

PS-5 溶接ヒュームの規制対応に関する調査研究

環境・動力系 * 山口 良隆, 馬 驍, 中村 真由子
産業システム系 津村 秀一, 穴井 陽祐

1. はじめに

船体建造を行う上で、溶接は必須かつ重要な作業であるが、溶接作業で発生する溶接ヒュームに含有されるマンガンには、人体、特に神経系に影響を及ぼす可能性がある指摘されている¹⁾。そのため、近年、欧州委員会(EC)科学委員会や米国産業衛生専門家会議(ACGIH)において、労働環境におけるマンガンのばく露限界値が再検討され、対象になる粒子の種類は、吸引性(インハラブル)及び吸入性(レスピラブル)の粒子となり、それぞれのばく露限界値が設定された。そのような状況下で、日本においても2016年から厚生労働省(厚労省)が、溶接ヒューム中のマンガンの規制について議論を開始した。議論をする上でのデータ収集のために、2019年に造船所を含む溶接を使用する事業所で実態調査を実施した。この調査に基づき議論を重ね、2020年2月に規制の方向性を決定した。欧州、米国、日本のばく露限界値の状況について表-1にまとめた。

表-1 各国のマンガン・溶接ヒュームのばく露限界値

		EC科学委員会	ACGIH	日本
規制対象		マンガン及びその化合物	マンガン及びその化合物	溶接ヒューム
計測対象		溶接ヒューム中に含有するマンガン及びその化合物		
管理濃度	レスピラブル粒子	0.05 mg/m ³	0.02 mg/m ³	0.05 mg/m ³
	インハラブル粒子	0.20 mg/m ³	0.10 mg/m ³	なし
設定時期		2011年	2013年	2020年

日本において溶接ヒュームやマンガンに関する規制が、議論される中で、当所では造船業界と連携し、新たに導入される規制に対応するために溶接ヒュームに関する事前調査を行った。

2. 本調査の実施内容

本調査で実施した内容は、以下のとおり。

- ① 造船所における労働形態や使用している溶接方法等の調査。
- ② 炭酸ガスアーク溶接で発生した溶接箇所近傍での溶接ヒュームの拡散挙動解明のための実験。
- ③ シミュレーションによる送風を使用した場合の溶接ヒュームの拡散挙動解析。
- ④ 厚労省が実施する溶接ヒューム実態調査における試料採取・分析に関する事前調査、測定実施機関である中央労働災害防止協会(中災防)との測定対象造船所における試料採取の方法の検討等。

3. 造船所における労働形態と溶接方法

造船所の労働形態は、一人の作業者が多種の仕事を行う多能工化が進んでいる²⁾。多能工が溶接に従事する作業時間は、全体の約2割と見積もられている²⁾。また、造船で使用される溶接方法を大別すると、自動や半自動等の溶接を含めて、炭酸ガスアーク溶接が約9割、サブマージアーク溶接が約1割であった³⁾。その中で、今回の規制対象となる溶接は、作業者が溶接トーチを手で持って作業を行うものであり、造船では、半自動の炭酸ガスアーク溶接が、ほとんどの割合を占める。したがって、造船業においては、主に炭酸ガスアーク溶接が規制の対象となる。

4. 溶接ヒュームの拡散挙動解析

工場内での溶接ヒュームの拡散挙動を解明するために、工場を模擬した実験室において、炭酸ガスアーク溶接の実験を行った。ほぼ無風な状況で、溶接箇所から横方向に約15cm離れた場所にガスサンプラーを置いて、溶接ヒュームの採取を行った。炭酸ガスアーク溶接で1分間、造船用鋼板にビードオン溶接を行い、その時に発生した溶接ヒュームを溶接開始と同時にガスサンプラーで約5分間吸引を行い、フィルターに採取した。試料採取したフィルターの前処理を行って、マンガンの濃度の分析を行った。その結果、採取した溶接ヒューム中のマンガンの濃度は、0.05 mg/m³以下であった。この結果から、溶接ヒュームは、溶接箇所でも最も濃度が高いことが予想され、横方向への飛散がほとんどないと考えられる。そのため溶接作業者が溶接箇所から横方向に離れて溶接を行うことで、溶接ヒュームのばく露をある程度避けられることがわかった。

さらに扇風機で送風した場合の、溶接箇所からの溶接ヒュームの拡散挙動について、シミュレーション計算を行った。炭酸ガスアーク溶接では、溶接箇所での風速が0.5 m/sを超えると溶接不良が起こりやすくなる⁴⁾。そこで、溶接作業領域の風速が、0.5 m/s以下の条件で、溶接ヒュームの拡散挙動を計算した。溶接作業領域の風速が、0.5 m/s以下で溶接を行った場合の溶接ヒュームの拡散状況の計算結果を図-1に示す。溶接ヒュームは、溶接箇所近傍では、上には拡散せず風下方向に移動し、溶接箇所から離れるに従って上方向に拡散していくことが確認できた。この結果から送風により、作業員への溶接ヒュームばく露を低減できることが示唆された。今回は、送風のみを考慮し、作業員への溶接ヒュームばく露低減について計算した。各事業所においては、使用する扇風機の種類、作業場所の環境、溶接での製作物、建物の構造等の状況が異なることが考えられるため、送風を使用す

