

開放式プッシュプル型換気装置による 作業環境改善の現状と課題

興 研(株)

労働衛生コンサルタント事務所所長 岩 崎 毅*

1. は じ め に

平成9年3月の有機溶剤中毒予防規則の改正、平成10年3月、粉じん障害防止規則の改正により、プッシュプル型換気装置が局所排気装置と同等に使えることになった。プッシュプル型換気装置は局所排気装置と比較すると優れた点が多々あり、局所排気装置では十分に対応出来なかった作業環境改善にも有効に用いることができ、より高い排気制御効果が期待できる。また、作業空間が有効に使えることにより作業性を損なわないし、溶接作業場のような移動発散源にも対応でき、局所排気装置に比べて排気風量が少なく済み、さらに、微風速により有害物質を抑制することが可能である。

そこで、本報では、開放式プッシュプル型換気装置による作業環境改善の現状、新しく製品開発された開放式プッシュプル型換気装置、および溶接作業場の粉じん対策（ヒューム対策）に開放式プッシュプル型換気装置を適用する場合の課題に対する技術情報などについて述べる。

2. 開放式プッシュプル型換気装置による 作業環境改善の現状

対策例1：有機溶剤による洗浄作業

産業の現場では、数多くの化学物質を溶解し、適度な蒸発速度を持つ有機溶剤が、洗浄作業のための洗浄剤として最も多く使用されている。洗浄作業方法として、まず、溶剤を浸したウェスで拭

きとる払拭作業、製品を溶剤タンク内に浸し、タンク内を攪拌したり、タンク内でブラッシングする洗浄作業および洗浄装置を用いて溶剤蒸気により洗浄する洗浄作業などがある。これらの作業中に溶剤を浸したウェス、溶剤タンク、および洗浄容器などから有機溶剤蒸気が広範囲に発散もしくは拡散により混合分散し作業室内を汚染することで作業者の溶剤曝露が今なお問題¹⁾となっている。

そこで、今回の洗浄作業では、洗浄する容器の大きさが数種類あり、作業範囲もかなり広いことから、写真1に示されるように、開放式プッシュプル型換気装置（水平流）が選定された。この開放式プッシュプル型換気装置のプッシュプル距離が3mとかなり長いため、捕捉面を2箇所とした。

対策例2：粉体の配合および秤量作業

塗料を製造する工程で原料の粉体を投入しながら秤量する作業がある。この作業に対する対策として、局所排気装置が設置されていたが、発散した粉体を完全に捕捉吸引させるためには、原材料

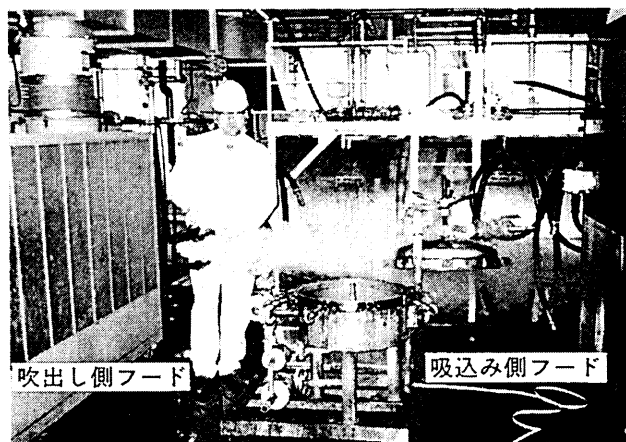


写真1 有機溶剤による洗浄作業（開放式水平流の例）

*保健学博士

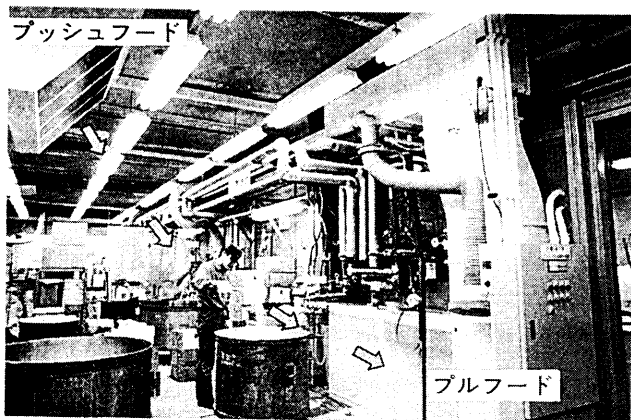


写真2 粉体の配合および秤量作業
(開放式斜降流の流)

