303 缶飲料自動販売機における冷・暖気流の最適化

Optimization of the Cold and Warm Air Flow in a Canned Drink Vending Machine

○学 坂本 陽 (東電大院) 持田 直之 (東電大)

吉川 典宏 (東電大) 正 国吉 光 (東電大)

You SAKAMOTO, Naoyuki MOCHIDA, Norihiro YOSHIKAWA, Hikaru KUNIYOSHI

Tokyo Denki University, Ishizaka, Hatoyama-machi, Hikigun, Saitama

Key Words : Vending machine, Shooter, Louver, The air flow control equipment

1. 緒言

2005 年末における自動販売機および自動サービス機の普及台数は約 558 万台、自販金額は 6 兆 9 千 9 百億円となり、私たちが快適に生活をしていく上で欠かせないものになっている⁽¹⁾。2001 年の自動販売機全体の年間消費電力量は約 74 億 kWh であり、この値は原発 1 基分の約 80%にも相当する⁽²⁾。

そこで本研究では、缶飲料自動販売機の庫内における流れに着目し、これを改善することにより、冷却・加熱に大半を使用しているエネルギーを削減することを目的とする。

本報では、冷却・加熱時間を短縮させるためにシュータおよびルーバー（気流制御装置）を設置した改良型と、何も工夫を施していない標準型との比較・検討を行う。

2. 缶飲料自動販売機の構造⁽³⁾

100～500ml の缶に入った飲料は、商品収納庫内のラック (Rack) に収納されて冷却・加熱される。商品が押ボタンにより選択されると、ベンドメック (Stopper) が動作して商品は、自重でシュータを転がり、扉下部の取り出し口に搬出される。庫内下部の蒸発器およびヒータにより冷却・加熱された気流は、庫内底部後方のファンにより吹き出される。吹き出された冷・暖気は、シュータに開いた多数の穴 (φ10, 計 756 個) を通り抜けてラック下部の缶に当たる。また、本体前面とラックの隙間を通過して上部をまわり、背面の吸気ダクト (Inhalation of air duct) に吸い込まれ、再び冷却・加熱されて自動販売機内を循環する構造になっている。庫内にはサーミスタが設置されており、次販売商品温度が冷却の場合 $4 \pm 2^\circ\text{C}$ 、加熱の場合 $55 \pm 2^\circ\text{C}$ に制御されている⁽⁴⁾。本研究では市販のものと形状・構造が同様の図 1 に示すモデル機を使用して実験する。ラック番号は装置前面左側から ①～⑥とした。

3. 従来機の問題点

一般的な機内気流の流れは、ファンから出た冷却・加熱気流がシュータを通り、機内を循環することによって、ラックに収まった缶飲料を冷却・加熱していく。桑原らの研究では、従来機の循環気流における 2 つの問題点を明らかにした⁽⁵⁾。PIV 法により解析した結果、図 2 に示したように従来機の缶飲料自動販売機は、気流がシュータ後方に吸い込まれて背面まで行き渡らず、蒸発器を循環しない気流が発生し、効率的に缶が冷却・加熱されないこと（図中 A 部）、ファンから出た風速 $v=7.1\text{m/s}$ の気流が、シュータ下前面側で渦を形成し、シュータ通過後に約 42% の大幅な風速低下を引き起こしていること（図中 B）の問題点が挙げられている。

4. ダクト型およびルーバー併用型

前項で示した問題点を改善するために、シュータ下に 3 種類のガイドダクトおよびラック下にルーバーを設置した。

Fig.1 Model of the canned drinks vending machine

Fig.2 Problems of the canned drinks vending machine

ガイドダクトの形状（図 3 参照）は、シュータ孔出口風速測定で得られた風速分布から、缶に効率よく気流が当たるように設計した。ガイドダクト A は、開口面積は小さいが、シュータ孔出口の風速は速く、ガイドダクト B は、風速は遅いが、開口出口面積が大きいという特徴を持つ。ガイドダクト C はガイドダクト A とガイドダクト B を基に、ファン出口から底面までの空間をガイドダクト A の形状と同様にし、底面からシュータ孔出口までの空間をガイドダク

ト B の形状と同様にすることで風速を上げ、缶に当てる風量を上げるような形状にした。さらに、缶により多くの気流が当たるように、ルーバーを③、⑤ラック直下に取り付けた(図 1 参照)。ルーバーは薄い円弧状(弦 34mm, R38mm, 厚さ 0.1mm) のスチール板を用いることにより、販売経路は塞がれるが、缶の自重によってルーバーが押し広げられるようになっている。

