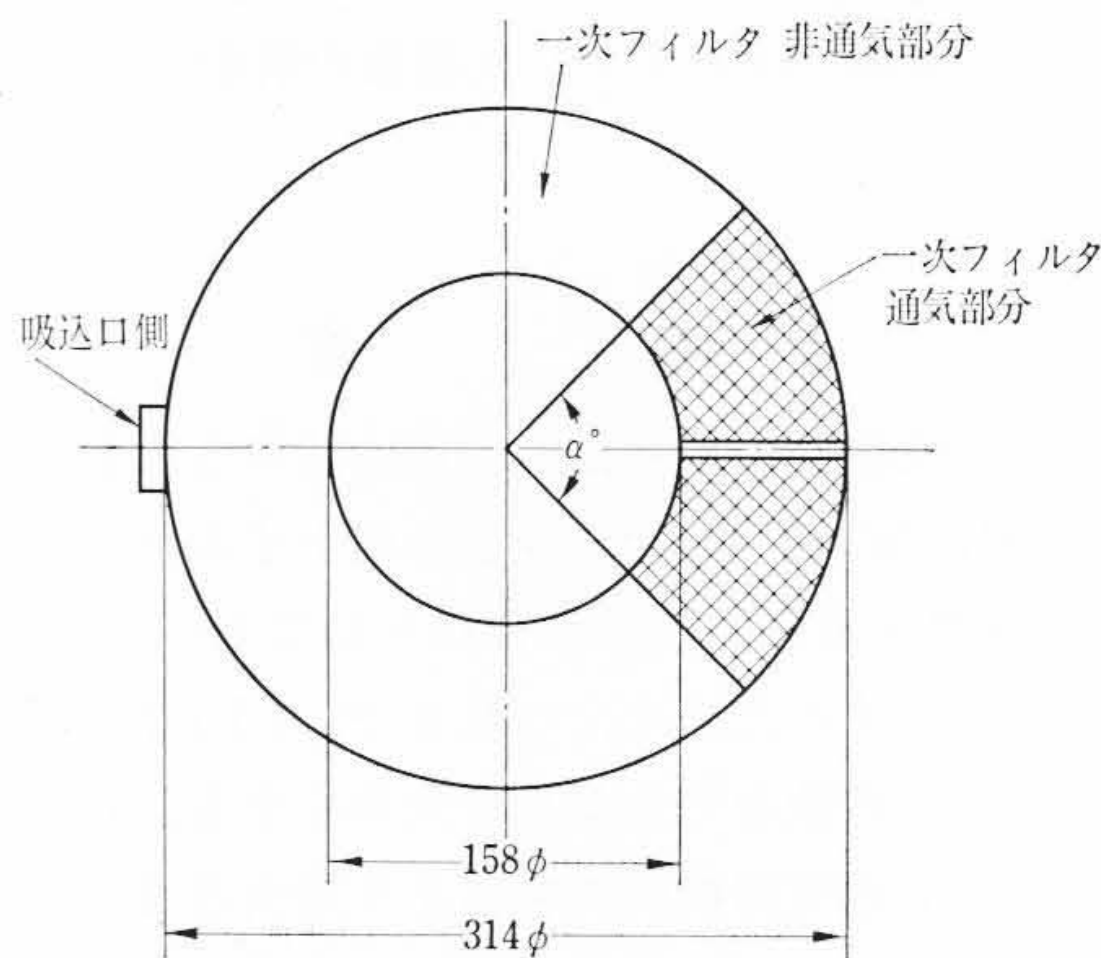


図6 一次フィルタの構造

ん部を用いたが、製品化に当たっては、日立掃除機の主流機種であるポット形に採用できる形状のものを検討した。

3.1.1 集 じ ん 部

単にゴミプレス効果をもたせるだけでなく、集じん後のゴミ処理のしやすさも考慮し、図5に示すように、集じん容器の中心部に送風機を配置するようにして、一次フィルタ、二次フィルタ(布フィルタ)でろ過する二重集じん方式とした。

すなわち、吸い込んだゴミのうち繊維質ゴミは一次フィルタで捕え、それを集じん室の中で圧縮して大量にためられるようにし、細かい砂質のゴミは一次フィルタを透過させ二次フィルタで捕え、ゴミを捨てる場合には、二次フィルタ上の砂質ゴミを一次フィルタおよび集じん室中に落として、その後集じん室内のゴミをゴミ箱にすてる構造とした。

ここで、ゴミプレスに最も影響を与える一次フィルタの構造は、図6に示すようである。すなわち、円板の中心部を削除してドーナツ状とし、その一部を非通気性とした。通気部分は吸込口と180度の位置となるようにし、その部分の面積を種々変えて検討した。本稿では通気面積を図に示すように、角α度で表わす。

