

マンガン及びその化合物のばく露限度値に関する  
測定対象の粒径に関する文献等について

1 ACGIH 提案書におけるマンガンの TLV 設定の考え方

- (1) ACGIH(2013)では、TLV-TWA 0.02mg/m<sup>3</sup> (レスピラブル粒子) をマンガン及びその無機化合物に対して推奨している。この値は、Bast-Pettersen(2004)、Luchini ら(1999)、Mergler ら(1994)、Roels ら(1992)の報告から得られた LOAEL 値が 0.03-0.04mg/m<sup>3</sup> (レスピラブル粒子) の範囲でよく一致していることを考慮している。Young ら(2005)や Park ら(2006)のデータも同程度であったとしている。
- (2) この値は、観察されている LOAEL の 1/1.5~1/2 であり、Young ら(2005)が示した 下限値に近い。Roels ら(1992)の統計モデルによると、TLV-TWA 0.02mg/m<sup>3</sup> (レスピラブル粒子) は、労働者の 2.5%に手の安定性障害 (敏感な試験で検出されるが、臨床上の所見はない) が生じるレベルである。

2 ACGIH 提案書におけるインハラブル粒子に係る TLV 設定の考え方

- (1) ACGIH(2013)では、「ほぼ全てのマンガンが、肺の微細なガス交換領域に沈着した粒子から吸収される」とし、「最も懸念される粒子は、微細レスピラブル粒子である (ほとんどが<4μm)」としている。一方で、ACGIH(2013)では、消化器からの吸収や鼻咽頭に付着した溶解性の高い粒子からの吸収のセーフガードの観点から、4μmD よりも大きな粒子の存在が予想される条件では、インハラブル粒子の TLV-TWA(0.1mgMn/m<sup>3</sup>)も推奨されるとしている。
- (2) この値は、レスピラブルの TLV-TWA (0.02Mn/m<sup>3</sup>) に、インハラブルとレスピラブルの比のばらつき (1:1 (溶接)、10:1 以上 (フェロアロイ等)) の中間値(5:1)を踏まえ、レスピラブル粒子の TLV を 5 倍したものとしている。
- (3) ACGIH(2013)では、インハラブル粒子の TLV を用いる場合は、レスピラブル粒子の TLV と併せて用いる必要があるとしており、インハラブル粒子の TLV を単独で使用することは認めていない。
- (4) ACGIH(2013)では、インハラブル粒子とレスピラブル粒子によるばく露を評価している報告を比較し、ばく露因子にレスピラブル粒子の全就労期間平均ばく露強度 (INT) を用いると、より明確にばく露-応答関係が認められたとしている (表 1)。累積ばく露指標 (CEI) で示される インハラブル粒子の結果(Myers et al., 2003)と INT で示されるレスピラブル粒子のデータ(Young et al., 2005) (表 1) を比較すると、後者のほうが、より有意水準が高く一貫したばく露-応答関係をいくつか示していることがわかったとしている。

表1. 呼吸域微粒子量(mg Mn/m<sup>3</sup>)で表現した平均マンガンばく露強度(INT)と関連付けた、南アフリカの精錬労働者でのばく露-応答関係

	数唱	符号化課題	Santa Ana	平均反応時間 (ms)	タッピング (優位側手)	タッピング (反対の手)	持続性
非ばく露対照群、平均スコア	15.6	33.8	49.4	266.4	59.4	54.6	337.1
暴露群vs.対照群	2.1§	2.1†	4.3§	10.3	3.6‡	-1.9*	-14.1†
残りの暴露群vs.内部対照	1.1‡	1.5*	0.2	7.0	1.8†	1.4*	8.1*
全体のトレンド	4.5§	8.4‡	4.5*	35.2*	11.8‡	8.9‡	46.0†
ばく露 応答カテゴリ :							
0 < INT < 0.01 (N= 115)	1.4†	1.2	4.2‡	5.3	2.4*	-1.0	-8.6
0.01 < INT < 0.04 (N= 108)	1.9‡	2.2*	4.6§	12.9*	3.4‡	-1.7	-13.1
0.04 < INT < 0.1 (N=117)	2.7 §	2.0	4.0‡	10.4	4.0‡	-2.3*	-17.3*
0.1 < INT < 0.2 (N=86)	2.3§	3.2†	4.2‡	11.5*	4.3‡	-2.6*	-17.5†
INT ≥ 0.2 (N=86)	3.0§	3.7‡	4.6‡	19.9†	7.2§	-4.6‡	-27.0‡

