ヒューム・フードに関する研究*

——バッフル板の構造, 寸法が性能におよぼす影響について

国吉 光**, 長廣仁蔵**, 本多 昇***, 大沢吉雄***

Research on Fume Hood

——Effect on Structure and Dimensions of Baffle Plate on Performance

Hikaru KUNIYOSHI, Jinzo NAGAIRO, Noboru HONDA and Yoshio OSAWA

ABSTRACT

For getting high performance fume hood the authors obtained mainly the effect of structure and dimensions of baffle plate on suction velocity and static pressure by visualizing the air flow. The following conclusions can be drawn in this paper.

- (1) In the old fume hood model eddies growing inside box cause large static pressure, therefore loss is large.
- (2) By changing the upper suction port, the eddy vanishes and static pressure becomes extremely small.
- (3) Using "a" for upper suction port clearance and "b" for lower clearance, suction velocity is most uniform in the case of $a/b \approx 0.7$. In the region of $30 \sim 50^\circ$ of baffle plate angle it is scarcely affected.
- (4) Static pressure becomes smaller as clearance "a" and "b" increase, and becomes smaller as baffle plate angle increases.

1. はじめに

ヒューム・フードは化学実験を行なう場合に発生する有害ガスなどを効率良く室外に排気して、作業者の安全をはかることを最大の目的としている。ヒューム・フード内で発生する有害ガスなどを効果的に排気するためには下記の性能が必要である。

- (1) 開口部における前面平均風速が $0.25 \sim 1.0 \text{ m/s}^{1,2)}$ (実験的内容により異なる) に維持され

ること。

- (2) 前面風速の値が各測定位置においてできるだけ平均化していること。
- (3) ヒューム・フード内部でブンゼン・バーナを使用した場合に炎が揺れない程度、また、内部で発生するガス等が逆流しない程度に気流の渦が生じないこと。
- (4) 実験室の環境上、低騒音であることおよび振動が少ないこと。

ヒューム・フードの国内のメーカーは10社程度あり、それらの基本構造はフードおよびバッフル板からなり、同じである。このバッフル板の構造、寸法が、上記性能におよぼす影響は大きく、

*原稿受付 昭和59年10月20日

**東京電機大学理工学部

***ヤマトラボテック(株)

図1 Structure of Fume Hood (Model FS)

その設計が重要な点となっているが、これらに関する文献は、ほとんどない。そこで本研究では、ヒューム・フード内の空気の流れの可視化等を行なって、主として、パッフル板の構造、寸法が前面風速や静圧におよぼす影響を求め、ヒューム・フードの性能を向上させる設計の資料を得ることを目的とした。

2. FS型の特性

ヒューム・フードの国内のメーカーは10社程度であるが、その基本構造は似ており、その中のヤマト科学(株)製のヒューム・フード、FS型を取りあげて、静圧 p_s 、前面風速 u を測定した。FS型の構造を図1に示す。空気は前面より吸い込まれ、パッフル板の上部と下部の吸込口から吸引されて、天井に設けられたボックス部を通して、送風機へと排出される。

2.1 前面風速

ヒューム・フード前面入口において、図1に示すように上下に6列(下からA, B, ……F), 各列、横方向に5点、合計30点について、定温度型熱式風速計($\phi 1 \times 7$ の白金線抵抗素子)を用いて、前面風速 u を測定した。

実験条件としては、送風機回転数 $n=600 \sim 1420$ rpm, 前面ガラス扉開度 H を全開($H=50$)

図2 Suction Velocity Distribution

から全開($H=680$)とした。

前面風速分布の一例として $n=1420$ rpm, H =全開の場合について、図2に示す。前面風速 u は、B～F列において $0.2 \sim 0.33$ m/sとほとんど均一となっている。しかし、A列においては、他とはなれた低い値を示す。これは、A列の測定位置が作業面縁より25 mmであり、図1に示すごとく、作業面縁に70 mmの段差があり、この付近に渦が生じているため、 u が低くなっていると考えられる。ただし、実用上は、 u が低い部分は前面下のわずかな部分であり、問題とはならない。なお、送風機回転数 n を増すとあるいは前面ガラス扉開度 H を小さくすると前面風速は全

体的に大きくなるが, 上述の分布の模様は同じである。

2.2 静圧

送風機の回転数 n を 600~1420 rpm まで変化させることにより, 風量 Q を変え ($Q \propto n$) て, 静圧 p_s を測定した。ヒューム・フード出口フランジ部より 60 mm 下流の管壁に内径 $\phi 4$ のタップ孔を穴け, マノメータにより p_s を測定した。なお, ヒューム・フードから室外まで, 排気ダクトが設置してあり, その管出口断面において, 半径方向に 20 点の速度分布を熱式風速計で測定し, Q を求めた。

