

金属アーク溶接における溶接ヒュームに係るばく露低減対策に関する文献等について

1 粉じん障害防止規則における金属アーク溶接作業に関する規定

- (1) 金属アーク溶接作業は、粉じん障害防止規則においては、呼吸用保護具の使用が義務づけられる作業（別表第3）に該当するが、局所排気装置等の粉じん発散防止措置や作業環境測定が必要な特定粉じん作業（第2条第1項第2号及び別表第2）には該当しない。
- (2) 特定粉じん作業に関する解釈例規では、「特定粉じん発散源」は、粉じん作業にかかる粉じん発生源のうち、作業工程、作業の態様、粉じん発生の態様等からみて一定の発生源対策を講ずる必要があり、かつ、有効な発生源対策が可能であるものであり、具体的には、屋内又は坑内において固定した機械又は設備を使用して行う粉じん作業にかかる発生源が原則として列挙されたものであること。」（昭和54年7月26日付け基発第382号）と示されている。

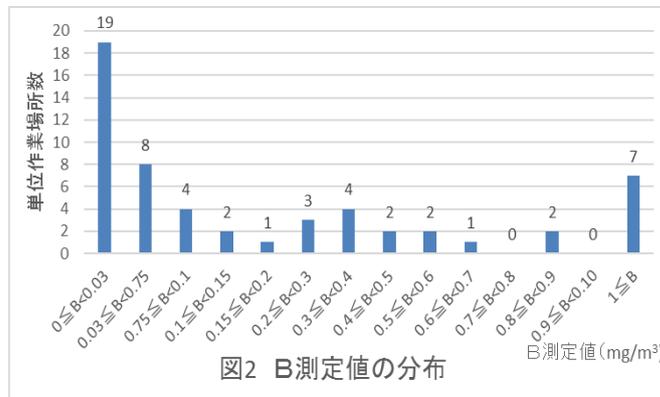
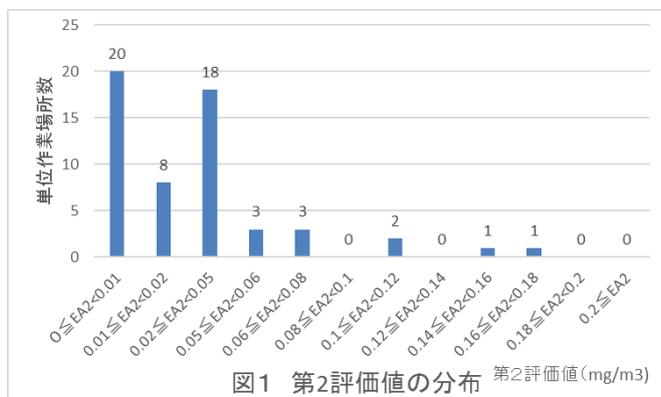
2 溶接時の空気中のマンガンの濃度について

- (1) 小嶋(2011)は、炭酸ガスアーク溶接ヒュームのレシピラブル粉じん濃度として、溶接用面体の内側の濃度として、70-90mg/m³ (90秒間の時間平均濃度)と報告している。また、溶接工業会(2019)は、溶接ヒューム中のマンガ含有率が軟鋼系溶接棒を用いた被覆アーク溶接では、2.56-2.77%であると報告している。また、ACGIHでは、溶接ヒュームについては、レスピラブルとインハラブルの比が1：1であるとしている（ACGIH(2013) p.3）。
- (2) Taube(2013)による溶接ヒューム中のマンガンの濃度等に関する論文レビューの結果では、レスピラブル域のマンガンの濃度（8時間平均の個人曝露濃度）は、溶接方法に応じて大きな幅があるが、0.04-0.56mg/m³となっている。

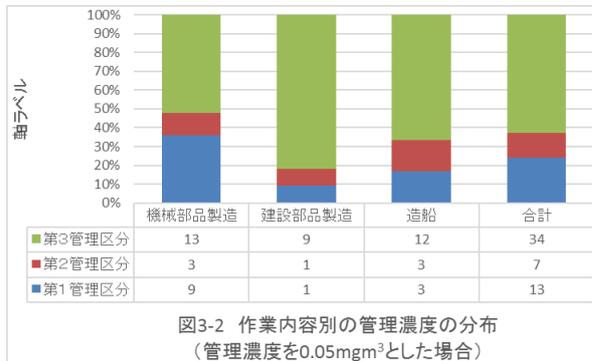
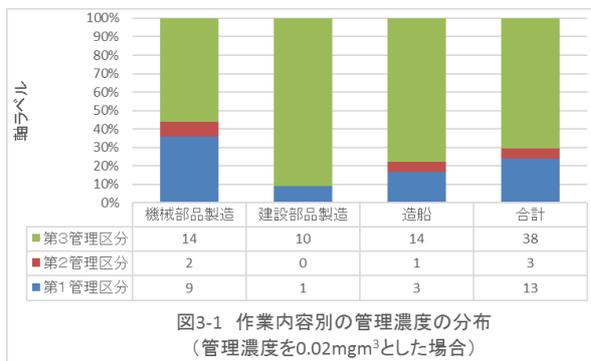
3 溶接ヒュームばく露実態調査結果

