

短 報

歩行による乱れ気流が排気フードの捕集能力に及ぼす影響の検証

The Effect of a Cross Current due to a Worker's Lateral Passage on Local Exhaust Hood Performance

小嶋 純

独立行政法人 労働安全衛生総合研究所

Jun OJIMA

National Institute of Occupational Safety and Health,
Japan

キーワード： Cross current, Local exhaust hood, Ventilation, Worker's passage

はじめに

局所排気装置におけるフード、とりわけ外付け式フードの吸引能力は、その周辺に乱れ気流（フードの吸引気流方向とは異なる向きに流れる別の気流）が存在した場合、容易に低下する。このようなフードの能力低下は、本来吸引・捕集されるべき有害物質を環空气中に拡散させるため、作業環境の悪化と作業者への不測のばく露を引き起こす原因となる。主な乱れ気流には、開放した窓や戸口からの外気の流入、高熱体等による対流、作業者や物体の移動に伴う気流などがあり、これらが現場に存在する際には規定の制御風速に一定の上乗せ風速が必要となる。さて、流入外気や熱対流は個々の状況により千差万別なので予測される風速範囲も大きいのにに対し、作業者等の移動によって生じる乱れ気流は、移動速度を約2m/sと想定して、おおむね0.5m/sと見積るのが局排設計時の通例となっている¹⁾。しかし、作業場内で2m/sもの歩行というのはいささか不自然な仮定と思われ、また乱れ気流を0.5m/sとする点についても、これまでのところ、その可否を検証した例は無いようである。しかし近年では、作業者の歩行移動がばく露濃度に及ぼす影響を調べた研究が報告され²⁾、あるいは、ヒュームフードの性能試験項目（欧州規格 EN 14175）に、開口

2011年3月1日受付；2011年6月23日受理

J-STAGE 早期公開日：2011年7月13日

連絡先：小嶋 純 〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾6-21-1 独立行政法人 労働安全衛生総合研究所。Correspondence to: J. Ojima, National Institute of Occupational Safety and Health, Japan, Nagao 6-21-1, Tama-Ku, Kawasaki, Kanagawa 214-8585, Japan (e-mail: ojima@h.niosh.go.jp)

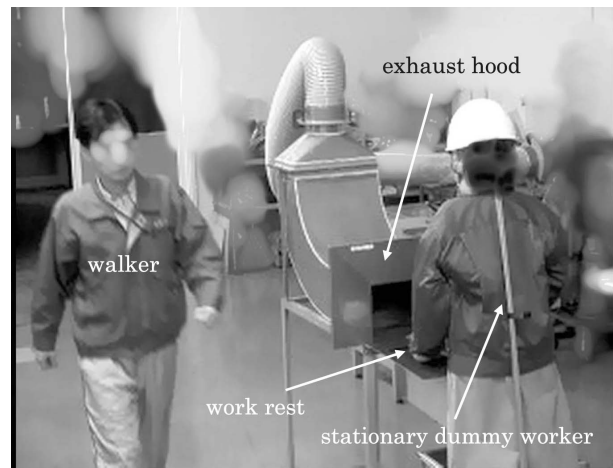


Fig. 1. General view of the experimental setup.

部傍を通過する人間の影響評価が加えられるなど、作業者の歩行に伴う気流を勘考した例も出現している。そこで当研究では、形状的に乱れ気流の影響を受け易い外付け式フードを対象に、その吸引能力に対して、近傍を通過する歩行者の起こす気流が及ぼす影響を検証した。

装置および実験方法

当研究では、供試フードとして実験室内に設けた矩形開口の外付け式フード（開口サイズ H20 cm × W35 cm, 幅15 cm フランジ付き）を選び、このフードを使用して有害物取扱い作業を行う静止作業者の傍を、別の作業者が移動通過するという状況を想定した (Fig. 1)。乱れ気流およびフード吸引気流の風速測定には無指向性微風速計（日本カノマックス(株)製クリモマスター MODEL 6521）、およびベーン式風速計（株式会社カスタム製 Model CW-50）を使用した。また気流の可視化はスモークマシン（ダイニチ工業(株)製 ポータースモーク PS-2001）によって行い、これをデジタルカメラで動画撮影して気流の状態を観察した。フード開口前面には43 cm × 43 cmの平板作業面を設定し、その中央部にスモーク発生口（10 cm × 7.5 cm）を設けて作業面上での有害蒸気発生源を模すものとした。フードに向き合う静止作業者は身長約170 cmの立位のマネキン人形で代用し、その横を通過する作業者は身長約170 cmの成人男子が約1.5 m/s（= 5.4 km/h；歩行距離および所要タイムで確認）の速度で静止作業者の対面方向に歩行するものとした。