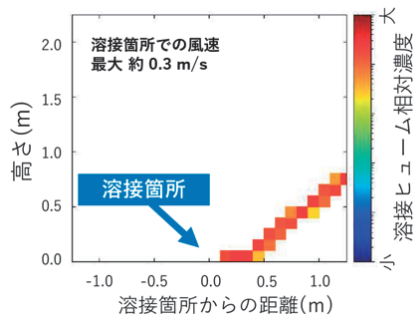


図-1 風による溶接ヒュームの拡散

る場合には、個別の溶接作業箇所において送風速度の計測と溶接箇所の製品精度の検証が必要である。

5. 造船所における溶接ヒュームの実態調査

中災防が実態調査を実施するにあたっては、事前に造船所における労働形態や溶接種類等の説明を行い、適切な溶接ヒュームの採取方法について検討を行った。特に個人サンプラーの計測ポイントについては、造船所における溶接作業時の溶接面の使用状況などを勘案し、実態に近い場所として、図-2のような溶接面内、マスク上に個人サンプラーを設置することとした。マスク内のマンガン濃度は、呼吸用保護具の防護係数で換算することになった。さらに溶接面の使用で、作業員の溶接ヒュームのばく露が軽減されたとの報告があり⁵⁾、作業員に溶接面の適切な使用をお願いした。

最終的に厚労省溶接ヒューム実態調査に、10か所の造船所に対応して頂いた。調査結果の詳細は、厚労省措置検討会報告書の溶接ヒュームばく露実態調査結果を参照して頂き



図-2 個人サンプラーでの溶接ヒュームの計測

たい⁶⁾。新規制と得られた結果について、以下に要点を記載する。従来からマンガン及びその化合物（塩基性酸化マンガンを除く。）は、特定化学物質に指定されていた。マンガンの新規制は、旧規制では対象外の塩基性酸化マンガンも含まれ、管理濃度がレスピラブル粒子で 0.05 mg/m^3 となった。さらに溶接ヒュームは、マンガン及びその化合物の毒性や健康影響と異なる可能性が高いことから、独立した特定化学物質（管理第2類物質）として位置づけられ、その含有マンガンを規制することになった。造船所で行われた実態調査では、個人サンプラー採取結果により、計測を行った19の作業場のうち、18の作業場の要求防護係数が10以下となった⁶⁾。要

求防護係数は、計測したマンガン濃度を管理濃度で割った値であり、1以上10未満であれば、適合したろ過式半面形防じんマスクが使用可能である。なお、要求防護係数が10以上50未満の場合には全面マスク又は半面型電動ファン付きマスクを、50以上の場合には全面型の電動ファン付きマスクを使用することになる。

また今回の溶接ヒューム規制では、作業環境測定の実態調査を設けていないが、仮に管理濃度を 0.05 mg/m^3 とした場合、造船所では第3管理区分相当の作業場所が半数を超える⁶⁾。そのため本研究などを活用して頂き、作業場所の状況に応じた溶接ヒュームの対策を行って頂きたい。

6. まとめ

溶接箇所から距離を取りながらの作業実施、送風による溶接ヒュームの拡散、溶接面の適切な使用で、作業員に対する溶接ヒュームのばく露を低減できることがわかった。またこれらの対策を行うことで、造船所で使用している現行の施設及び呼吸用保護具等の装備で、溶接ヒュームの新規制にある程度対応が可能であることが明らかになった。

本研究で得られた結果の活用で、労働者の健康を守り、さらに造船業界の安心・安全に貢献できれば幸いである。

謝辞

本研究は、一般社団法人日本造船工業会の請負研究で実施しました。関係各位に深く感謝申し上げます。

さらに本研究を実施のために一般社団法人日本中小型造船工業会、一般社団法人日本造船協力事業者団体連合会、厚労省実態調査に参加された造船所に、ご協力を頂いたことを感謝致します。

参考文献

- 1) European Commission, Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for manganese and inorganic manganese compounds, SCOEL 127 (2011)
- 2) 松尾宏平, 谷川文章: 生産シミュレータによる造船作業のモデル化に関する研究～海技研のデジタルシッパード構築に向けた方針とその取り組み～, 第18回海上技術安全研究所研究発表会 (2018)
- 3) 日本溶接協会: 船舶・鉄構海洋構造物部会, 日本溶接協会70年史 (2019) pp. 71-74
- 4) 日本溶接協会溶接棒部会: ガスシールドアーク溶接のシールド性に関する研究報告 第4回 風速の影響, 溶接技術 57(8) (2009) pp. 129-134
- 5) 森田啓次郎: マンガンの生体影響に関する研究 第1編 溶接作業場及び居住地域におけるマンガンの性状と気中濃度, 岡山医学会雑誌 96(3-4) (1984) pp. 327-339
- 6) 厚生労働省: 令和元年度化学物質による労働者の健康障害防止措置に係る検討会報告書 (マンガン及びその化合物並びに溶接ヒューム) (2020)