



粉体市場における封じ込め技術について

Containment Technology in the Powder Market

佐野 敦

Atsushi SANO

ホソカワミクロン株式会社 粉体システム事業本部 次長

Asst. General Manager, Powder Processing System Division, Hosokawa Micron Corporation, JAPAN

抄 録

昨年労働安全衛生法が改正され、一定の危険有害性のある化学物質についてリスクアセスメントの実施が義務づけられ、各ユーザーの製造現場ではリスクの把握とともに、その軽減措置を講じなければならない。当社においても特殊材料によるテスト実施時や、当社粉体機器が使用される現場にて環境改善を検討するケースが増えている。今回は環境改善に使用する封じ込め技術をまとめ、関連機器を紹介する。

ABSTRACT

According to the Occupational Safety and Health Act revised last year, risk assessment is obliged for certain hazardous chemical substances, and all the users must grasp the risk and take the necessary measures to reduce it at the manufacturing site. Also in our company, there are an increasing number of cases when testing with special materials or examining the environmental improvement is carried out at the site where our powder equipment is used. This time we will summarize the containment technologies used for the environmental improvement and introduce the relevant equipment.

1 はじめに

世の中に存在するあらゆる分野の製品の元をたどると、粉体技術が大きく関わっていると言われていく。日々、新製品の元となるさまざまな材料と向き合い、対応を行なっているが、そのジャンルは非常に幅広い。近年話題の例でいうと、自動車分野で使用される2次電池材料があげられる。コバルトなどは、労働安全衛生法の中で「特定化学物質」に分類されており、取扱いについて厳しく規定されている。一方、医薬分野では、世界中で新薬の開発が活発になる中、抗がん剤に多く使用される「高薬理活

性医薬品」は、作業者が取扱いを間違えると健康障害を引き起こす物質であり、封じ込め設備が必ず必要となっている。これらの対処には、リスクの正しい把握とそれを軽減する技術が必要である。当社は幅広い分野のユーザー、粉体と付き合う中で、独自の環境改善技術、封じ込め技術を培ってきた。本編では、そのような物質を取り扱う際のリスクの考え方をまとめるとともに、環境改善に伴う封じ込め技術をまとめ、製品の品質を保持し、かつ、安全に生産するための各種設備を紹介する。

労働安全衛生法の改正によるリスク評価の強化

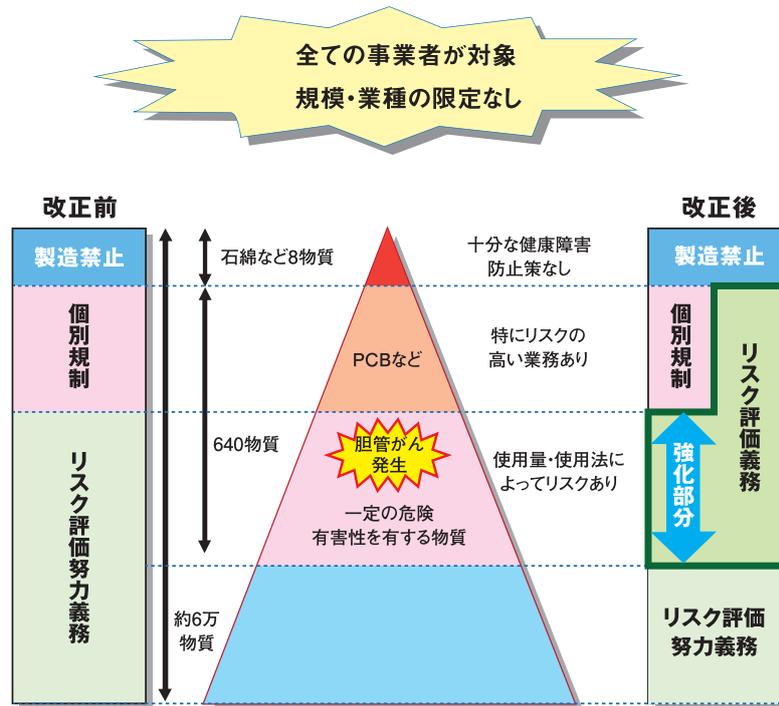


図1 労働安全衛生法の改正によるリスク評価の強化¹⁾

Fig. 1 Reinforcement of risk assessment by the amendment of Occupational Safety and Health Law¹⁾