5. 実験装置および実験方法

(1) シュータ孔出口風速測定

ダクト型の評価として、シュータ孔出口の風速を熱線風速計にて風速を行う。気流をシュータから吹き出させ、シュータ各孔の最大風速 u を測定した。

(2) 冷却実験

側面をアクリル板にした可視化用の透明庫内モデルを使用する。冷却装置が無い場合、室内温度を 21~22℃ に維持した状態で、庫内冷却を室内温度で行う。そこで缶内の水の温度を、初期温度 $T_0=55^\circ\text{C}$ 、終了温度を $T_e=26.2^\circ\text{C}$ に定める。缶内一杯に充填した水の温度測定に、熱電対を缶の中央部に挿入し、終了温度に達した冷却時間 τ を記録した。

6. 風量

シュータ孔出口風速測定で得られた結果より、風量を表 1 に示す。標準型は孔数が最も多いが、風量はダクト A 型、ダクト B 型と同様で、4 条件のうちダクト C 型が最も風量の多い結果となった。標準型の風速分布は、装置前面①ラック下と③ラック下付近で風速が一段と速くなっている。ガイドダクトの設置により前述の問題点を解決したため、各ダクト型の平均風速は標準型よりも速くなった。

7. 缶飲料冷却時間

缶飲料冷却時間を図 4 に示す。従来の自動販売機と同様の条件を標準型とし、改良型として 3 つのガイドダクトを設計し、標準型に設置したダクト A 型、B 型および C 型との冷却時間を比較する。また、ルーバーを追加した条件をルーバー併用型とする。標準型では、流れの集中する装置前面側①ラックが最も早く、次いで、気流が吸気ダクト側に吸い込まれ、流速が上がった影響で⑥ラックの冷却時間が早くなっている。平均冷却時間(図中 τ_a 参照)を比較すると、ダクト A 型および B 型の風量は標準型と同程度であるが、冷却時間は標準型よりやや上回った。ダクト C 型は、標準型より風量は上がっているが、冷却時間は標準型とほぼ同等となった。このことから、冷却時間は風量が増えると短縮されるが、効果的に缶に気流を当てなければ標準型より短縮されないことがわかる。さらに、ルーバーを追加し缶に当てる気流を多くすることで、ルーバーを設置した周辺(③~⑤ラック)の冷却時間の短縮化が顕著に現れている。また、冷却時間が最も早いラックと最も遅いラックの冷却時間の差を小さくすることができ、どの条件でも 10% 以上の改善効果となった。特にダクト C およびルーバー併用型では、①、②ラックの冷却時間を標準型と同等とし、④~⑥ラック(ルーバーを設置した周辺)の冷却時間を大幅に短縮(④ラック最大-32 分)させ、平均 111 分、標準型比 14% の改善となった。

8. 結言

シュータ孔出口の風量が最も多いダクト C 型の条件にルーバーを併用することで、標準型比最大 14% の改善となった。ただし、各ダクト型の冷却時間の平均が標準型より同等、もしくは上回った結果より、ガイドダクトの形状を見直す必要がある。

ルーバーを併用した条件では、どの条件も 10% 以上の改善効果が得られることが分かった。

Fig.3 Shapes of the guided ducts

Table1 The shooter exit velocity

	Standard	Duct A	Duct B	Duct C
Number of holes	756	255	405	405
Average of the wind velocity u_0 m/s	0.716	2.12	1.33	1.41
Maximum wind Velocity u_m m/s	3.10	3.80	3.50	3.09
Air capacity u_c m ³ /s	425×10^{-4}	425×10^{-4}	424×10^{-4}	449×10^{-4}

Fig.4 The cooling time

参考文献

- (1) 日本自動販売機工業会編：自販機レポート Vend VOL.30, 日本自動販売機工業会, (2006), p.22.
- (2) 日本自動販売機工業会：自販機普及台数及び年間自販金額, 日本自動販売機工業会, (2003), pp.1-6.
- (3) 木村文彦：自販機技術総覧, 日本自動販売機工業会, (1998), 恒星社厚生閣, pp.69-74.
- (4) 日本自動販売機工業会 HP: <http://www.jvma.or.jp>.
- (5) 桑原, 他 3 名：缶飲料自動販売機内における冷・暖気流れの解析, 鹿児島地方講演会講演論文集, No38-2, (2003), pp.133-134.