3.1.2 実験装置と実験方法

図7に示すように実験装置を配置し、下記に示す成分からなる家庭のゴミに近い標準ゴミを一定量(100g)ごとに吸い込ませ、そのときの集じん室の吸込口側の静圧と、一次フィルタと二次フィルタの中間で吸込口と180度離れた位置の静圧との差ΔPを測定した。以下この操作を標準ゴミが集じん室いっぱいになるまで続け、ゴミの量と静圧の差の特性曲線を求めた。

標準ゴミ	砂質ゴミ	重量比2%	タルク270メッシュフルイ下	重量比	20%
			鋳物ケイ砂5号80メッシュフルイ上	重量比	40%
			鋳物ケイ砂7号80~270メッシュ	重量比	40%
	繊維質ゴミ	重量比1/3	綿成分	重量比	50%
			毛成分	重量比	35%
			純成分	重量比	10%
			毛髪	重量比	5%

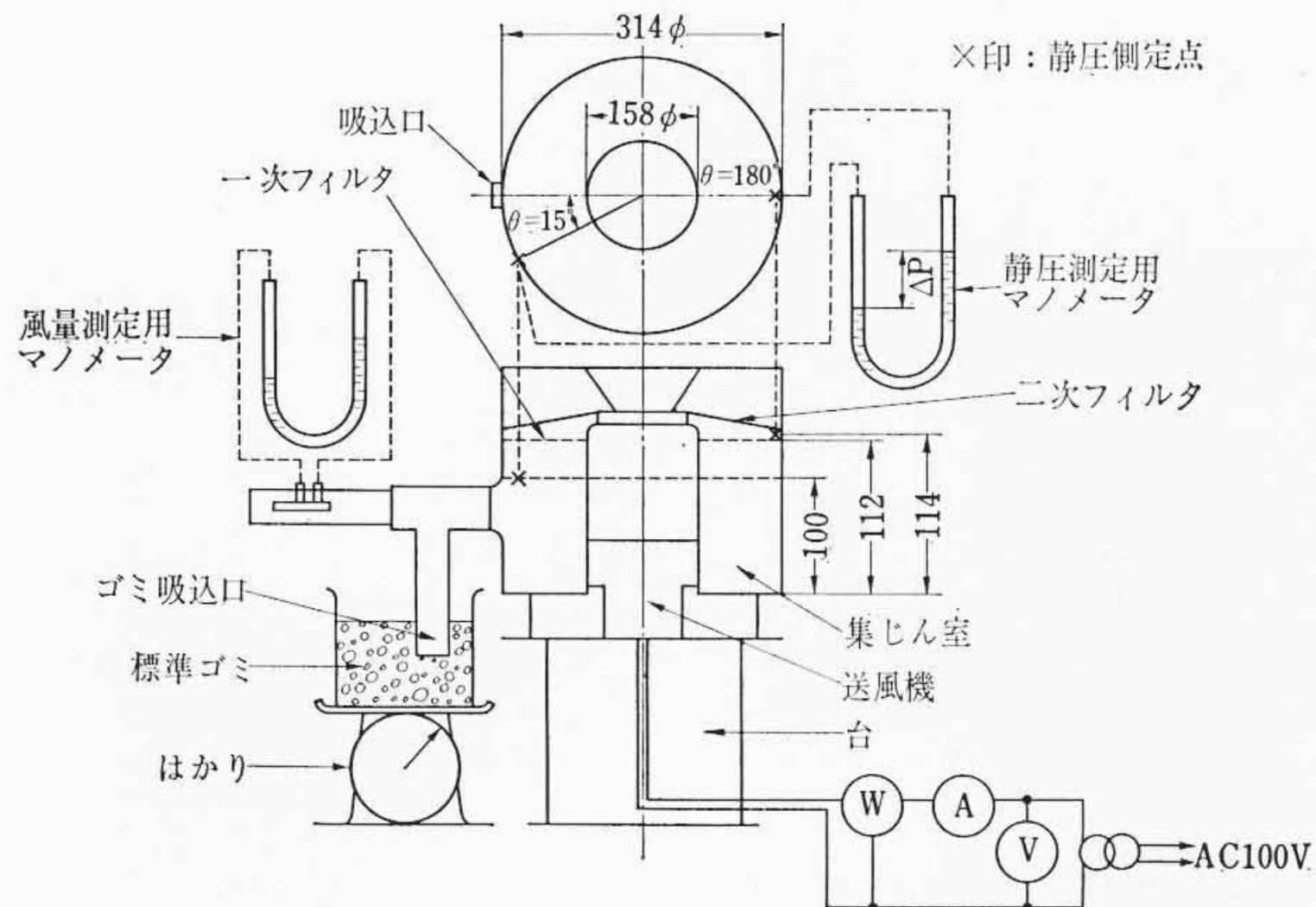


図7 実験装置とその配置

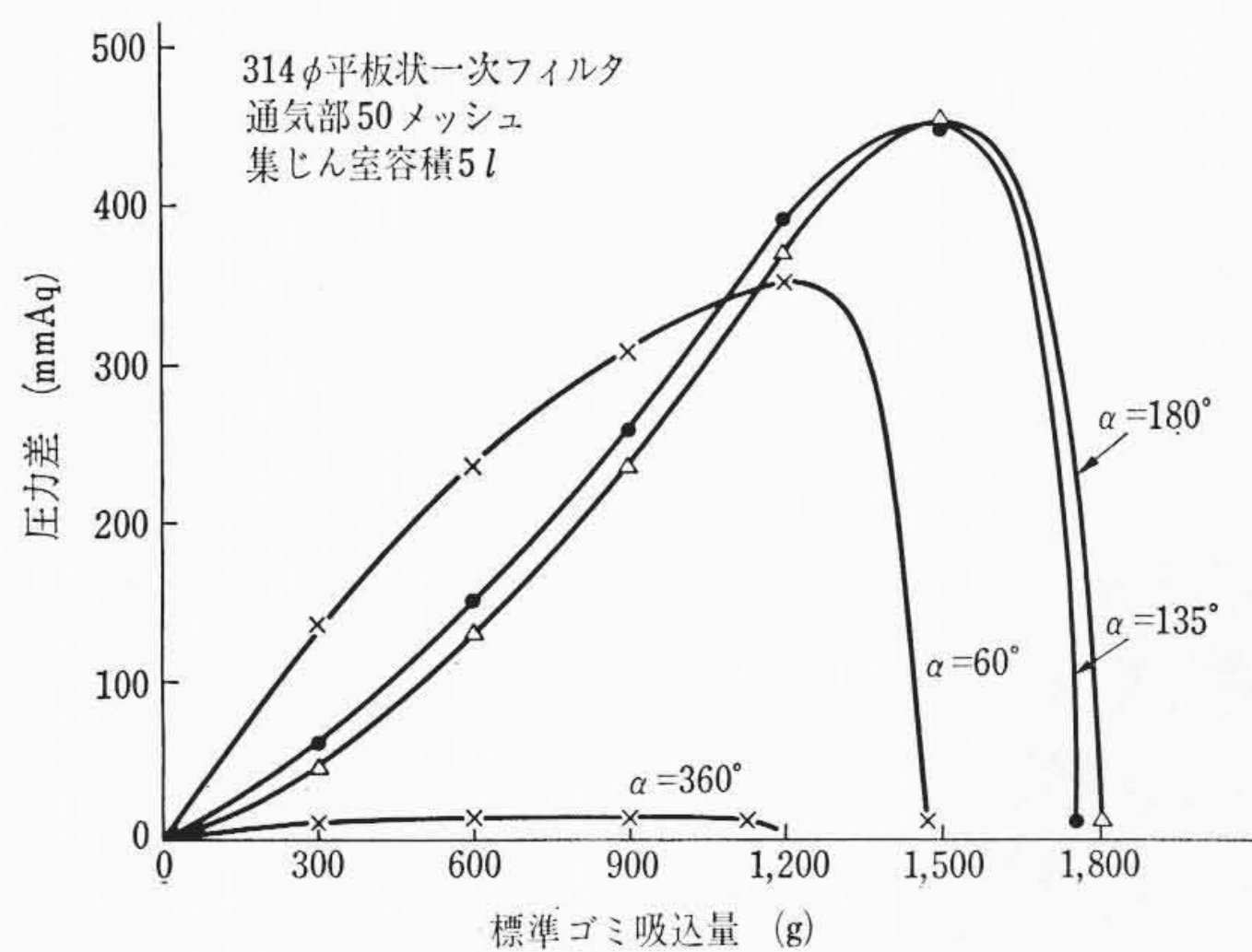


図8 標準ゴミ吸込量と圧力損失