2 リスクの考え方

昨年6月1日施行の労働安全衛生法の改定により、化学物質管理の在り方の見直しが行われ、より厳しい管理が事業者責任として求められている。図1に、「労働安全衛生法の改正によるリスク評価の強化」について記す。分類の中で、石綿などの製造禁止物質が8物質、一定の危険・有害性を有する物質が640物質、そして、特にリスクの高い業務となる個別規制にあたる物質が110物質に分類されている。今回は、当社に関わりの大きい個別規制されている「特定化学物質」に焦点をあてて話を進める。

特定化学物質は、健康障害を発生させる可能性が高い物質として定められたものであり、第1類物質はがん等の慢性障害を引き起こす物質のうち、特に有害性が高く、製造工程で特に厳重な管理（製造許可）を必要とするもの、第2類物質はがん等の慢性障害を引き起こす物質のうち第1類物質に該当しないもの、第3類物質は大量漏洩により急性中毒を引き起こす物質とされる。

化学物質の有害性（ハザード）に関する考え方は、



リスク評価：ばく露量とばく露限界値を比較する。

図2 有害性のリスク評価³⁾

Fig. 2 Risk assessment of toxicity³⁾

有害性の大きさと、その曝露量から化学物質の危険性の度合い（リスク）を判断し、人の健康や環境に影響が及ばないように適切に管理することが重要である。化学物質管理の分野で今や世界的潮流となったリスク管理は、化学物資の安全性に対する社会的な関心の高まりを受け、重要性が増している²⁾。化学物質の有害性は物質固有の性質なので変えられない。しかし、曝露は、管理の仕方小さくすることが出来る。「有害性」が高い物質であっても「曝露量」が極小ならリスクは小、逆に「有害性」が低くとも

「曝露量」が大量ならリスクが大となる³⁾。(図2)

式にまとめると下記になるが、取り扱う物質の有害性に関する情報を知り、実際の作業現場での曝露の実態と照らし合わせ、リスクの度合いを正確に判断することが重要である。

$$\begin{aligned} & \text{リスク (悪影響が起きる可能性)} \\ & = \text{有害性} \times \text{摂取量 (曝露量)} \end{aligned}$$

3 特定化学物質の規制例⁴⁾

労働安全衛生法のもと、労働者が化学物質による健康被害を受けることを予防する目的で特定化学物質障害予防規則（以下、特化則）が制定され、様々な規制が行われている。ここではその規制対象であり、2次電池材料として使用される「コバルト」を例として述べることにする。

3.1 規制対象の範囲

コバルト及びその無機化合物は、安全衛生法による特化学物質の管理第2類物質・特別管理物質に該当し、これを重量の1%を超えて含有する製剤その他の物を製造し、また取り扱う作業全般が規制の対象となる。但し、コバルト及びその無機化合物を触媒として取り扱う作業は適用除外となる。(特化則第2条の2)

3.2 有害性と用途

・主な有害性

発がん性：コバルトと炭化タンゲステンとの合金はIARC（国際がん研究機関）区分2A（ヒトに対しておそらく発がん性がある）、その他金属コバルト及びコバルト化合物はIARC区分2B（ヒトに対する発がん性が疑われる）