その結果を図 3 に示す。送風機の回転数 n を大きくすると, 風量 Q は大きくなり, 静圧 p_s はほぼ Q^2 に比例して大きくなる。定格回転数 $n = 1420$ rpm で運転しても, Q は $20 \text{ m}^3/\text{min}$ (定格は $32 \text{ m}^3/\text{min}$) 程度と小さく, p_s が -21.5 mm Aq と大きく, かなりの抵抗があることがわかる。なお, 前面ガラス扉開度 H を変えても p_s は変わらない。

2.3 ボックス内の空気の流れ

前述のように静圧 p_s が大きいため, ボックス内の空気の流れを可視化して検討した。FS 型の 1/2 のモデルを透明アクリル板で制作し, 上部吸

込口における, 実機とモデルの Re 数を一致させその速度を 2.5 m/s として実験した。トレーサに綿 (大きさ $3 \sim 5 \text{ mm}$ 程度) を用いて, ストロボライト ($20000 \sim 26000 \text{ rpm}$) による写真撮影を行なった結果の一例を図 4 (a) に示す。写真をみると, トレーサはその慣性力のため, 流れにのらず壁にぶつかっているが, トレーサの軌跡はボックス内で $7 \sim 14 \text{ m/s}$ の速度であり, 渦を巻いており, 煙による観察の結果図 4 (b) とあわせて, 図 1 に示すように, 明らかに, 渦が生じている。この渦のためにボックス内での抵抗が大きくなり, 2.2 で述べたように静圧 p_s が大となっていると考えられる。

そこで, この渦を消すために, 上部吸込口の位置をバッフル天板に変更した新型 (FRS 型) を

図3 Effect of Air Quantity on Static Pressure

(a) Cotton

(b) Smoke

図4 Photograph of Tracer in the Box

製作することにした。

3. 新型 (FRS 型) の特性

図5に FRP を構造材料として使用した新型ヒューム・フード FRS 型を示す。構造は図6のように、上部吸込口をバッフル天板の上部位置に変更した。この新型について、前述の FS 型と同様に性能を求めた。

3.1 上部吸込口の位置変更による静圧への影響

静圧 p_s の風量 Q に対する変化を図3に示す。新 (FRS 型) は FS 型に比べ p_s は約 1/4 に減少し、送風機定格回転数 (1420 rpm) においても Q は FS 型の 20 m³/min から 27 m³/min と伸びている。これは、上部吸込口の位置が変わったことにより、ボックス内部での空気の流れに渦がなくなり (煙をトレーサとして観察)、スムーズに流れるようになり、抵抗が小さくなったためである。したがって、上部吸込口の変更によりヒューム・フードの性能は改良された。

3.2 吸込口およびバッフル版の影響

上記の吸込口の位置において図6に示すごとく、上部吸込口のすきま (バッフル板と本体天井とのすきま) a を 25~55 mm, 下部吸込口のすきま (バッフル背板と本体背板とのすきま) b を 35~75 mm およびバッフル板の角度 α を 30~50° の範囲で変え、静圧 p_s および前面風速 u におよぼす影響を調べた。

(1) 前面風速

FS 型と同様に図6に示すように前面入口において25点での前面風速 u を測定した結果、全体的に、FS 型に比べ風量が増えた分、 u も大きくなった。各列の中で横方向には、ほとんど均一で

図5 Photograph of Fume Hood (FRS)

あったが、高さ方向に差が生じた。ここで、横方向の各列の前面平均風速 $\bar{u}$ をとって、すきま a の影響を示した例が図7である。この場合は、すきま $b=55$ mm ですきま a , すなわち上部吸込口を 55 mm と広くすると、上部から吸い込みやすくなり、測定点 E 列 (最上部) の $\bar{u}$ は大きくなり、逆に、測定点 B 列 (下部) の $\bar{u}$ は小さくなり、バラツキが大となる。これとは逆に、すきま a を 25 mm と狭くすると、下部吸込口から吸い込みやすくなり、B 列の $\bar{u}$ が大きく、E 列の $\bar{u}$

図6 Structure of Fume Hood (Model FRS)

は小さくなる。したがって、すきま $b=55\text{ mm}$ の場合は、すきま $a=40\text{ mm}$ 位で B~E 列の高さ方向のバラツキが最も小さくなる。