Young et al. (2005)のデータをもとにしたもの。値はそれぞれ、非ばく露対照群の平均スコアとの差を示している。二項差、全体のトレンド、ばく露サブカテゴリの統計表記は、外部対照と比較したもの:\* 0.1 > P ≥ 0.05; † 0.05 > P ≥ 0.01; ‡ 0.01 > P ≥ 0.001; § P < 0.001

#### 4 管理濃度等について

- (1) 管理濃度は、作業環境測定結果を評価し、管理区分を決定するための基準値である。管理区分の結果により、事業者<sup>1</sup>に法令上の措置義務を課すものであるため、その管理区分決定の方法は、事業者にとってわかりやすいものでなければならない。
- (2) 従来、同一の物質について、複数の粒径別の管理濃度を示した例はない。これは、複数の管理濃度を示した場合、複数の測定値を評価した管理区分が一致しないことが想定されるが、そのような複雑な仕組みを最低基準である法令として規定することが望ましくないためと考えられる。また、二つの粒子を同時に測定するためには、サンプラーを複数使用する必要があり、事業者の負担を増やすことも懸念される。
- (3) なお、レスピラブル粒子については、従来の粉じん測定で使用する分粒装置を使用することで測定可能である。インハラブル粒子については、法令で定められた分粒装置がないため、分粒装置の法令基準の検討が必要となる。

#### 5 考察（測定対象の粒径について）

- (1) ACGIH は、TLV の設定において、各報告の信頼性評価に基づき、レスピラブル粒子に関する LOAEL を主な根拠としている。このため、インハラブル粒子の TLV は、レスピラブル粒子の TLV の 5 倍として計算されている。この 5 倍という値は、インハラブル：レスピラブル比のばらつき（溶接で 1：1、フェロアロイ等で 10：1）の中間値とされている。このため、インハラブル粒子の TLV は、溶接においては過度に緩く、フェロアロイ合金製造等においては過度に厳しい基準値となる。これらの理由から、ACGIH は、インハラブル粒子の TLV を単独で使用することを認めてい

ない。

- (2) 仮に、複数の粒径について管理濃度を設定する場合、得られた複数の測定結果による管理区分が一致しない場合、単位作業場の作業環境を評価する方法について、現状と比較して複雑な仕組みが必要となる。また、インハラブル粒子を測定するための分粒装置の基準も必要となる。
- (3) 以上から、義務規定の基準であるマンガン及びその化合物に関する管理濃度としては、より確実な根拠を持つレスピラブル粒子のみを測定対象とすることが妥当である。
- (4) なお、全就労期間で曝露したマンガンの量を示す指数である CEI よりも全就労期間の平均ばく露の濃度を示す指数である INT の方が明確な量反応関係を有するということは、全就労期間で曝露量とともに、全就労期間の平均ばく露の濃度が健康影響に関連することを示している。このことは、労働時間を減少することによってマンガンの総曝露量を減少させても、ばく露の平均濃度が高ければ、マンガンによる健康影響の防止の効果が見込めないことを示唆している。

#### 参照文献

- ACGIH (2013), “Manganese, elemental and inorganic compounds.” Documentation of Threshold Limited Value and Biological Exposure Indices.
- Bast-Pttersen R., Ellingsen D.G., Hetland S.M., Thomassen Y. (2004) Neuropsychological Function in Manganese Alloy Plant Workers. Int Arch Occup Environ Health Vol.77, pp.277-287
- Ellingsen D.G., Hetland S.M., Thomassen Y. (2003) Manganese air exposure assessment and biological monitoring in the manganese. J. Environ Monit Vol. 5, pp.84-90
- Luchini R, Apostoli P, Perrone C et al (1999) Long-term exposure to “low levels” of manganese oxides and neurofunctional changes in ferroalloy workers.
- Mergler D.M, et.al (1994) Nervous System Dysfunction among Workers with Long-Term Exposure to Manganese. Environmental Research Vol.64, pp. 151-180
- Young T., Myers J.E., Thompson M. (2005) The Nervous System Effects of Occupational Exposure to Manganese – Measured as Respirable Dust – in a South African Manganese Smelter. Neurotoxicology, Vol.26 pp. 993-1000
- Park RM, Bowler RM, Eggerth DE et al. (2006) Issues in neurological risk assessment for occupational exposures: the Bay Bridge welders. Neurotoxicology Vol.27 pp.373-384
- Roels H, Ghyselen P, Buchet JP, et al. (1992) Assessment of the permissible exposure level to manganese in workers exposed to manganese dioxide dust. Br J Ind Med Vol.49 pp.25-34