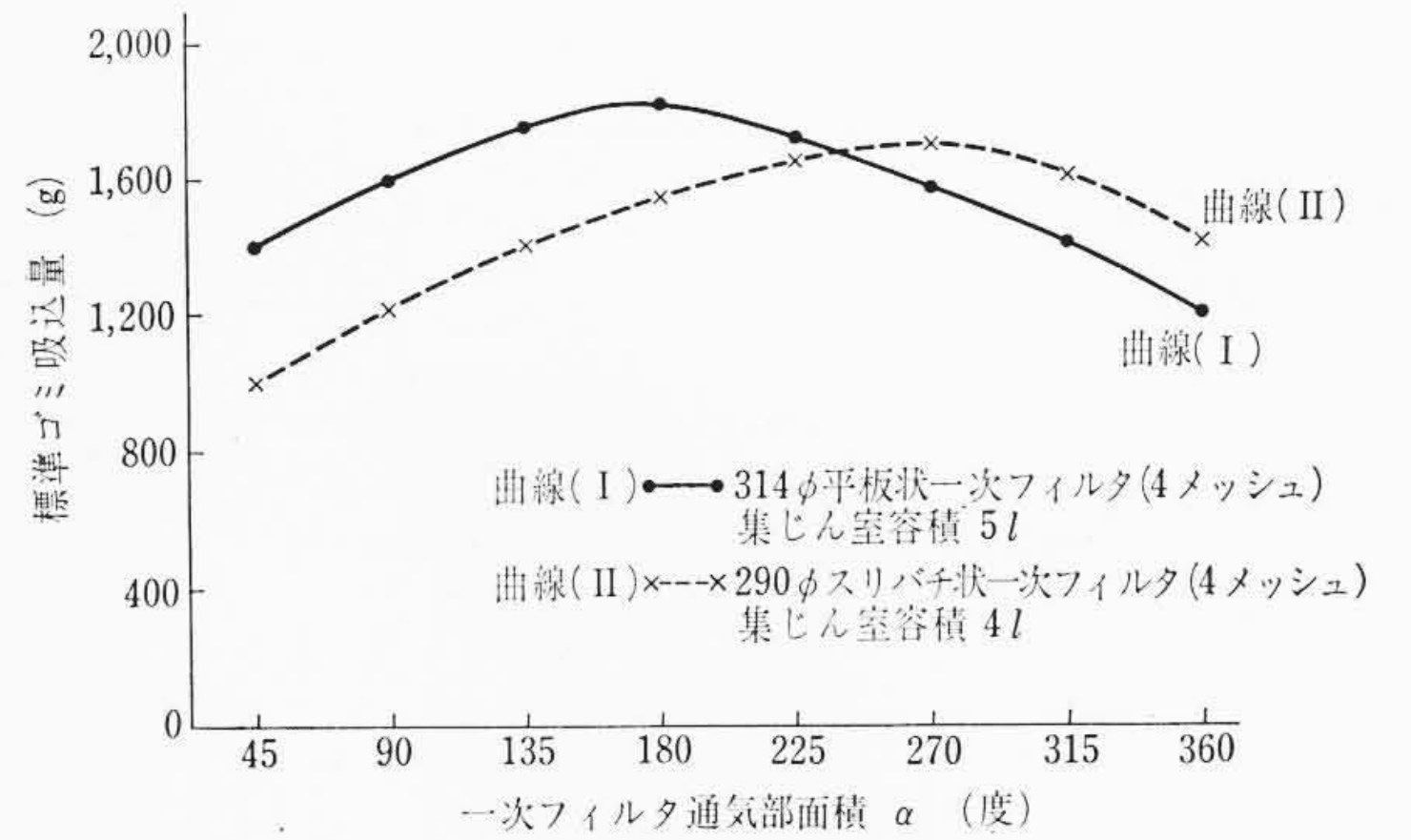


図9 一次フィルタ通気部面積と標準ゴミ吸込量

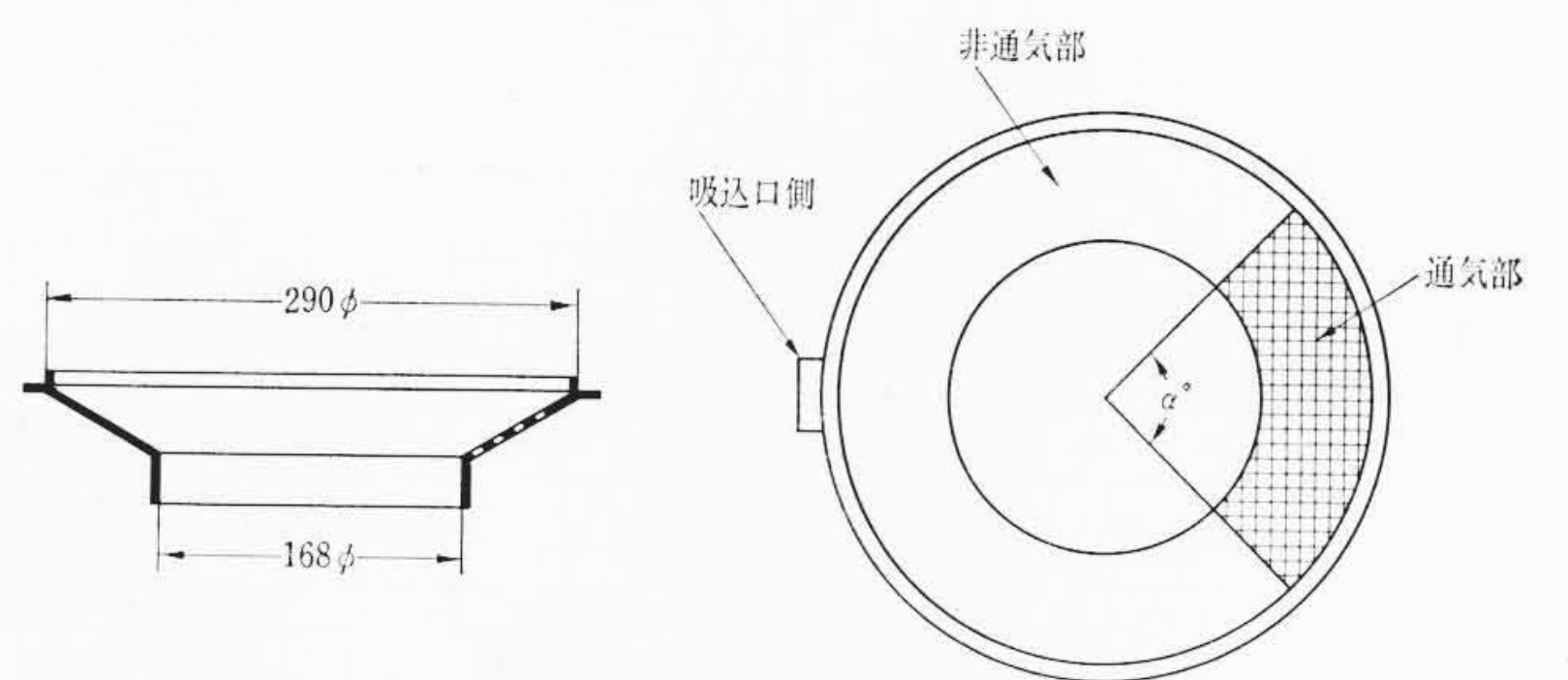
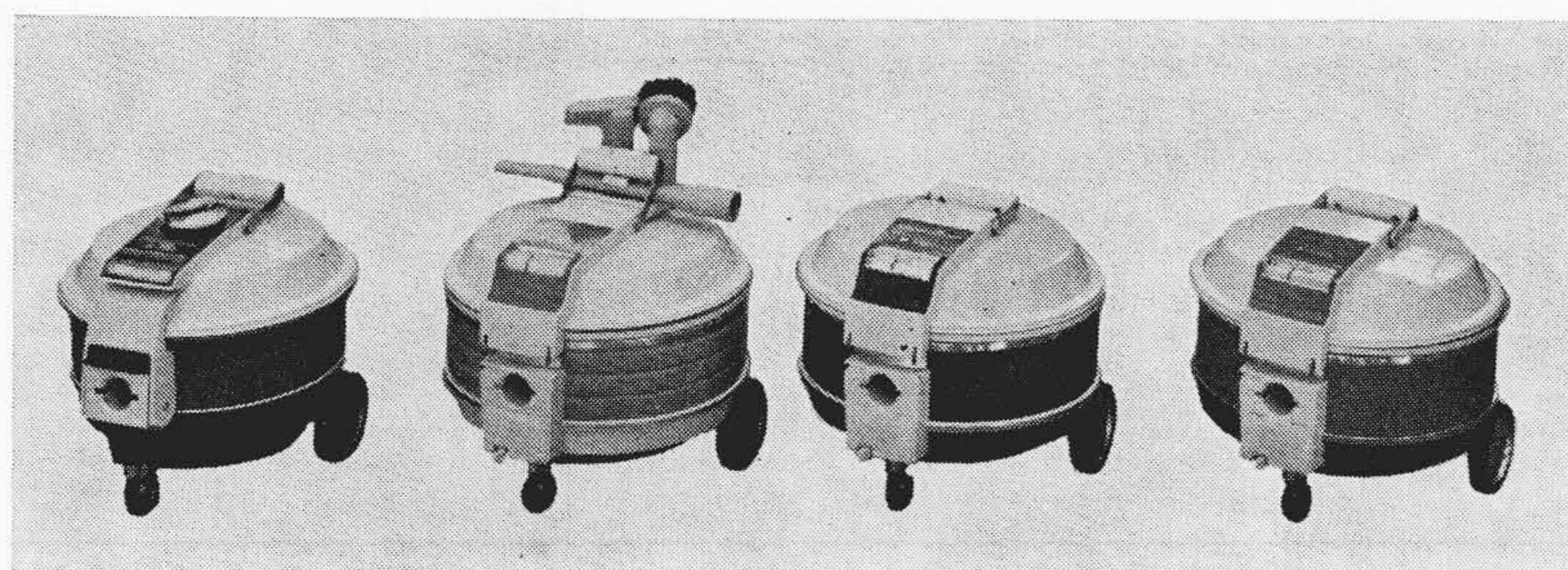