すきま b を変えて同様の実験を行なった結果、 $b=65$ では $a=45$ 、 $b=75$ では $a=55\text{ mm}$ の条件が、最も $\bar{u}$ のバラツキが小さくなる。そこで、バラツキの少ない条件のすきま比 a/b をとると、 $a/b \approx 0.7$ となる。

バッフル板角度 α を変えて、前面風速 u を測定したところ、 $\alpha=30\sim 50^\circ$ の範囲では、その影響はなく、ほとんど $\bar{u}$ は変わらなかった。

(2) 静圧

吸込口のすきま a および b の静圧 p_s への影響を求めた。一例として、図 7 に示すように、すきま a を $25\sim 55\text{ mm}$ と広くするにつれ、吸込口の抵抗が小さくなるため、 p_s は $-12\sim -10.5\text{ mm Aq}$ と約 10% 小さくなる。バッフル板角度 α を $30\sim 50^\circ$ と広くすると、ボックス内で流れやすくなり、 p_s は約 10% 小さくなる。

3.3 ヒューム・フード内の流れ

ヒューム・フード内の空気の流れを、煙（四塩化チタン）をトレーサとして可視化し、目視および写真撮影して調べた結果、図 8 のようになる。写真の一例を図 9 に示す。また、流れを定量的に求めるため、綿（大きさ $5\sim 10\text{ mm}$ ）をトレーサとして、ストロボライト（600 rpm）による写真

撮影を行ない、その軌跡より速度 u を計算した。その写真の一例が図 10 であり、計算した速度のベクトル図が図 11 である。なお、計算に際しては、フード内で無風の状態で、トレーサを自由落下させ、その速度を、流れの場合でのトレーサの軌跡の鉛直方向速度成分から差し引き、綿の自由落下速度を考慮した。

前面から吸い込まれる空気は、前面開口部の上半分では上部吸込口へ、下半分では下部吸込口へ吸い込まれ、その境界は開口部の高さ（740 mm）の 1/2 付近である。また、写真撮影はできなかったが、目視による観察によりボックス内部では渦はなく、スムーズに流れていることが確認できた。作業面前縁では前述したように段があるため、この部分に小さな渦を生じている。前面ガラス扉裏側とヒューム・フード天井との間にすきまがあり、そこから外部から空気を吸い込んでいる。

3.4 送風機ランナの翼型

ヒューム・フードに用いる送風機を、低騒音、高効率の性能のよい遠心多翼送風機とするために、種々の翼形状のランナについて JIS B 8330, B 8346 により実験を行なった。その結果、本実験の範囲で、効率が良く、騒音の低い送風機の翼形状として曲率半径 $R=22.5\text{ mm}$ 、翼弦長 $l=20\text{ mm}$ 、翼厚 $t=3\text{ mm}$ 、迎え角 $\beta=15^\circ$ 、翼枚数 $m=44$ 枚の円弧翼とした。

図 7 Effect of Clearance on Suction Velocity and Static Pressure

図 8 Air Flow inside Fume Hood (FRS)

図9 Photograph of Smoke Tracer

0 1 (m/s)

図11 Flow Pattern

図10 Photograph of Cotton Tracer

(2) 上部吸込口の位置を変更した結果、ボックス内で渦がなくなり、静圧も大幅に小さくなった。

(3) 前面風速は、上部すきまを a 、下部すきまを b とすると、 $a/b \approx 0.7$ の場合に最も均一と

なり、バッフル板角度を $30 \sim 50^\circ$ の範囲で変えても、ほとんど影響しない。

(4) 静圧は、すきま a および b を広くすると小さくなり、また、バッフル板角度を大きくすると約10%小さくなる。

最後に、本実験を行なうに際しては、当時、東京電機大学理工学部学生、小沢富夫、山田 均、小林成弘、小林正則の諸君の協力を得た。あわせて、ここに厚く感謝の意を表わす。

4. まとめ

従来からのヒューム・フードの性能の改良の基礎資料を得るために、主としてバッフル板の構造、寸法が前面風速や静圧におよぼす影響を求めた結果、つぎのことがわかった。

(1) 従来のヒューム・フードでは、ボックス内に渦が生じるため、静圧が大きく抵抗が大である。

文 献

- 1) 研究室のデザイン・建築・設備に関する委員会、研究室のデザイン (昭41)、丸善
- 2) 新井吉衛、研究室の計画と設計 (昭56)、丸善
- 3) 浅沼(編)、流れの可視化ハンドブック (昭52)、朝倉書店