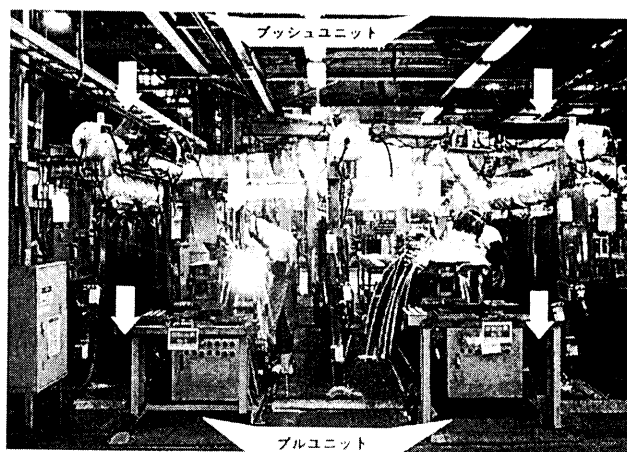


写真3 溶接作業場のヒューム対策
(開放式下降流の流)

が吸引されてしまう。しかし、原材料を吸引しないように排気フードの位置関係や捕捉速度を調整すると、発散した粉体が完全に捕捉吸引できない。また、局所排気装置を稼動すると、粉体の配合の際の微妙な秤量ができないことがたびたびあった。このような理由から、写真2に示されるように、開放式プッシュプル型換気装置（斜降流）が選定された。

対策例3：溶接作業場のヒューム対策

労働者のじん肺有所見者の2割は、溶接作業従事者によって占められており、この割合は漸次増加の傾向にある。これは溶接作業の特殊性の為、有害ヒューム・ガス対策が一般に困難なこと、あるいは、作業環境測定が義務付けられていない為、適切な作業環境管理が今なお不十分であることなどが原因と考えられる。そこで、今回の溶接作業場のヒューム対策は、産業車両のマスト部分の溶接作業であり、マストのサイズが異なり、局所排気装置の設置は全く考えられない。したがって、写真3に示されるように、開放式プッシュプル型換気装置（下降流）が9つの溶接ラインに導入された。

以上、開放式プッシュプル型換気装置による対策3例について述べた。この対策3例について、捕捉面風速と作業環境測定を行った結果、捕捉面風速は、有機則・粉じん則などにより決められている性能要件の0.2m/s以上、捕捉面平均風速の±50%を十分満足していることが判明した。ま

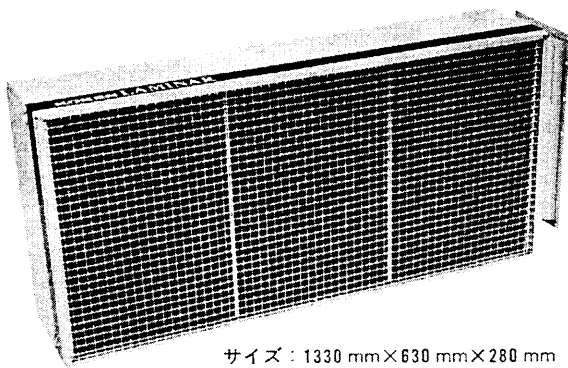
た、開放式プッシュプル型換気装置を導入することによる作業環境改善の排気制御効果は、導入する前と比較するとほぼ98%とより高い排気制御効果のあることが認められた。

3. 新しく製品開発された 開放式プッシュプル型換気装置

工場などの作業環境内で発散する種々の有害なガス、蒸気、および粒子状物質などを作業者が吸入することにより起こる疾病や健康障害を予防する手段として、有害物質の発散抑制である全体換気、局所排気、およびプッシュプル換気などの空気管理方式が考えられる。この空気管理方式による作業環境改善の工学的対策により、作業場の全域にわたって環気中有害物質濃度を常時一定レベル以下になるように保つことが最も重要である。

そこで、今回、作業環境改善の工学的対策の中で、局所排気装置と同等扱いになったプッシュプル型換気装置に関して、新しく製品開発された開放式プッシュプル型換気装置に関して述べる。