図10 スリパチ状一次フィルタ



左より、C-V250、C-V650、C-V200F、C-V200

図11 ゴミプレス式掃除機

3.1.3 実験結果と検討

標準ゴミ吸込量と圧力損失との関係の測定結果を図8に示す。図より一次フィルタの通気面積 $\alpha=360$ 度の場合は集じん室内の圧力差がほとんどなく、 $\alpha=180\sim60$ 度と小さくなるに従って圧力差が大きくなりプレス効果も大きくなっていることがわかる。しかし、ある程度以上ゴミを吸い込むと、一次フィルタが目づまり現象を生じ、風量が減少するので、一次フィルタの通気部面積の小さいものから圧力差が小さくなり、 $\alpha=135\sim180$ 度の間で圧力差の最大値が表われる。

以上の結果は図6に示したような平板状の一次フィルタで通気部の網目 50 メッシュのもので測定した結果であるが、図6と同じ形状で網目を 4 メッシュにすると、 α と集じん容量との関係は図9の曲線(I)に示したようになり、 $\alpha=180$ 度で最大値を示す。また図10に示すようなスリパチ状の一次フィルタで網目を 4 メッシュにすると(ただし、このときの集じん室容積は 4L)、 α と集じん容量との関係は図9の曲線(II)で示すようになり、 $\alpha=270$ 度

で最大値を示す。

以上に述べたように、ゴミプレス力およびそれによる集じん容量は、一次フィルタの形状、通気部面積およびその目のあらさと大きな関係があり、製品への採用に当たっては、それぞれ最もよい条件を選んだ。

3.2 製品の構造、仕様

図11はゴミプレス式掃除機4機種の外観写真を、図12、13はそれらのうちの代表的な2機種C-V200形およびC-V250形の内部構造を示したものである。表1はそれらの仕様である。

3.3 製品の集じん性能

前節に述べた2機種のゴミプレス式掃除機、および従来のゴミプレス式でないC-V80E形掃除機の集じん性能を比較して示したのが表2である。この表より明らかなように、それぞれ掃除機に標準ゴミを吸わせたとときの集じん容量は、C-V200形(集じん室容積 5L)では 1,500g、C-V250形(集じん室容積 4L)では 1,200g となり、C-V80E(集じん室容積 3L)と比較すると、2.8倍および2.2倍の大