- (1) 中央労働災害防止協会は、28事業場（のべ61単位作業場所）に対して実態調査を実施した（中央労働災害防止協会(2019)）。作業環境測定に準じて溶接ヒューム中のマンガンの濃度を測定し、そこで得られたA測定の第2評価値及びB測定値（質量濃度測定方法による。サンプリング時間が10分間を相当超えるものがあり、通常のB測定値よりも低い値となっている可能性がある。以下実態調査のB測定値について同じ。）の分布を図1、2に示す。B測定値が0.03mg/m³ (0.02mg/m³の1.5倍) 未満の単位作業場所の割合は34.5% (19作業場所)、0.075mg/m³ (0.05mg/m³の1.5倍) 未満は49.1% (27作業場所)であったが、0.05mg/m³の4倍以上となる0.2mg/m³以上の単

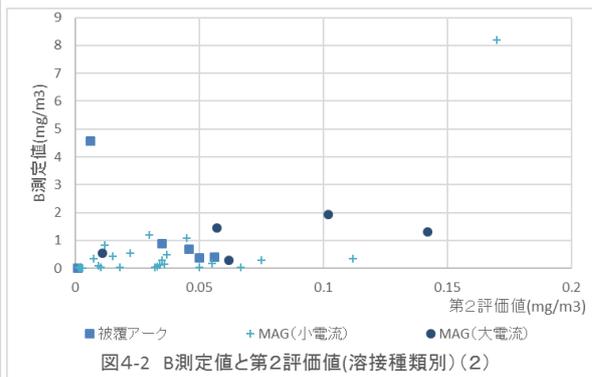
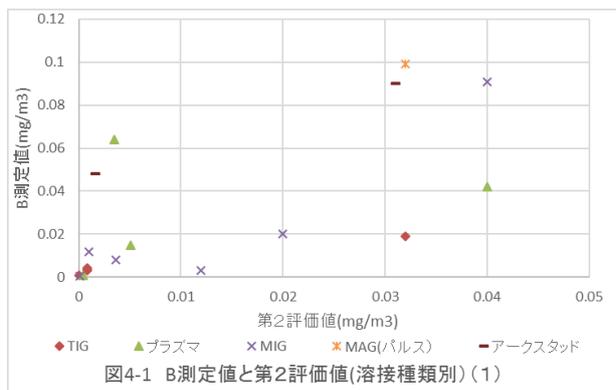
位作業場数が 40% (21 作業場所) を占めている状況である。第 2 評価値が $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ 未満の割合は 50% (28 作業場所)、 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 未満は 82% (46 作業場所) であった。



(2) 仮に、管理濃度を $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ とした場合、区分可能な 54 単位作業場所中、第 1 管理区分に該当する単位作業場所は 13 (24%)、第 2 管理区分は 3 (6%)、第 3 管理区分は 38 (70%) であった。管理濃度を $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ とした場合、第 1 管理区分: 13 (24%)、第 2 管理区分: 7 (13%)、第 3 管理区分: 34 (63%) であり、ほぼ同様の結果であった。作業内容別の管理区分を図 3-1、3-2 に示す。管理区分の分布は作業内容によって違いがあるが、いずれも第 3 管理区分が過半数を占める。

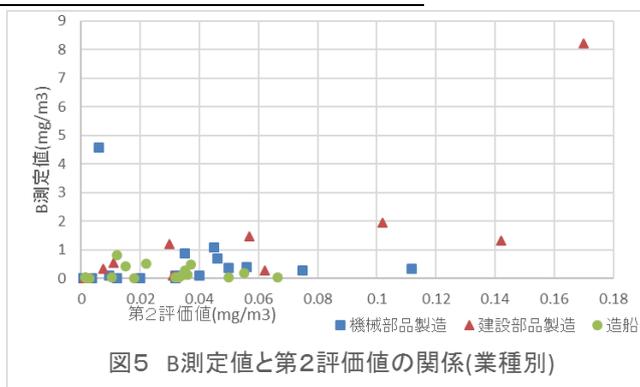


(3) 中央労働災害防止協会(2019)による溶接の種類別の B 測定値と第 2 評価値の分布を図 4-1、4-2 に示す。被覆アーク、MAG 溶接 (小電流、大電流) については、同一の溶接方法でも測定値には大きなばらつきがあり、これらの溶接方法と測定値に関連

