

名古屋大学における溶接ヒュームの対応について

○後藤光裕、松浪有高、河内哲史、木村麻衣、舟橋朋

環境安全技術支援室 安全衛生技術グループ

概要

令和2年の特定化学物質障害予防規則の改正（以下、「改正特化則」とする）により、溶接ヒュームと塩基性酸化マンガンが新たに特定化学物質に加えられた。対応する事項ごとに経過措置が設けられているが、その中で溶接ヒュームの濃度の測定は令和3年度中に実施することが求められている。今回は、工学研究科環境安全管理室で自前の測定体制を整備することを目的とし、溶接ヒュームの濃度の測定と、対応した事項について報告する。

1 溶接ヒュームの濃度の測定と作業環境の改善及び呼吸用保護具の選定

1.1 溶接ヒュームの濃度の測定とは

溶接ヒュームは令和3年度から特定化学物質（第2類物質）（以下、「特化物」とする）に指定された。特化物として対応すべき事項にはそれぞれ経過措置が設けられており、現に金属アーク溶接等作業を継続して屋内作業場で行う場合については、令和3年度中に溶接ヒュームの濃度の測定を完了させなければならない（図1）。溶接ヒュームは多数の元素及びその化合物によって構成される混合物であるが、その評価はマンガンの濃度を用いて行い、またサンプリング方法は個人サンプリングの手法を用いなければならない。

さて、改正特化則では溶接ヒュームの他に塩基性酸化マンガンが追加され、マンガンの管理濃度も従来の $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ から $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ （レスピラブル粒子として）へと引き下げられている。これは、塩基性酸化マンガんに神経機能障害や、呼吸系障害が確認されたためである。溶接ヒュームの測定にマンガンが関係してくるのは、溶接ヒューム自体にも発がん性が確認されているが、発がんに至るメカニズムは解明されておらず、現時点では溶接ヒューム中のマンガンの影響のみを評価するためである。その為、評価にはマンガンの濃度を基準値に用い、その濃度は作業環境測定の管理濃度と同じく $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ （レスピラブル粒子として）である^[2]。なお、レスピラブル粒子とは、粉じんを吸入した場合の呼吸器への到達の程度に応じて「吸引性粉じん（Inhalable convention）」、「咽頭通過性粉じん（Thoracic convention）」及び「吸入性粉じん（Respirable convention）」の3種類に分けられており、肺胞まで到達する粒子を吸入性粉じん（レスピラブル粒子）としている^[3]。

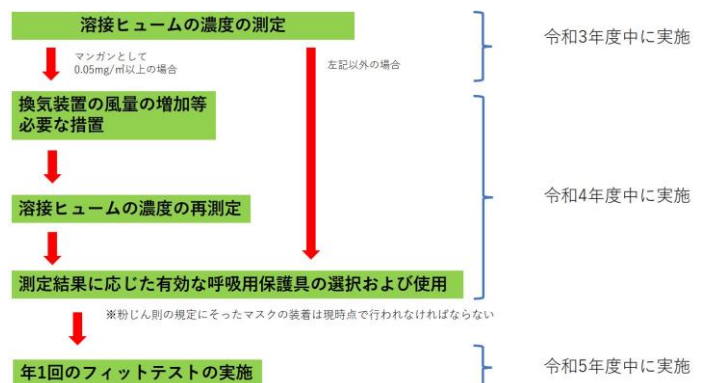


図1.濃度の測定に関連する事項と、経過措置期間^[4]

1.2 作業環境の改善方法

溶接ヒュームの濃度の測定と作業環境改善の流れ（図1）は、作業場所のマンガンの気中濃度により対応が異なり、マンガンの気中濃度が $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ を下回った場合は、有効な呼吸用保護具を選定し着用すること

で対応は完了する。マンガンの気中濃度が 0.05 mg/m^3 以上となった場合には作業場所の換気装置の風量の増加など、濃度軽減措置を施した上で再度の濃度の測定が必要となる。ただし、必要な措置を行った上で基準値を下回ることができなかった場合でも、溶接作業に影響が出るような大排風量へ変更する等の必要はなく、適切な呼吸用保護具で対応する^[2]。

