

短 報

炭酸ガスアーク溶接ヒュームの質量濃度
変換係数
—併行測定における採取位置の影響—

Measurements of the Calibration Factor of a Light Scattering Dust Monitor for CO₂ Arc Welding Fumes —The Effect of the Sampling Location on the Calibration Factor—

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: Calibration factor, CO₂ arc welding, Light
scattering dust monitor, Welding fume

はじめに

現行の粉じん障害防止規則では溶接作業を特定粉じん作業と定めていない。従って溶接作業場における作業環境測定の法的な義務は無いが、粉じん対策の一環として自主的に測定を実施する事業所は少なくない。

粉じん測定において一般的に使用される光散乱式相対濃度計は、事前に併行測定を行い、個々の機器の質量濃度変換係数 (K 値) を求める必要がある。この K 値は、管理区分の決定など作業環境の評価結果に直接影響を及ぼす数値なので、その精度の維持管理には十分な注意を配し、変動原因があれば予め把握しておくことが重要である。

さて、溶接作業場でアークから発生する金属粉じん (溶接ヒューム) は極めて微小な粒子として生成するため発生直後から凝集し、粒径および形状を変化させながら周囲に拡散する¹⁾。このような粒子の物理的な変化は光散乱式相対濃度計の感度に影響を及ぼすことが知られて

おり²⁾、そのため K 値は、仮に同一発生源から生じたヒュームであっても、併行測定の位置の違いによって異なることが予想される。本報ではこの採取位置の影響を調べるため、実験室内で溶接ロボットによる炭酸ガスアーク溶接を行い、その周辺各位置でヒュームの併行測定と粒度分布測定を行って比較を試みた。実験の結果、K 値と測定点 - 発生源間距離に負の相関が認められたので、詳細を以下に記す。

装置および実験方法

実験は気積 335 m³ (6.0 m × 15.5 m × 3.6 m) の屋内実験施設内に設置した自動溶接ロボットを用いて行った。使用したロボットは (株) 神戸製鋼所製炭酸ガス自動溶接ロボット ARCMAN-RON である。実験時の溶接電流は 300 A、シールド用炭酸ガス流量は 20 l/min、電極材はソリッドワイヤ JIS Z 3312 (φ1.2 mm) とし、溶接速度 60 cm/min で 270 mm × 270 mm × 12 mm の鉄板上に連続 1 分間のビード・オン・プレート溶接を行ってヒュームを発生させた。ヒュームの併行測定では、質量濃度の測定用器具として柴田科学株式会社製 PM4 個人サンプラー NWPS-254 (ろ紙径 25 mm) およびミニポンプ MP-Σ 300 (吸引流量 2.5 l/min) を、相対濃度測定用機器として同じく柴田科学株式会社製デジタル粉じん計 LD-3K2 を使用した。併行測定時の採取位置は Fig. 1 に示した①～⑨の各点で、ヒュームの発生点 (アーク点) からの水平ないし鉛直方向距離が 0 ~ 200 cm の範囲にある異なる九つの点において同一溶接条件下で発生するヒュームの K 値を個別に測定し、それらの結果を比較して採取位置の違いが K 値に及ぼす影響を検証した。またヒュームの粒度分布の測定にはアンダーセン型ロープレッシャー・インパクト LP-20 (東京ダイレック株式会社) を使用し、測定点①および⑥におけるヒュームの粒度分布を調べ比較した。ヒュームの形状観察は、走査型電子顕微鏡 JSM-6320F (日本電子株式会社) によって行った。

実験結果

測定点①～⑨における併行測定の結果を Table 1 に記す。ただし、表中の K 値は全て 5 回の測定の算術平均値とした。これより、溶接ヒュームの K 値は測定点 (採取位置) によって異なり、測定点がヒューム発生源から水平方向に 200 cm 離れた位置 (測定点⑥) にあった場合、K 値は発生源の最近傍 (測定点①) で得られる値の約 22% に低下することが確認された。また鉛直方向に 100 cm 離れた場合 (測定点⑨) は、約 36% に低下することが確認された。水平方向距離の影響に着目すると、K 値は発生源近傍から 50 cm までの区間で急激に低下し、2 m 近辺までくるとほぼ一定化する傾向が見られた。

2009年6月5日受付; 2009年9月10日受理

J-STAGE 早期公開日: 2009年10月8日

連絡先: 小嶋 純 〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾
6-21-1. Correspondence to: J. Ojima, Nagao 6-21-1, Tama-
Ku, Kawasaki 214-8585, Japan
(e-mail: ojima@h.jniosh.go.jp)

