第Ⅱ部 産業界の最近の動向と溶接工学

V 溶接関連規格等

2. 安全衛生関連

波多野 勲*

Health and Safety

by HATANO Isao*

キーワード：溶接ヒューム、ガス、有害光線、環境、安全衛生、環境測定

2.1 健康障害

溶接作業とパーキンソン病発症に関して、過去2年間に米国、デンマーク、韓国、スウェーデンで発表された文献について紹介された。それぞれ膨大なデータの調査結果で、概ね溶接作業がパーキンソン病の発症を早めるとの説を支持するものではないが、マンガン暴露は神経障害を引き起こす可能性があり、適切な労働衛生管理は必須であり、IIW 第VIII委員会の声明にもあるように今後さらに研究が行われることが要望される¹⁾。

溶接作業に従事する人のじん肺（溶接工肺）は酸化鉄ヒュームを吸入することによって生じる疾患で、従来は職場を離れると症状が改善され比較的線維化を生じにくい良性じん肺と考えられていたが、最近の調査では溶接ヒューム中の酸化鉄自体が肺内に大量に貯留すると肺の線維化を生じる可能性が高いことが明らかになった。酸化鉄以外の金属ヒュームとの相互作用による影響も懸念されるので、十分な衛生管理が重要である²⁾。

2.2 環境測定

溶接作業環境における溶接ヒュームの実態を把握するための方法として、A測定、B測定及び個人サンプラーを用いた溶接作業員自身のばく露濃度を測定し、どの方法がより適正な管理が行えるかについて検討された。溶接作業現場の現状を測定結果に反映させるには個人サンプラーを用いた屋外ガイドライン法による測定が妥当で、さらに溶接面内の測定についても検討が必要であると報告された³⁾。

粉じんの作業環境測定での相対濃度指示法による計測では、測定結果は並行測定で求められた質量濃度変換係数（K値）によって左右されるため、並行測定の最低捕集時間10分間でのK値の変動を異なる作業場所で測定し

た。その結果、最低捕集時間の10分では分布状況を反映していない場合もあり、並行測定時間を安易に短縮することは評価結果を変えることもありうる⁴⁾と報告された⁴⁾。

造船所内業工場での溶接・溶断作業環境におけるヒューム流動制御のための換気システムの構築を目的として、ヒューム濃度の計測と拡散解析が行われた。溶接ヒュームは切断ヒュームより重いため工場中層に漂い、夏季と冬季では高さが異なる。小組立ラインや平行部パネルラインでは溶接ヒュームの平均濃度は比較的低いが、局所的に高濃度のヒュームの曝露を受ける可能性があり、これは局所換気により対処できる。また、二重化立体ブロック内における溶接作業中のヒューム濃度は許容濃度を大幅に超えており、局所換気システムの導入や防塵マスクなどの個人防護対策が不可欠であるとしている⁵⁾。

造船所内業工場で特に閉鎖性が高く高濃度のヒュームに曝露される恐れのある二重化立体ブロック内においてヒューム濃度を測定し、また発生した溶接ヒュームを極微細粒子を含む気相流とみなして数値解析が行われた。その結果、ヒューム濃度はブロック内全体にわたって許容濃度を大幅に超えており、対策としてのプッシュプル型換気及びプッシュ型換気はヒューム濃度の削減効果は高く、かつ溶接アーク点付近の気流速は1.0 m/s以上になることはほとんどなかった。またアーク点への送気は、アーク点付近の危険エリアを減らす効果は高いが、濃度5 mg/m³を超えるエリアの拡大を早めることになり、他換気法の併用が必要であり、アーク点付近に何らかの防風対策が必要となる⁶⁾との結果が得られている⁶⁾。

炭酸ガスアーク溶接を行っている5ヶ所の作業場で、環境中の一酸化炭素濃度測定が実施された。平均濃度は1.2～14.5 ppmであり、許容濃度（50 ppm）を超えるような危険は、それ程大きくなく、また各測定点の一酸化炭素濃度の経時変化は作業の有無により増減しており、発生源が固定している作業場であることを考えると、発生源からの一酸化炭素の拡散は比較的速いと推測されると報告された⁷⁾。

2.3 排気装置及びその評価方法

アーク溶接作業に係る粉じん障害防止対策として、溶接ヒューム吸引トーチを使用したヒュームコレクタによる方法があるが、吸引面がアーク点に近い場合、ブロー

ホールの問題がある。そのため、排気流量と吸引トーチ近傍の吸引速度及びヒューム拡散の抑制効果の関係について調査された。自由空間での風速と実際に溶接するアーク点での風速は、鉄板の影響等で違いがあり、アーク点での風速が0.31と0.43 m/s とではヒューム濃度は大きな違いがあり、0.43 m/s の時の抑制率は90% 程度の値が得られ、それ以上風速を早くしても抑制率の著しい上昇は認められなかった。このことからアーク点での風速は0.5 m/s 程度あればいいことになり、ブローホールの発生も問題がないことが報告された⁹⁾。