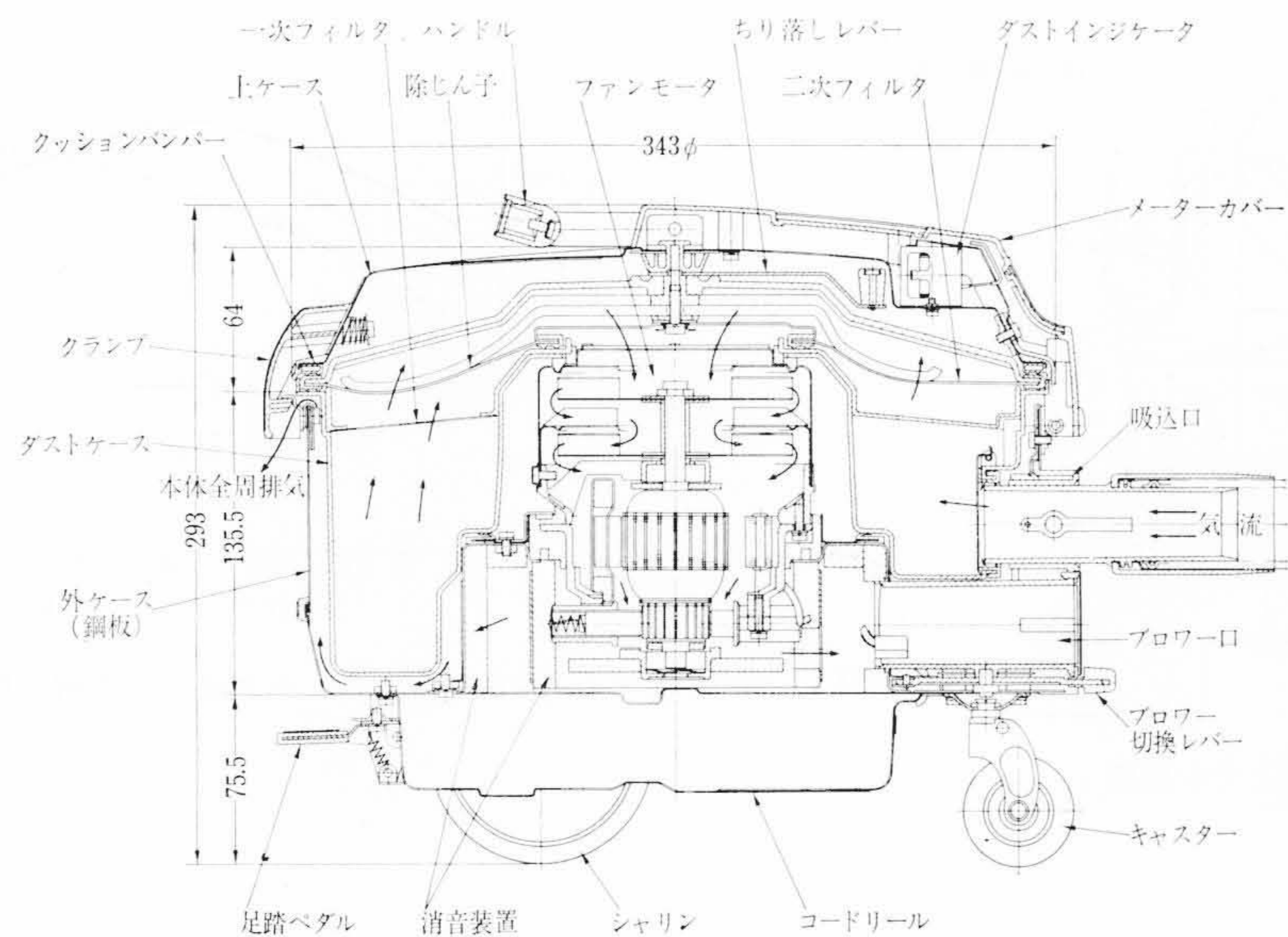


図 12 C-V 200 形
電気掃除機の構造

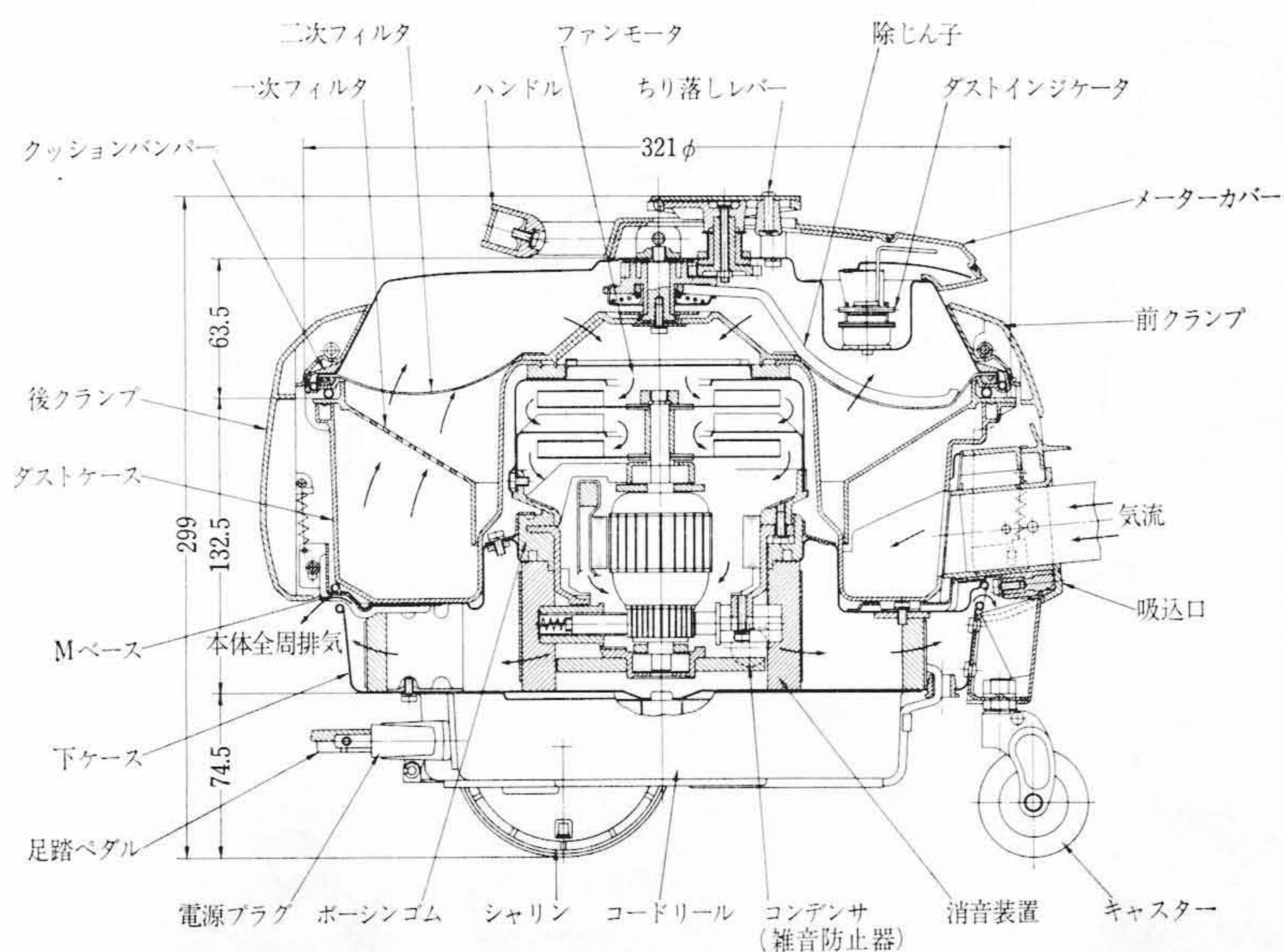


図 13 C-V 250 形
電気掃除機の構造

表 1 ゴミプレス式掃除機(C-V 200 形, C-V 250 形)の仕様

一 般 仕 様				集 じ ん 部 仕 様		
項 目		C-V 200 形	C-V 250 形	項 目	C-V 200 形	C-V 250 形
電 源	電 圧	100 V 50/60 Hz	100 V 50/60 Hz	集 じ ん 方 式	二 重 ろ 過 方 式	二 重 ろ 過 方 式
	力	550 W	550 W		ナイロン 20 メッシュ	ポリプロピレン 4 メッシュ
回 転	数	16,500 rpm	17,100 rpm	一次フィルタ通気部材質	ナイロン 20 メッシュ	ポリプロピレン 4 メッシュ
	風 量	3.1 m ³ /min	3.1 m ³ /min	一次フィルタ通気部面積	147 cm ²	108 cm ²
真 空	度	1,200 mmAq	1,250 mmAq	二次フィルタ材質	起毛状ナイロンスエード	起毛状ナイロンスエード
	本 体 の 大 き さ	293h × 343φ	299h × 321φ	二次フィルタ表面積	667 cm ²	618 cm ²
排 気 方 式		分散, 集中切換式	分散排気式	ゴミ捕集方式	ダストケース式	ダストケース式