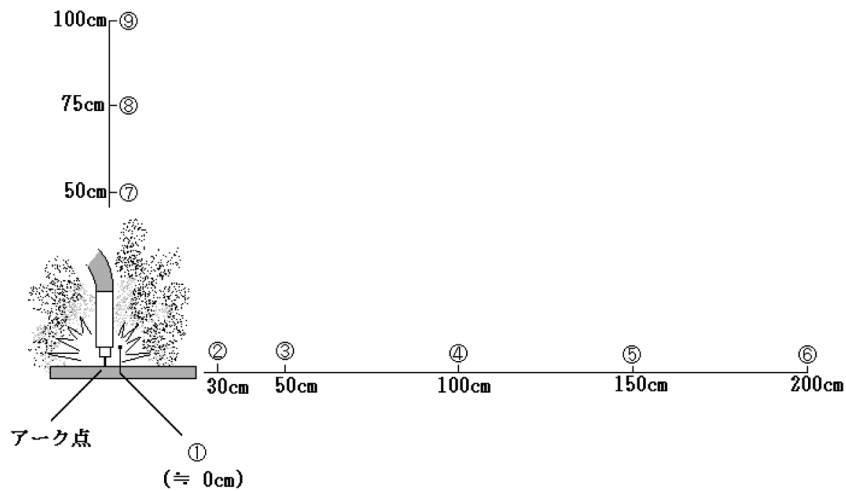


Fig. 1. The location of the sampling points.

Table 1. Measurement of calibration factor (K-Factor) for welding fumes

Sampling point	Dust concentration* [mg/m ³]	Dust concentration* [cpm]	K-factor* (×10 ⁻³)
①	0.168 ± 0.047	5.362 ± 981	31.02 ± 3.6
②	0.186 ± 0.050	10.590 ± 1,528	17.13 ± 2.9
③	0.089 ± 0.019	8.993 ± 521	9.8 ± 1.6
④	0.047 ± 0.011	5.656 ± 1,558	8.6 ± 1.0
⑤	0.041 ± 0.004	5.705 ± 258	7.1 ± 0.7
⑥	0.022 ± 0.004	3.169 ± 482	6.8 ± 1.0
⑦	0.158 ± 0.049	8.868 ± 1,816	17.81 ± 3.0
⑧	0.111 ± 0.019	9.124 ± 1,178	12.15 ± 0.8
⑨	0.099 ± 0.037	8.814 ± 3,017	11.20 ± 1.1

*Values are the mean ± S.D. (n=5)

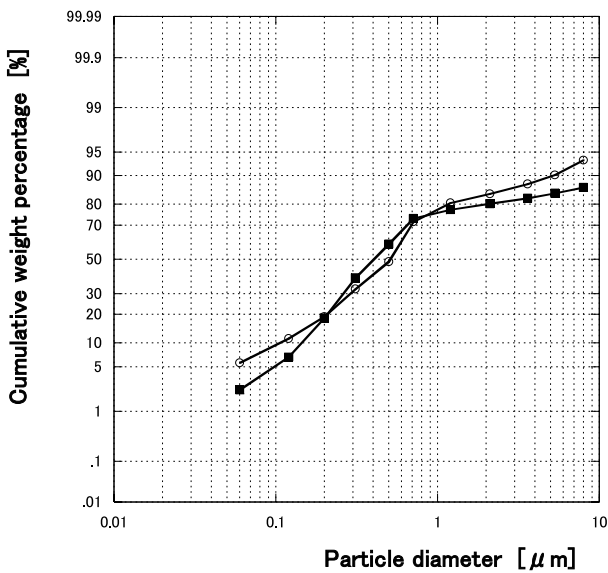


Fig. 2. Particle size distribution of the welding fumes.
○: sampling point ①; ■: sampling point ⑥.

Fig. 2には、K値が最大を記録した測定点①と、最小を記録した測定点⑥におけるヒュームの粒度分布測定結果を示す。予想に反し両者間の粒度分布に大きな差異は見られなかった。Fig. 3には、測定点①および⑥において採取したヒュームの走査型電子顕微鏡 (SEM) 写真を示す。Fig. 2によると両者の空気動力的相当径に基づいた粒度分布に大差はないが、凝集する個々の粒子の形状には相違が見られ、①では⑥と比較すると粒径の大きな粒子が多く確認された (図中矢印)。

考察とまとめ

一般に、光散乱式相対濃度計の感度は測定粒子の粒径が大きくなるに従って低下する傾向があるが³⁻⁵⁾、アンダーセン・サンプラーを用いた測定では測定点①と⑥の間に顕著な相違は見られず、当実験におけるK値変化の原因を粒径 (空気動力的相当径) 変化に求めるのは困難と思われる結果を得た。また同一発生源から同一条件で発生したヒュームが採取位置によって化学組成を変