開放式プッシュプル型換気装置の最も重要なポイントは、プッシュフードの一様性、すなわち、風速・風向が安定しており、到達性能が良く、拡散しないなど一様性の高い気流をつくりだすことである。従来のプッシュフードは、チャンバー効果やフィルタ効果を利用した方法、あるいは異形パンチングメタル法などの整流方法により一様気



サイズ：1330 mm×630 mm×280 mm
吹出開口サイズ：1200 mm×600 mm
使用風速範囲：0.2～1.0 m/s

写真4 プッシュフード PS-01S
(ダクト接続タイプ)

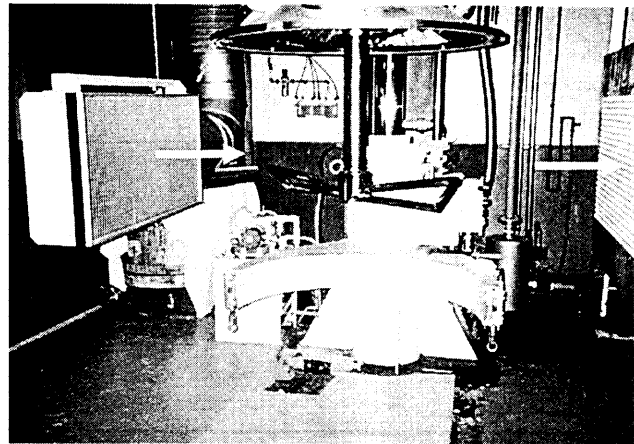


写真5 プッシュフード PS-01S の実施例
(攪拌式脱泡機に係わる作業)

流をつくりだしていた。しかし、これらの方法では、あまり一様性の高い気流が得られない。また、一様性が得られてもプッシュフードの厚みがかなり大きく、作業現場などで施工する際に問題となる場合がある。

そこで、新たに開発したプッシュフードは、興研(株)独創の新技术ストリームスキャタリングメソッドにより、一様性の高い気流をつくりだす性能を保ちながら薄型化を実現することができた。以下に新しく製品開発された開放式プッシュプル型換気装置を紹介する。

写真4は、高性能コンパクトタイプのプッシュフード PS-01S を示す。このプッシュフードは、ダクト接続タイプのものであり、連結可能なユニット式なので、作業スペースに対して自由自在に対応できる。

写真5は、攪拌式脱泡機に係わる作業に対してプッシュフード PS-01S が適用された例であり、高い排気制御効果が認められた。

写真6は、ガウジング作業に対してプッシュフード PS-01S が2台組み合わせられて適用された例であり、5つのガウジングラインに導入された。この例に示すように、プッシュフード PS-01S は、有害物質の発散状況により、台数を増やし組み合わせ使用することができる特徴を持っているプッシュフードである。

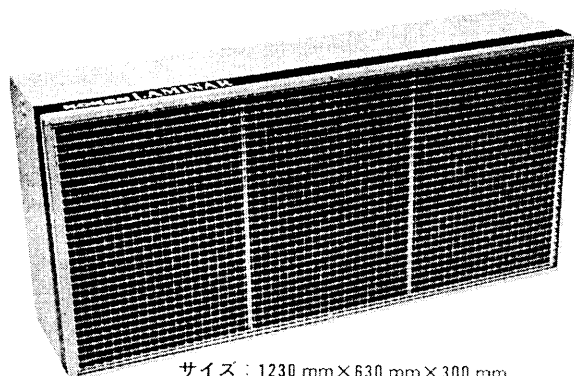
写真7は、ファン内蔵タイプの高性能コンパクトタイプのプッシュフード PS-21H を示す。こ



写真6 プッシュフード PS-01S の連結タイプ実施例
(ガウジング作業)

のプッシュフード PS-21H は、写真8に示すように、標準ユニット WH-01のプッシュフードとして利用されている。したがって、標準ユニット WH-01は、プッシュフード PS-21H、プッシュフード専用フレーム PF-21H、およびプルフード PL-01とから構成されている。この標準ユニットは、写真8に示すように、溶接作業場のヒューム対策、有機溶剤による洗浄作業、および粉体を取り扱う作業など多くの作業現場に適用できる。