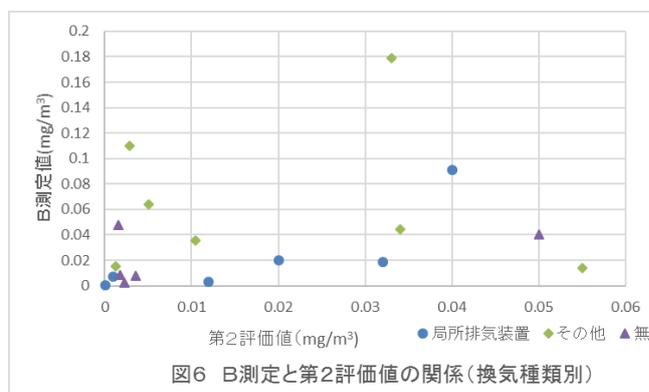


は見られない(図4-2)。なお、TIG溶接、プラズマ溶接、MAG(パルス)溶接、アークスタッドについては、上記の3溶接方法と比較して低い濃度に分布しているが、ばらつきが大きい(図4-1)。

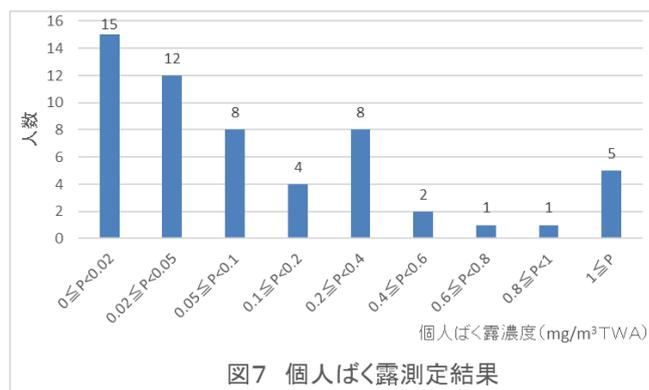
- (4) 中央労働災害防止協会(2019)による作業内容別のB測定値と第2評価値の分布を図5に示す。同じ作業であっても、測定値には大きなばらつきがあり、作業内容と測定値に関連は見られない。造船は、他の作業と比較して低い濃度に分布している。



- (5) 中央労働災害防止協会(2019)の結果によると、単位作業場の換気手法としては、全体(61作業場所)に占める全体換気の割合は65.6%(40作業場)、局所排気装置が11.4%(7作業場所)、その他(集塵機、ポータブルファン等)が13.1%(8作業場所)、無しが9.8%(6作業場所)であった。換気の種類(局所排気、その他、無し)別のB測定値と第2評価値の分布を図6に示す。局所排気装置やその他換気装置を設置している作業場所のマンガンの濃度は、換気装置無しの作業場と比較して低くなっているようには見えない。

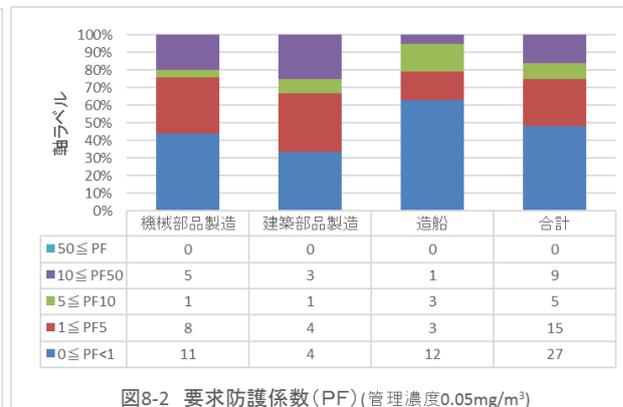
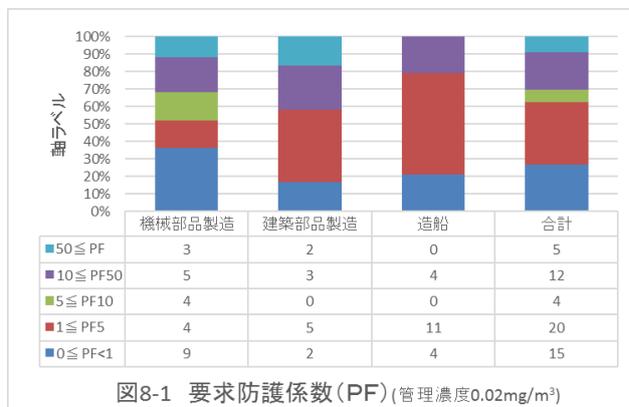


- (6) 中央労働災害防止協会(2019)で実施した、個人ばく露測定の値(質量濃度測定方法、時間加重平均値)の分布を図7に示す。全体(56作業場所)に占める0.02mg/m³未満の割合は26.8%(15作業場所)、0.05mg/m³未満が48.2%(27作業場所)であり、0.05mg/m³以上が51.8%(29作業場所)を占めた。1mg/m³を超えた作業場所も8.9%(5作業場所)あった。
- (7) 個人ばく露測定値をマンガンのばく露に関する基準値(0.02又は0.05mg/m³)