1.3 呼吸用保護具の選定方法

溶接ヒュームはこれまでも粉じん障害防止規則（以下、「粉じん則」とする）により規制されており、粉じん則で適切な呼吸用保護具の着用が義務付けられてきた。改正特化則では溶接ヒュームの濃度の測定から得られた最大値（C）により、式（1）から要求防護係数を算定し、その値を上回る指定防護係数を有する呼吸用保護具を選定することとしている。また、要求防護係数の他に、作業場所にオイルミストが存在する等の条件によっても選定する呼吸用保護具の型式が異なる（図2）。最終的には、溶接ヒュームの濃度の測定により得られた要求防護係数と、粉じん則で着用が求められる呼吸用保護具の型式のうち、より厳しいものを選定する。

呼吸用保護具の種類				指定防護係数
防じんマスク	取替式	全面形面体	RS3又はRL3	50
			RS2又はRL2	14
			RS1又はRL1	4
		半面形面体	RS3又はRL3	10
			RS2又はRL2	10
			RS1又はRL1	4
	使い捨て式	DS3又はDL3		10
		DS2又はDL2		10
		DS1又はDL1		4
	電動ファン付き呼吸用保護具	全面形面体	S級	PS3又はPL3
A級			PS2又はPL2	90
A級又はB級			PS1又はPL1	19
半面形面体		S級	PS3又はPL3	50
		A級	PS2又はPL2	33
		A級又はB級	PS1又はPL1	14
フード形又はフェイスシールド形		S級	PS3又はPL3	25
		A級		20
		S級又はA級	PS2又はPL2	20
		S級,A級又はB級	PS1又はPL1	11

図2.指定防護係数一覧（抜粋）^[1]

要求防護係数 $PFR=C/0.05$ （マンガン基準値）（1）

1.4 濃度の測定の対象となる作業場所の選定等の条件^{[2][4]}

溶接ヒュームの濃度の測定は、「金属アーク溶接等を継続して行う屋内作業場」について実施が求められている。ここでいう屋内作業場所とは、溶接作業を行う場所が固定されていることを指し、建設現場のように、日々溶接場所が変化する場合などは該当しない。また継続とは、溶接作業の頻度が年2～3回程度であっても、その作業場所の作業環境は改善が可能であるので「継続」と判断される。さらに、溶接する母材や溶接棒等の成分表にマンガンは含まれない場合でも、意図しないマンガンが含まれる場合がある為、濃度の測定を実施しなければならない。

2 作業場所の選定

工学研究科では実習工場において研究室からの依頼業務で溶接を実施していることが分かった。

溶接作業に関する実績は、令和2年度で年間150時間程度であり、この業務に携わる技術職員は6名であった。また、溶接に使用している母材と溶接棒にはマンガンがそれぞれ2%と1.53%含まれていることが分かった。その為、当室ではこの作業場所の溶接ヒュームの濃度の測定を実施することとした。

3 実習工場の溶接ヒュームの濃度の測定

3.1 作業場所の換気状況とレイアウト

溶接作業は実習工場の1階の一部を緑色のパーテーションで囲い、その内部で実施されていた（以下、「溶接ブース」とする）。その作業場所の上部は解放されており、外気が流入するようになっており、溶接ブースの上部（図3）を左から右に抜けるように全体換気装置が設置されていた。