実験では、まずフードから側方0.5 m, 1 m, 1.5 mの距離（フード開口面の右端からの距離）に引いた線上を歩行する際に生じる乱れ気流の大きさをそれぞれ測定し、次にフードの吸引風速を段階的に変化させて、この乱れ気流がフードの捕集能力に及ぼす影響を調べた。なお、乱れ気流の影響を定量的に表現することは困難な

め、今回はスモークの観察に依ることとし、スモークのフード外漏洩の有無によってフードの有効性を判定した。同一条件による観察を連続10回行い、その間一度もスモークのフード外漏洩が確認されなかった場合をもって、漏洩が抑止される風速条件と判断した。

実験結果

フード側方を歩行者が通過した際に生じる乱れ気流を、フードの正面（作業面中央上）において測定した結果をTable 1に示す。乱れ気流の平均風速はいずれの条件でも0.17-0.18 m/s程度で、各平均風速間に統計的な有意差は無く（*t*検定；95%水準）、少なくともフードから1.5 mまでの範囲では、乱れ気流の大きさに歩行者通過位置の違いが及ぼす影響は確認されなかった。

次に、スモークを発生させながら吸引風速を約0.3-1.05 m/sの範囲で段階的に変化させ、そこに乱れ気流を与えて、吸引気流が受ける影響を観察した。なお、この際の乱れ気流はフードの側方0.5 m位置を歩行通過して惹起させるものとし、吸引風速の測定位置は仮想捕捉点としてスモーク発生源直上10 cmに定めた。Table 2に各吸引風速における処理風量と漏洩の有無を調べた結果を示す。観察の結果、吸引風速が0.98 m/s以下では、生じた乱れ気流により、スモークは歩行者通過直後2-3秒間にわたり歩行者側へ引かれるように流れ、フード外に漏洩・拡散する様子が確認された。また、フードの吸引風速を1.05 m/sにまで上げた時点で、スモークの漏洩は消失することも判明した。Fig. 2-1とFig. 2-2には、吸引風速を0.29 m/sおよび1.05 m/sとし

た際の、歩行者通過前後におけるスモークの状態をそれぞれ図示した。

考察とまとめ

作業場内を歩行する人間が惹起する乱れ気流は、以前から一般的に考えられている値よりは小さく、0.2 m/s程度と見積もるのが適当と思われる。一般に、局排設計ではフード周辺に存在する乱れ気流の値から、0.3 m/sを減じた数値を制御風速に加算するのが通例なので、従前の計算法に従えば、歩行による乱れ気流は無視し得るものとして処理される。しかし、実験により検証してみると、0.2 m/sに満たない微風速の乱れ気流であってもフードの捕集能力に明らかな影響を及ぼしており、有害物質の漏洩を完全に防ぐ為には吸引風速が1 m/s以上必要であると予測された。一回の歩行通過で生じる乱れ気流の持続時間はごく短い、仮に頻繁な通行が予想される通路近傍などにフードが設置されていた場合は、断続的に漏洩が続くため有害物質が周囲に拡散し、環境を悪化させる可能性もあるので軽視はできない。上記のように吸引風速を上げれば、このような乱れ気流の影響を排除することは可能だが、必然的に処理風量の大幅な増加をもたらす（本研究の例では、有機則本来の制御風速0.5 m/sを1.05 m/sまで引き上げるにより処理風量が約2.8倍増加する）空調エネルギーの散逸³⁾や除去装置の負担増を招くので、かかる不経済を避けるには、まず該当するフードを乱れ気流の無い場所に移設するか、フードの傍らにカーテンやバツフル板を設置するなどして対処すべきである。また、作業上支障が生じなければ、

Table 1. Cross current due to worker's lateral passage

Distance between the hood and the walker [m]	Cross current [m/s]*
0.5	0.17 ± 0.05
1.0	0.18 ± 0.07
1.5	0.18 ± 0.05

*Values are the mean ± S.D. (n=10).