写真9は、軽作業向けに開発された小型ユニットタイプ MS-01の開放式プッシュプル型換気装置を示す。この小型ユニットタイプは、設置場所を取らないスリムでコンパクトに設計されており、プッシュフードはファン内蔵の独立タイプである。したがって、写真10に示されるように、テーブル



サイズ：1230 mm×630 mm×300 mm
吹出開口サイズ：1200 mm×600 mm
使用風速範囲：0.2～1.0 m/s

写真7 プッシュフード PS-21H
(ファン内蔵タイプ)

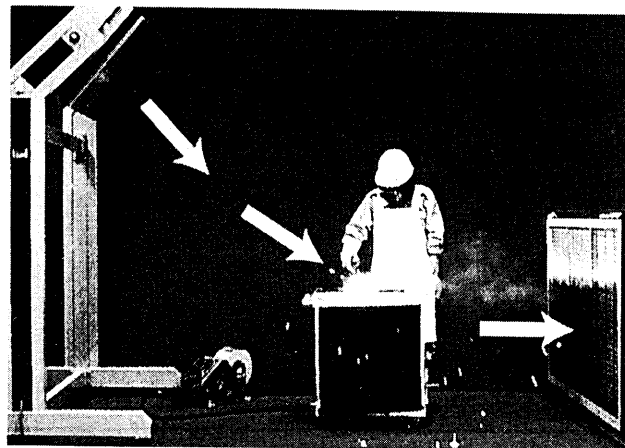


写真8 開放式プッシュプル型換気装置標準ユニット
WH-01

作業、計量作業、はんだ付け作業、内視鏡洗浄機、および簡易塗装など広範囲の作業現場に適用できる。

以上、最近、作業現場で見られるようになった開放式プッシュプル型換気装置について述べた。これらの薄型タイプおよび小型タイプの開放式プッシュプル型換気装置は、作業工程や方法の変更に対しても自由自在に使用できる特徴を持っている。また、局所排気装置が設置されているが、その排気制御効果が低い場合、この薄型タイプおよび小型タイプの一様性の高い気流をつくりだすプッシュフードを利用することで局所排気装置の排気制御効果をより高めることが可能である。

4. 溶接作業場の粉じん（ヒューム）対策 に対する技術情報

溶接作業における粉じん（ヒューム）対策は²⁾、ここ数年前までは主に局所排気装置、全体換気、防じんマスク、及び低ヒューム溶接法の採用などによる方法がとられてきた。しかし、アークが移

動する溶接作業では、局所排気装置の適用が困難であり、近年、作業性を損なわない開放式プッシュプル型換気装置が局所排気装置の代替品として溶接作業場に普及されはじめた。その普及に伴い、炭酸ガスアーク溶接作業における一様流のシールド性に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