図 3.溶接ブースの外観

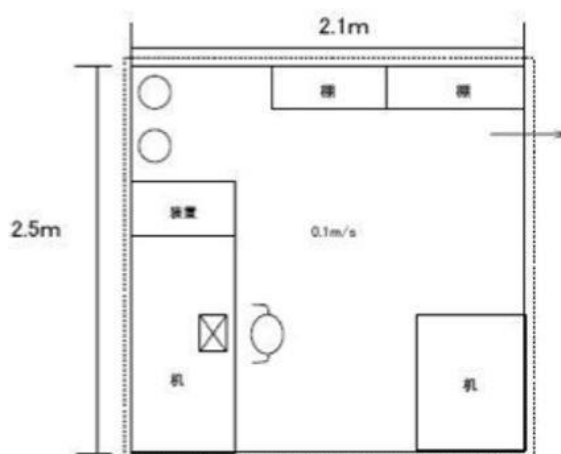


図 4.溶接ブース内のレイアウト

3.2 溶接ヒュームのサンプリング

溶接ヒュームの濃度の測定は個人サンプリングの手法を用いて、作業者の呼吸域のマンガンの濃度を測定した。また、マンガンの濃度はレスピラブル粒子を測定するため、レスピラブル粒子を選択的に捕集できる能力を有する分流量装置である柴田科学個人サンプラー用ホルダーPM4（NWPS-254）とミニポンプ MP-W5Pを用いた。

3.3 サンプリング時の作業条件

溶接ブースには常に1名のみが溶接業務を行い、複数名が同時に溶接作業を実施することはない。そこで、サンプリングは2日間にわけ、1日目と2日目は別の作業員でサンプリングを実施した（図4）。

1日目、2日目共に溶接関連の作業時間は1時間で、関連作業の全時間測定を実施した。

4 試料分析、評価および対応^{[5][6][7]}

サンプリングしたフィルターは塩酸-過酸化水素の手法で溶出し、1日間静置した物を加熱後、吸引ろ過し、最終試料液とした。これを学内共用機器のICP-AES（HITACHI製、SPS7800）を用いて分析した。

分析の結果、2日目のサンプルが最大値となり、これがマンガン基準値を下回ったため（表1）、良好な作業環境であることを確認した。また、式（1）から当該作業場所の要求防護係数は0.3となった。要求防護係数と図2及び、粉じん則に則ってDS2の使い捨て式マスクを提供し、着用を求めた。以上の対応を報告書にまとめ、名古屋大学環境安全衛生管理室へ報告し、その対応に問題がないことを確認し、改正特化則への工学研究科における溶接ヒュームの濃度の測定について対応を完了した。

表 1.マンガン測定結果

作業員No.	測定値 (mg/m ³)
作業員①（職員）1日目	0.002
作業員②（職員）2日目	0.016

5 まとめと検討課題

今回の測定を通して工学研究科環境安全管理室において溶接ヒュームの濃度の測定体制を整備することができた。今後、他部局における作業場所や、新規に溶接作業を実施する場所が出てきた場合においては当室で濃度の測定は対応できることとなった。また、令和5年度からは年1回の呼吸用保護具のフィットテストが義務化される（図1）。濃度の測定だけでなく、フィットテストも当室で対応することが可能となれば、溶接ヒュームで必要な対応をすべて学内で賄うことができる。今後は呼吸用保護具のフィットテストへの対応について検討を進めていく。

6 謝辞

溶接ヒュームの濃度の測定体制の整備にあたり、作業場所の提供とサンプリングに多大なご協力いただいた、工学技術部装置開発技術系の山本浩治様、中西幸弘様、磯谷俊史様、また、設備・機器共用システムの装置利用に際し、ご指導頂きました工学技術部分析・物質技術系の神野貴昭様には深く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 厚生労働省（2021）パンフレット「金属アーク溶接等作業を継続して屋内作業場で行う皆さまへ」
<https://www.mhlw.go.jp/content/11300000/000746531.pdf>,2022.1.18
- [2] 日本作業環境測定協会.「作業環境」.2021,第42巻第3号,p.4-21
- [3] 労働安全衛生総合研究所「粉じんの吸入ばく露による健康障害を評価する」
https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/mail_mag/2013/58-column.html,2022.1.18
- [4] 厚生労働省（2021）「特定化学物質障害防止規則における第2類物質「溶接ヒューム」に係る関係省令等の解釈について」（基安化発第0115第1号）
- [5] 日本作業環境測定協会.「作業環境測定ガイドブック 4[金属類]—物質別各論」,第2版,2021,131p
- [6] 日本作業環境測定協会.「作業環境測のための機器分析の実務」,2019,97p
- [7] 舟橋朋.「作業環境測定のマングラン分析手法の検討」.名古屋大学工学研究科・工学部「技報」,Vol.22,2020,p30