				集じん室容積	5 l	4 l

集じん容量の掃除機となる。また集じん室の単位体積当たりの集じん容量についてみると、C-V200 形, C-V250 形ともに、C-V80E 形の 1.7 倍となり、ゴミプレスの効果が明確に表われている。

4. 結 言

以上の結果を要約すると

- (1) 家庭のゴミの大部分を占める繊維質ゴミは、圧縮して集じることができることを理論的に明らかにした。
- (2) 繊維質ゴミを圧縮して集じんすることにより、集じん室の単位体積当たりの集じん容量を、家庭のゴミに近い標準ゴミで、ゴミプレス式でない従来の掃除機に比較して約 70% 増すことができた。

表 2 ゴミプレス式掃除機集じん性能

形 式		C-V 200 形	C-V 250 形	C-V 80E 形 (非ゴミプレス)
一 般 特 性	入 力 (W)	550	550	500
	風 量 (m ³ /min)	3.1	3.1	3.0
	真 空 度 (mmAq)	1,200	1,250	1,200
集 容 じ ん 量	1 台 当 た り (g)	1,500	1,200	540
	単 位 体 積 当 た り (g/l)	300	300	180

なお今後はさらに細部についてじゅうぶん検討を加え、ユーザー各位のご批判をもあおいで、さらにより掃除機とする所存である。

参 考 文 献

- (1) 大気汚染研究全国協議会編： 除じん装置ハンドブック, 96 (昭-38 コロナ社)