Table 2. Effect of the cross current on the hood performance

Capture velocity [m/s]	Smoke leakage	Exhaust flow rate [m ³ /min]
0.29	○	4.41
0.40	○	4.96
0.49	○	5.71
0.59	○	6.85
0.71	○	8.69
0.81	○	9.83
0.88	○	10.46
0.94	○	11.76
0.98	○	14.36
1.05	—	16.21

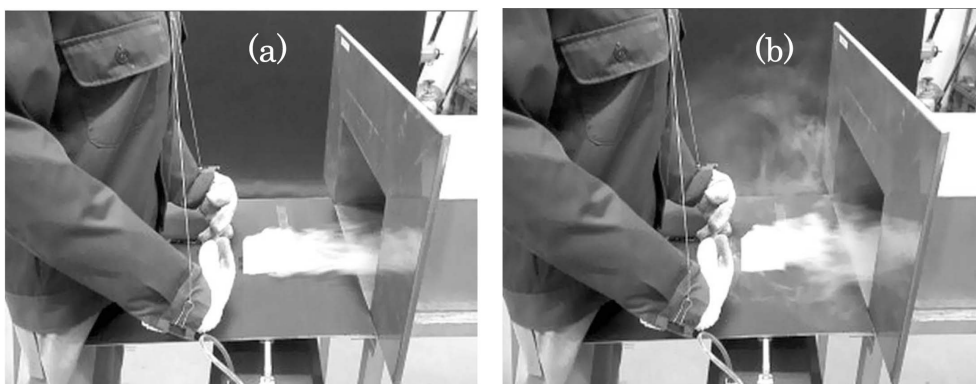


Fig. 2-1. Smoke flow pattern in front of the hood, capture velocity = 0.29 m/sec, exhaust flow rate = 4.41 m³/min, (a) immediately before the worker's passage (b) immediately after the worker's passage.

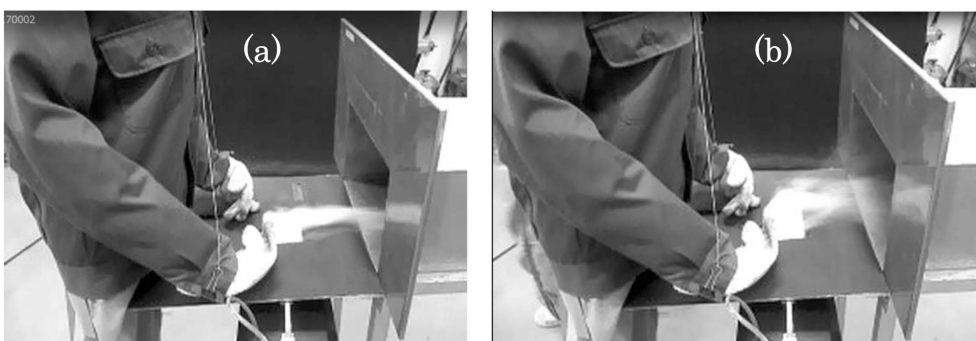


Fig. 2-2. Smoke flow pattern in front of the hood, capture velocity = 1.05 m/sec, exhaust flow rate = 16.21 m³/min, (a) immediately before the worker's passage (b) immediately after the worker's passage.

より乱れ気流の影響を受けにくい形式のフード（囲い式やブース型フード）への代替も勘案されたい。やむなく制御風速に上乘せを行う際は、乱れ気流の種類や状態に応じた最適な値を個別に検証して求めることが望ましい。なお、外付け式フードを使用する作業員自身の動きによって生じた気流がフードの捕集能力に与える影響については過去に別途検討しているので⁴⁾、参考文献として末尾にあげた。

文 献

- 1) 沼野雄志. 乱れ気流の大きさ. やさしい局排設計教室. 東京: 中央労働災害防止協会, 1990: 98-9.
- 2) Lee E, Feigley CE, Khan J, Hussey JR. The effect of worker's location, orientation, and activity on exposure. *J Occup Environ Hyg* 2007; 4: 572-82.
- 3) Energy considerations. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. *Industrial Ventilation — a manual of recommended practice for design* 27th edition. Cincinnati: ACGIH, 2010: 11-1-11-14.
- 4) 小嶋 純. 作業員の動作が側方吸引式フードの排気効果に及ぼす影響. *産業医科大学雑誌* 2005; 27: 273-8.