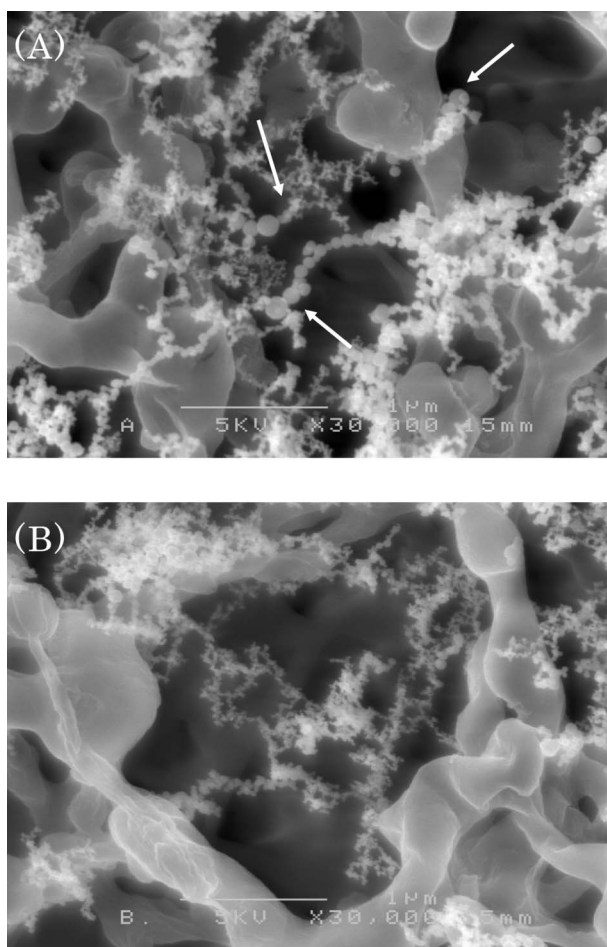


Fig. 3. Scanning electron microscope photos of welding fumes sampled at ① (A) and ⑥ (B).

えるとは考え難いため、このK値変化の原因は粒径および組成以外にあると考える必要がある。恐らく複数の因子が粒子の散乱光強度に影響を及ぼし、①における相対濃度を低めたとと思われるが、その原因解明には別途詳細な研究が必要であろう。ただし今回の電顕観察では①と⑥の像で違いが認められるので、単体サイズの異なるヒューム粒子が凝集して存在することがK値変化の一因と推測することは可能であろう。

併行測定は本来「単位作業場所のデザイン設定後、その単位作業場所の粉じんを代表できる場所」にて行うことになっているが、K値が発生源から2mほどの距離範囲で4～5倍近くも変化をする炭酸ガスアーク溶接ヒュームの場合、実際上「代表できる場所」の選定が難しい。仮に最も高濃度曝露を受ける発生源近傍を代表場所

に選んで併行測定を行った場合のK値は、それ以外の位置（発生源近傍から水平距離で30cm以上離れた全ての位置）においてあるべきK値より明らかに過大な値である。逆に、若し発生源から2m以上離れた位置で得られたK値をB測定（「有害物質の気中濃度が最大となる位置」で行うことが作業環境測定基準で定められているため、この基準に正しく従えば、B測定点は必然的に発生源近傍になる）等における質量濃度変換に用いた場合は、著しく過小な質量濃度値を導く結果となり、やはり不適である。便宜的となるが、溶接作業場で正確な作業環境測定を行う際は、併行測定をヒュームの発生源近傍および発生源から最低2m以上離れた点の計二ヶ所にて行い、得られた二つのK値を適当に使い分けて質量濃度を求める必要がある。

溶接作業場の粉じん測定は作業環境測定基準に則って実施するのが一般的だが、同作業場の特殊性を考慮すると個人曝露濃度測定の方が適しているという指摘も以前からある⁶⁻⁸⁾。将来、溶接作業場の粉じん測定法として個人サンプラーによる曝露濃度測定が採用される可能性もあるが、現行の測定法が適用される状況では併行測定の採取位置による影響に配慮し、複数のK値を求めた上で最適なK値を適宜使い分けるような措置が正確な粉じん濃度を求める上で望ましいと思料される。

文 献

- 1) 保利 一, 黒木孝一, 葉山勝美, 徳淵久人, 馬場快彦, 田中勇武. 溶接作業現場における環境および個人曝露粉じんの測定. 産業医科大学雑誌 1995; 17: 247-59.
- 2) 小嶋 純. 光散乱式粉じん計における炭酸ガスアーク溶接ヒュームの質量濃度変換係数 (K値). 産業医科大学雑誌 2002; 24: 439-44.
- 3) 浜浦弘巳, 内藤勝巳, 藤本幸雄. 粉じんの併行測定におけるK値の変動に関する検討. 作業環境 1987; 8: 53-9.
- 4) 山岡和寿, 井本邦彦, 滝沢顕彦, 本村二郎, 浦島幸昌, 山田憲一. 気中粉じん濃度と粒度分布の関係からみたK値について. 作業環境 1987; 8: 46-52.
- 5) 山岡和寿, 味山正人, 太田裕一, 樋上幸一, 井本邦彦. 気中粉じんの粒度分布と濃度との関係からみたK値について (第2報). 作業環境 1988; 9: 50-5.
- 6) 小嶋 純, 柴田延幸, 岩崎 毅, 沈 光鎮. 溶接作業時の個人曝露粉じん濃度の測定法について. セイフティダイジェスト 2000; 46: 7-19.
- 7) 小嶋 純. 溶接作業者の粉じんばく露濃度測定. セイフティダイジェスト 2008; 54: 7-9.
- 8) 小嶋 純. 溶接粉じんの個人ばく露濃度測定法の提案. 労働安全衛生研究 2008; 1: 267-9.