局所排気装置によるヒューム吸引性とシールド性に及ぼす影響については、日本溶接協会・溶接

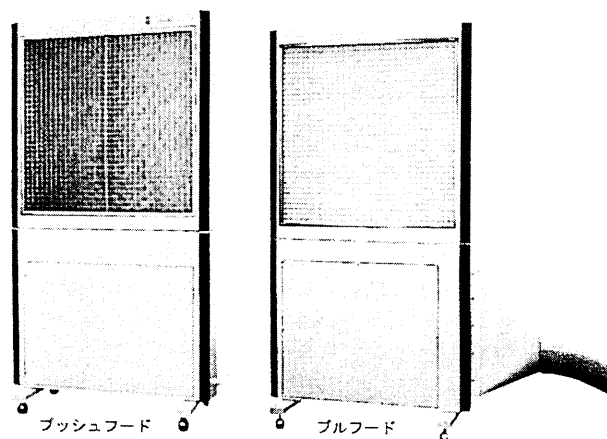


写真9 開放式プッシュプル型換気装置小型ユニット
MS-01

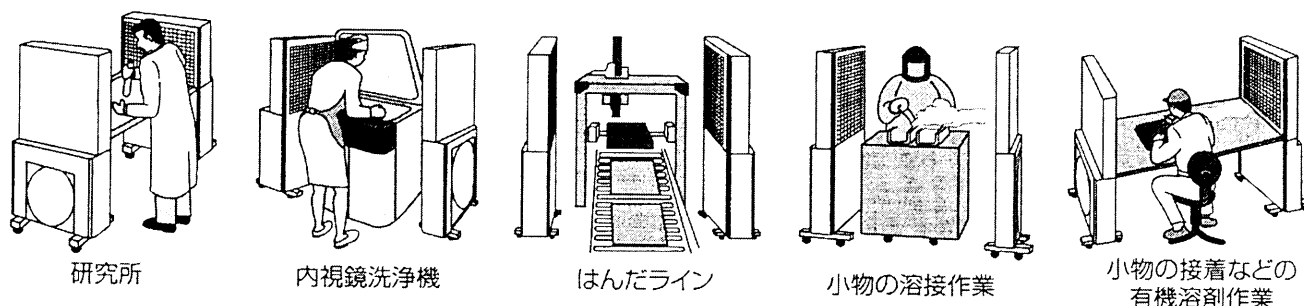


写真10 開放式プッシュプル型換気装置小型ユニットタイプ MS-01

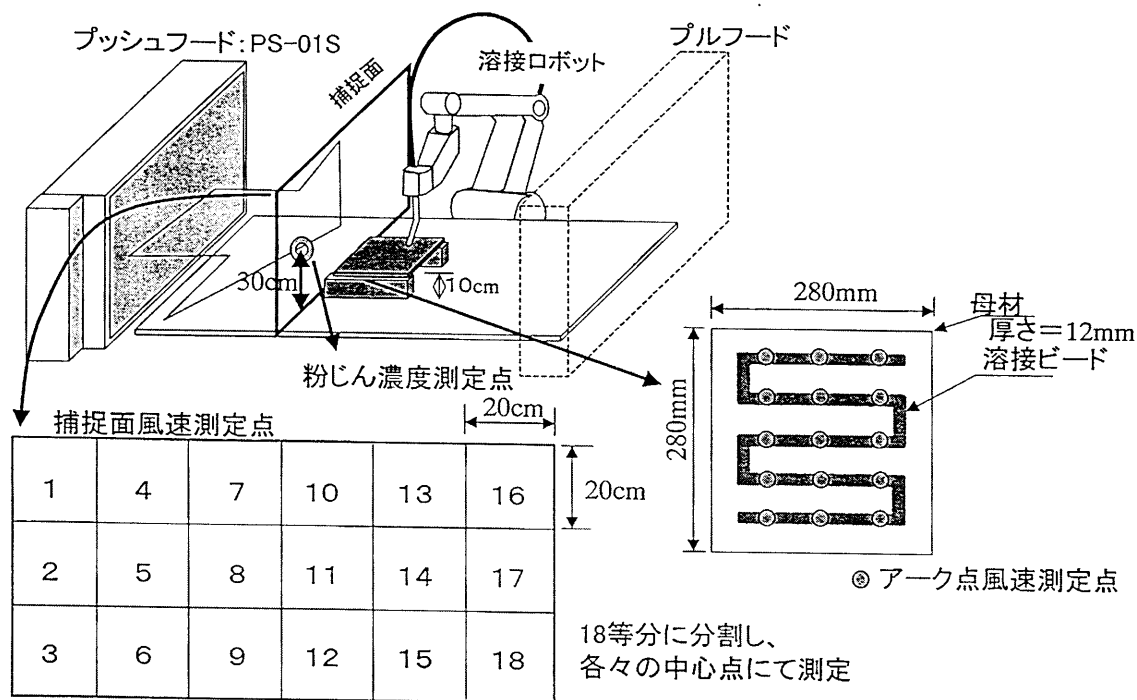


図1 実験装置図

棒部会・技術委員会報告³⁾がある。この報告によると、炭酸ガスアーク溶接作業で下向のビードオンプレート溶接におけるアーク点の吸引速度と溶接品質（金属）の健全性（気孔）との関係は、シールドガス流量が20ℓ/minの場合、アーク点における吸引速度が0.7m/s以上で溶接金属に気孔が発生したが、シールドガス流量が30ℓ/minの場合、アーク点における吸引速度が1.2m/sにおいて気孔が発生したとしている。以上のように、