プッシュプル型換気装置は局所排気装置と同様に有効な換気装置として今後、多種多様な作業環境で使用されると思われるが、吹出し開口が小さい場合は周囲からの巻き込み空気量が増大し必要風量が大きくなると考えられる。そのため吹出し風量と吸込み風量を等しくした場合について、吹出し開口の寸法を変化させて実験を行った。その結果、吹出し風量が同一条件では吹出し開口が大きいほうが、吹出し開口での乱流強度を低下させることによって捕集効率が高くなることが確認された⁹⁾。

局所排気装置のフードの性能は吸引気流の大きさで評価されるのが一般的であり、制御風速という排気フードの捕集能力を規定するための指標があるが、実際のフードの位置や周辺の位置関係により捕集能力が確保できるか確認されていない。このことからトレーサーガス又はトレーサー粒子を利用して個々のフードの捕集能力を直接かつ定量的に評価する研究がなされているが、これに関する海外の論文が紹介された。トレーサー法は外付け式フード、囲い式フード、プッシュプル装置の何れにも適用可能である。またトレーサーガスはSF₆が多く用いられているが、SF₆は代替フロンであり温室効果ガスに指定されていることから、水蒸気、二酸化炭素他のガスを適用した報告もなされている¹⁰⁾。

フードの性能評価は風速測定によって行われることが多く、安全衛生法では制御風速という性能要件を定めている。この制御風速の適否を検討するため、外付け式フードの捕集能力を二酸化炭素をトレーサーガスにした室内実験で検証された。補足点をフード開口から30 cm の位置に想定した場合、乱れ気流が存在しなければ制御風速の40% に相当する吸引風速0.2 m/s では補修率90% 以上を達成できた。この時排気風量は80% 低下し、このような検討により、必要最小限の風速を策定できれば、効果的で経済的な排気システムが実現できると報告された¹¹⁾。

研究報告が比較的少ない手持ち式グラインダ（ディスクグラインダ）を用いた金属研磨作業での研磨粉じんの測定が行われた。粉じん濃度は作業者の左側1 m の位置で最低（0.07 mg/m³）となり、右側1 m の位置で呼吸域より高い、最高値（1.03 mg/m³）となった。また、プッシュプル型換気によって各点の粉じん濃度は0.07～0.27 mg/m³まで低減し、プッシュプル型換気装置が現実的と思われるが、作業者の位置によっては逆効果となる場合もあり注意が必要と報告された¹²⁾。

2.4 安全衛生対策

溶接材料面からの環境改善として、低ヒュームタイプの被覆アーク溶接棒やフラックス入りワイヤについて紹介し、溶接条件、鋼板の表面状態、シールドガスがヒューム発生量に及ぼす影響について紹介された¹³⁾。

低ヒュームタイプの溶接材料に加え、溶接材料の包装や製造過程での環境負荷の低減や廃棄物削減等の取り組みが報告された¹⁴⁾。

ガスシールドアーク溶接での低スパッタ化について、溶接材料¹⁵⁾、電流波形制御¹⁶⁾及びシールドガス¹⁷⁾からの取り組みについて報告された。また、スポット溶接における散り発生の抑制について報告された¹⁸⁾。

切断作業における環境対策について、ガス切断機、プラズマ切断機及びレーザ切断機に分けて粉じん、音、光等の注意点と対策が報告された¹⁹⁾。

ヒューム対策から見た作業環境管理に関して、排気装置、換気装置及び呼吸用保護具について報告された²⁰⁾。

わが国における防じんマスクの歴史及び昭和25年の防じんマスクのJIS規格制定から規格改正の歴史、各種の試験結果等について詳細にレビューされた^{21)~26)}。

防じんマスクの規格、効果及び多層化あるいは帯電フィルターを使った種々のマスクについて紹介された^{27)、28)}。

2.5 安全衛生管理

粉じん障害障害防止規則等の省令の一部改正案が平成20年3月に施行された。この省令により、従来粉じん作業から除外されていた自動溶接及び自動溶断作業が粉じん作業に区分され、保護具の装着等が必要となり、従来より厳しい対策が必要となった。ただし溶接箇所や切断の火口から離れた操作盤の作業や材料の搬入等の付帯作業は含まれない。また、厚生労働省より屋外作業場における作業環境管理に関するガイドラインが平成17年3月に発行され、個人サンプラーを用いた呼吸域の環境測定が必須となった。