で除した「要求防護係数」の作業別の分布を図8-1、8-2に示す。基準値を0.02mg/m³とした場合、要求防護係数が1以上(防塵マスクが必要)となった割合は73.2%(41作業場所)、1以上10未満(半面マスクが使用可能)が42.9%(24作業場所)、10以上50未満(全面マスク又は半面型電動ファン付きマスクが使用可能)が21.4%(12作業場所)、50以上(全面型の電動ファン付きマスクが必要)が8.9%(5作業場所)

となった。作業の種類により、要求防護係数の分布に違いが見られた。



4 溶接の品質確保のための風速の制限

- (1) 日本溶接協会によれば、被覆アーク溶接については 4m/sec 以上で、マグ溶接では 2 m/sec 以上で靱性が低下し、それぞれ、4 m/sec 以上、2 m/sec 以上で溶接作業性が低下することが報告されている（神戸製鋼所（1985））。
- (2) 最近の文献（溶接協会(2009)）では、ガスシールドアーク溶接については、0.5m/sec 以上とならないように管理すべきとされている。
- (3) 一方、化学物質のばく露による健康障害を防止するため、特定化学物質障害予防規則における局所排気装置の制御風速は、粒子状のものについては 1.0m/sec とされている（特定化学物質障害予防規則の規定に基づく厚生労働大臣が定める性能（昭和 50 年労働大臣告示第 75 号））。

5 考察

- (1) 粉じん障害防止規則においては、従来、金属アーク溶接については、有効な発生源対策が可能である、固定した設備を使用して行う作業に対して、局所排気装置等の設置及び作業環境測定を義務付けている。溶接作業については、作業箇所が一定しないことが通常であり、その場合には、有効な局所排気装置等を設置することは困難である。
- (2) 中央労働災害防止協会（2019）の結果からも、第3管理区分に分類される単位作業場所の割合が 70%（管理濃度を 0.02 mg/m³ とした場合。0.05mg/m³ とした場合は 63%）と高い割合を占めている。しかも、B測定値が 0.2mg/m³ 以上という高い濃度の作業場所が 40%を占めている。個人ばく露測定値が基準値の何倍であることを示す要求防護係数についても、1 以上（防じんマスクの着用が必要）の作業場所の割合は 73%（基準値を 0.02 mg/m³ とした場合。0.05mg/m³ とした場合は 52%）となり、第3管理区分の割合とほぼ一致する。要求防護係数が 10 以上（全面マスク又は半面型電動ファン付きマスクが必要）な割合も、30%を占めた。

- (3) このような高い濃度の作業場所に対して、局所排気装置等の措置によって第2管理区分を実現することは困難と見込まれる。まず、局所排気装置等については、溶接作業場所が一定しない屋内作業場において有効な局所排気装置等を設置することは困難である。仮に溶接作業場所が一定である場合であっても、局所排気装置等には、抑制濃度を実現できる風速を有するものが必要となる。制御風速の最低値は、粒子状物質については、1.0m/sec（局所排気装置）又は0.2m/sec（プッシュプル型換気装置）とされている。しかし、B測定の実測値や要求防護係数を踏まえると、濃度を10分の1まで減少させる必要がある作業場所も多く、これをはるかに上回る高い風速が求められることが予想される。溶接作業においては、被覆アーク溶接で4m/sec、ガスシールドアーク溶接で0.5m/secを超える風速が発生すると溶接不良や溶接作業性の低下が発生することを踏まえると、換気装置によって抑制濃度を達成することは現実的ではない。中央労働災害防止協会（2019）の結果からも、局所排気装置や集塵機といった措置を行っても、マンガン濃度を十分に低減できていない作業場所が多数見られる。
- (4) 以上から、金属アーク溶接又は溶断作業を行う作業場について、作業環境測定の実施及び局所排気装置等の設置を一律に義務付けても、その実効性を担保することは困難であることが見込まれる。ただし、現に第一管理区分である作業場所もあることから、現状を悪化させることなく、作業場所の状況に応じた対策を促すため、段階的な規制を設けることが妥当である。この場合、測定結果に応じた換気措置の実施のほか、マンガンばく露を防止するための最低限の措置として、個人サンプリングによるマンガン濃度測定の結果により算定される要求防護係数を満たす有効な呼吸用保護具を使用させることを義務付けることが必要である。

参照文献

中央労働災害防止協会（2019）「令和元年度 溶接ヒュームに含まれるマンガンのばく露実態調査（速報）」

日本溶接協会(2009)「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（前編）」溶接技術 57(8) pp.129-134