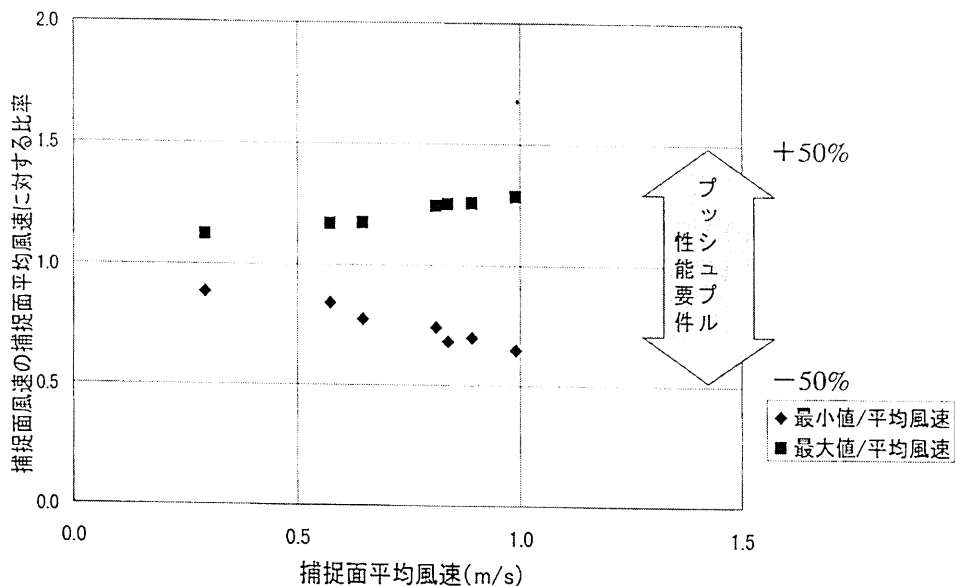
局所排気装置を使用する場合の吸引速度による溶接品質の健全性に関する詳細な報告はあるが、プッシュプル型換気装置の一樣流と溶接品質の健全性についての報告はまだない。

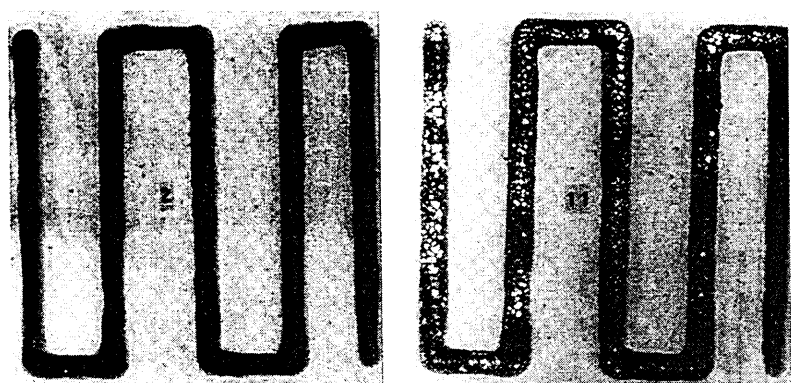
そこで、今回、開放式プッシュプル型換気装置を用いて、その一樣流と溶接品質の健全性について実験的検討⁴⁾を行った。