粉じん測定及び濃度に関する最近の動向として、ACGIH（米国産業衛生専門家会議）やCEN（欧州規格委員会）等の規格改訂の流れを受けて、平成17年4月1日付けで、作業環境基準が改訂され、例えば石英の管理濃度が従来の0.125 mg/m³から0.05 mg/m³に厳しくなり、また分粒装置の分粒特性が変更された等の報告がなされた²⁹⁾。

2005年7月及び2006年8月に開催されたIIW年次大会で第VIII委員会（安全衛生）を含めた委員会の内容について報告された^{30)、31)}。

2.6 安全衛生関係の動向

(1) 厚生労働省は平成15年度を初年度とする「第6次粉じん障害防止総合対策」の重点項目として「アーク溶接作業における粉じん障害防止対策」（平成15年度から平成19年度までの5ヵ年）を各関係団体を通じて

作業環境管理，健康管理等の推進の周知徹底を図っており，日本溶接協会でも粉じん対策実態調査や粉じん対策講習会を実施した．また，平成20年度から新たな粉じん障害防止総合対策が推進される予定である．

- (2) 溶接作業環境は，主にヒュームによって汚染されているが，健康障害を生じる恐れのある他の有害因子であるガス，アーク光，アーク熱などからも作業者の安全と健康を確保する必要がある．EUでは「労働者の電磁界曝露に関する指令」を発行し，労働者の曝露を最小限に抑えることを要求し，EU加盟国は2008年4月までにこれを法制化することになっている．

電磁界曝露に関して，パルス溶接を想定した解析モデルについて検討され，一面のないボックス柱や隅肉の角部で磁界が増幅される結果となった．また，溶接環境では，低電圧・大電流のケーブルが作業者の近傍に敷設され，かつ周囲に母材による強磁性体が存在するため，客観評価が困難となっていると報告された³²⁾．

文 献

- 1) 伊規須ら：産業医学ジャーナル，30-4 (2007-7)，pp.95-98.
- 2) 吉井ら：エアロゾル研究，20-3 (2005)，pp.238-242.
- 3) 高山ら：作業環境，28-3 (2007)，pp.27-31.
- 4) 小山ら：作業環境特集号，55 (2007)，pp.31-33.
- 5) 福地ら：日本船舶海洋工学会論文集，第1号 (2007)，pp.85-95.
- 6) 福地ら：日本船舶海洋工学会論文集，第2号 (2007)，pp.111-120.
- 7) 藪田ら：作業環境，27-6 (2006)，pp.43-51.
- 8) 久保田ら：作業環境，27-5 (2006)，pp.64-71.
- 9) 福原ら：労働科学，82-3 (2006)，pp.105-111.
- 10) 小嶋：セイフティダイジェスト，52-11 (2006)，pp.10-19.
- 11) 小嶋：産業衛生学雑誌，49 (2007)，pp.209-215.
- 12) 小嶋：産業衛生学雑誌，49 (2007)，pp.9-11.
- 13) 山根：溶接学会誌，75-7 (2006)，pp.7-13.
- 14) 宮崎：溶接技術，7 (2007)，pp.80-85.
- 15) 橋本ら：溶接学会誌，75-7 (2006)，pp.14-18.
- 16) 恵良ら：溶接学会誌，75-7 (2006)，pp.19-23.
- 17) 池上ら：溶接学会誌，75-7 (2006)，pp.24-28.
- 18) 加治ら：溶接学会誌，75-7 (2006)，pp.29-32.
- 19) 中川：溶接技術，5 (2007)，pp.85-90.
- 20) 岩崎：溶接技術，7 (2007)，pp.85-90.
- 21) 木村：セイフティダイジェスト，52-6 (2006)，pp.34-36.
- 22) 木村：セイフティダイジェスト，52-8 (2006)，pp.13-15.
- 23) 木村：セイフティダイジェスト，52-9 (2006)，pp.9-11.
- 24) 木村：セイフティダイジェスト，52-10 (2006)，pp.7-11.
- 25) 木村：セイフティダイジェスト，52-11 (2006)，pp.7-14.
- 26) 木村：セイフティダイジェスト，52-12 (2006)，pp.15-23.
- 27) 鈴木：静電気学会誌，31-4 (2007)，pp.142-147.
- 28) 重松製作所：セイフティダイジェスト，53-10 (2007)，pp.2-4.
- 29) 名古屋：セイフティダイジェスト，52-10 (2006)，pp.2-6.
- 30) 武見：実務展望，11 (2006)，pp.48-53.
- 31) 武見：実務展望，11 (2006)，pp.35-40.
- 32) 山根ら：溶接学会第194回溶接法研究委員会資料 (2006年5月)．