1. 実験装置および方法

図1に実験装置の概略を示す。図1に示される

図2
風速測定結果（捕捉面）





シールドガス流量=20ℓ/min

風速 = 0.6m/s

シールドガス流量=20ℓ/min

風速 = 1.0m/s

写真11 放射線透過試験写真

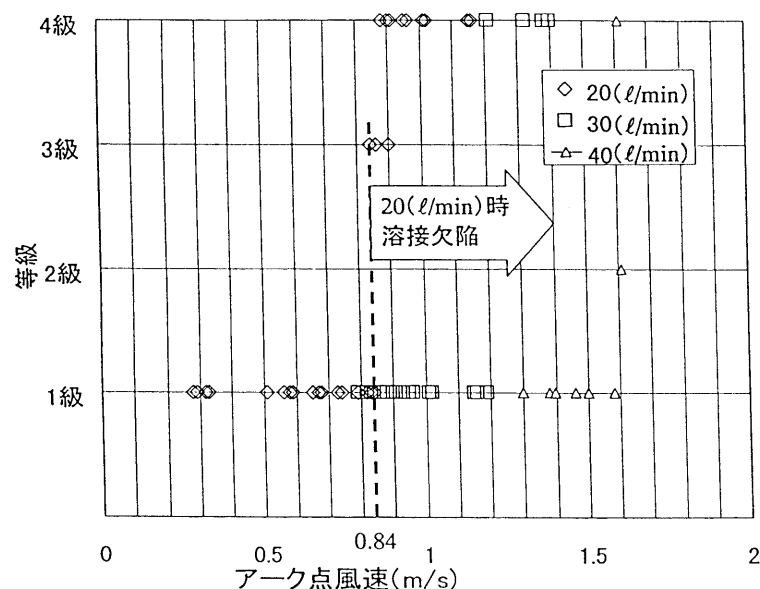


図3 アーク点における一様流風速と溶接品質の関係 (JIS 等級判定結果)

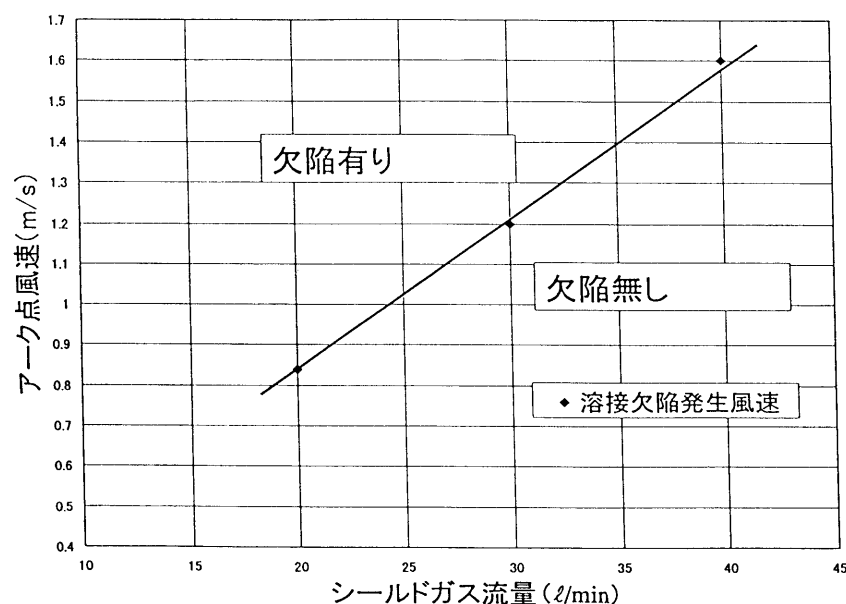


図4
ブローホール発生に及ぼす
アーク点における溶接欠陥発生風速

ように溶接作業は、(株)神戸製鋼所製炭酸ガス自動溶接ロボット ARCMAN-RON による炭酸ガスアーク溶接とした。プッシュフードは興研(株)製 (既製品 PS-01S) を使用し、開放式・水平流の設置パターンとした。吹出し側と吸込み側の処理風量は、インバータ制御方式により捕捉面およびアーク点速度を可変できるものとした。捕捉面およびアーク点等の速度は、熱線式微風速計 (計測範囲: 2.5m/s 以下, MODEL 6521 [日本カノマックス製]) を用いて測定した。測定位置については、図1に示す。ヒューム濃度測定は、TR 個人サンプラー (柴田科学機器工業(株)製) を用いて行った。サンプラーの取付位置は、図1に示す。溶接品質の評価は、JIS Z 3104「鋼溶接部の放射線透過試験方法および透過写真の等級分類法」により行った。

2. 結果および考察

開放式プッシュプル型換気装置の性能を評価するために捕捉面の風速を測

定した結果を図2に示す。図2から明らかなように、捕捉面風速の捕捉面平均風速に対する比率は、本実験で選定したすべての風速範囲で、粉じん則などにより決められている性能要件の±50%を十分に満足していることが判明した。

炭酸ガス流量を変化させたときのアーク点における一様流風速とJIS等級別（溶接品質）との関係を図3に示す。図3と図4から明らかなように、シールドガス流量が20ℓ/min, 30ℓ/min, および40ℓ/minの場合、アーク点における一様流風速が0.8m/s, 1.2m/s, および1.6m/s以上でそれぞれブローホール（気孔）が発生することが判明した。写真11に放射線透過試験写真を示す。

以上の結果から、開放式プッシュプル型換気装置を炭酸ガスアーク溶接作業場に適用する場合、正常に機能している開放式プッシュプル型換気装置の一様流風速はおよそ0.5m/s～0.7m/sの範囲であることから、何らブローホール（気孔）の発生に影響のないことが認められた。

溶接ヒューム発生源近傍のヒューム濃度は、濃度勾配が激しいことで知られている。今回のヒューム濃度測定は、図1に示すように、捕捉面内の溶接テーブルから上部300mmの作業者呼吸域を想定して行った。

捕捉面における平均風速と作業者呼吸域ヒューム濃度・溶接欠陥との関係を図5に示す。図5から明らかなように、作業者呼吸域ヒューム濃度は、捕捉面平均風速が0.3m/s以上でACGIHのTLV-TWAとWES9007の管理濃度以下に低減することが判明した。このことから、開放式プッシュプル型換気装置を炭酸ガスアーク溶接作業場に適用する場合、作業者呼吸域ヒューム濃度が管理濃度以下に低減し、かつ溶接欠陥が生じない一様流風速は0.3m/sから0.8m/sであると考えられる。

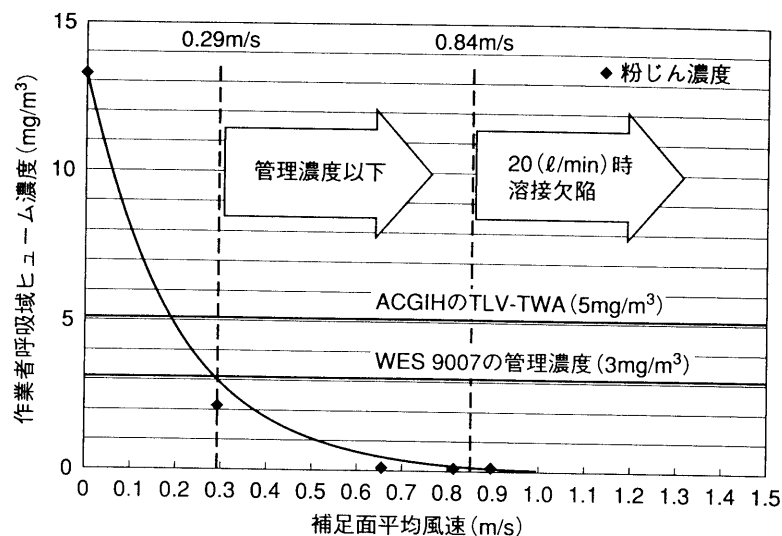


図5 捕捉面における平均風速とヒューム濃度・溶接欠陥との関係

5. ま と め

局所排気装置と同等扱いになった開放式プッシュプル型換気装置は、最近の技術進歩により薄型で小型化となり、さらに、一様性の高い気流をつくりだすことができた。また、一様性の高い気流をつくりだすプッシュフードは、機能していない局所排気装置の補助的手段として利用することでその排気制御効果をより高めることができる。今後、この薄型で小型化の開放式プッシュプル型換気装置は、特定粉じん作業に指定されていない粉じん作業現場で、作業者のじん肺有所見者の多い、たとえばアーク溶接作業や手持ち工具による研削・研磨作業などにより多く適用されるとともに、有機溶剤取扱い作業場などにも利用できる。

これらの空気管理方式による作業環境改善の工学的対策を推進することで、より多くの快適作業場環境を形成されることが期待される。

参考文献

- 1) 労働省労働基準局編：労働衛生のしおり，平成11年度，268-271p.,1999
- 2) 溶接棒部会技術委員会報告書：局所排気の条件と気孔との関係に関する調査，東京，(株)日本溶接協会，1-63p.,1992.
- 3) 溶接棒部会技術委員会報告書：溶接の研究，No. 34局所排気の条件と気孔との関係に関する調査，東京，(株)日本溶接協会，105-142p.,1994.
- 4) 藤代，小嶋，柴田，山根，岩崎：開放式プッシュプル型換気装置の一様流と溶接品質，第40回日本労働衛生工学会 抄録集140-141p.,2000