皮膚感作性：アレルギー性接触皮膚炎

呼吸器感作性：気管支ぜんそく等

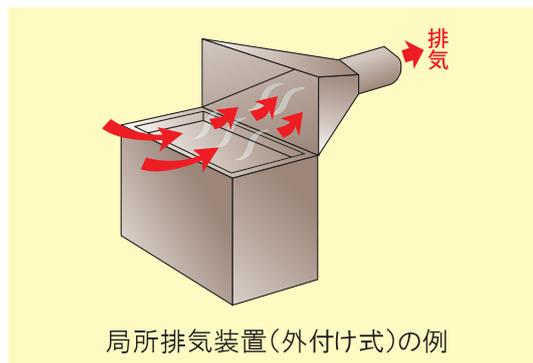
吸入による肺の重篤な障害：間質性肺炎、肺機能異常等

・用途例

磁性材料、特殊鋼、超鋼工具、触媒、陶磁器の顔料、リチウムイオン2次電池の電極

3.3 発散抑制措置

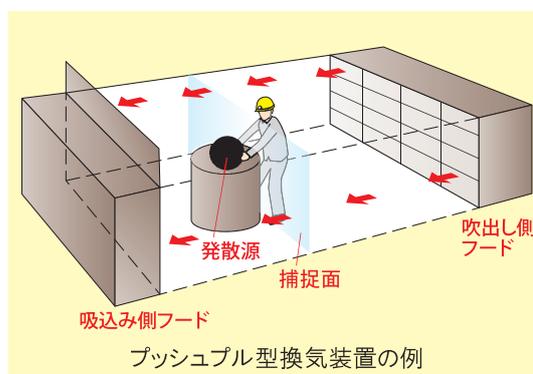
対象物の製造・取扱い作業全般について、対象物



局所排気装置(外付け式)の例

図3 局所排気装置

Fig. 3 Local exhaust system.



プッシュプル型換気装置の例

図4 プッシュプル型換気装置

Fig. 4 Push-pull ventilation system.

から発散する粉じん、ヒューム等に労働者が曝露することを防止するための措置が必要となる。

1. 対象の粉じん、ヒューム等が発散する屋内作業場での発散抑制措置（特化則第5条）
発散源を密閉する設備、局所排気装置（図3）または、プッシュプル型換気装置（図4）を設けること。
2. 局所排気装置及びプッシュプル型換気装置の性能要件、点検、届出等
 - ①構造、性能について一定の要件を満たす必要がある。（特化則第7、8条）
 - ②定期自主検査、点検を行なうこと（特化則第29、30、32、33、34の2、35条）
 - ③設備計画の届け出（安衛則第86、88条、別表第7）設置・移転・変更しようとする日の30日以上前に届け出が必要。
3. 除じん装置の設置（特化則第9条）
対象物の粉じんを含有する気体を排出する、製造設備の排気筒、屋内作業場の局所排気装置、

テクニカルノート

プッシュプル型換気装置には、粉じんの粒径に応じた除じん装置を設けること。

4 当社発散抑制装置

発散抑制装置の設置により、作業者の曝露リスクは大幅に縮小するが、特化則の対象物質となっているコバルト及びその無機化合物の抑制濃度は 0.02 mg/m^3 ($20 \text{ }\mu\text{g/m}^3$) と非常に厳しい。図3のような局所排気装置は、吸込み口近辺の吸引は確実だが、作業台部のみが対象となり、作業員の動きも限定される。粉体を扱う場合、作業台部に限定されず、充填・計量作業など、ある程度作業員に動きが必要な場合は、図4のようなプッシュプル型換気装置が望ましいと考える。また、上記のような非常に厳しい抑制濃度を実現するには、プラスアルファの工夫が必要であり、本件については4.2にて述べる。

4.1 職業曝露限界レベル

当社には独自の曝露限界レベルの設定がなされており、表1に示す。

表1中に示す OEL (Occupational Exposure Limits) とは職業曝露限界レベルを示し、作業者が1日当たり8時間にわたって作業した場合に、対象物質の濃度がこの数値以下であれば、作業者に健康上の悪影響がみられないと判断される限度の濃度である。

OEB: Occupational Exposure Band 職業曝露バンド
TWA: 時間加重平均濃度

4.2 封じ込め設備～セーフティブース～

コバルト及びその無機化合物の抑制濃度から、表1での相当レベルが「3」と判別され、対象機種はセーフティブースとなる。セーフティブース(図5)⁵⁾は、天井吹出面からの精密な垂直層流により、粉体

作業による粉塵の発生を確実に床方向に抑え込み、ブース奥にある吸込口より回収を行なう事で作業者を曝露から守る。セーフティブースには、グローブポート付の亚克力パネルがオプション装備されており、粉体発生源と作業者とを完全に遮断することで、前述の $20 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ というより低い曝露レベルを実現出来る。気流シミュレーションを図6⁵⁾に示す。垂直気流により図6中の右下部にある吸込み口に粉



図5 セーフティブース
Fig. 5 Safety booth.

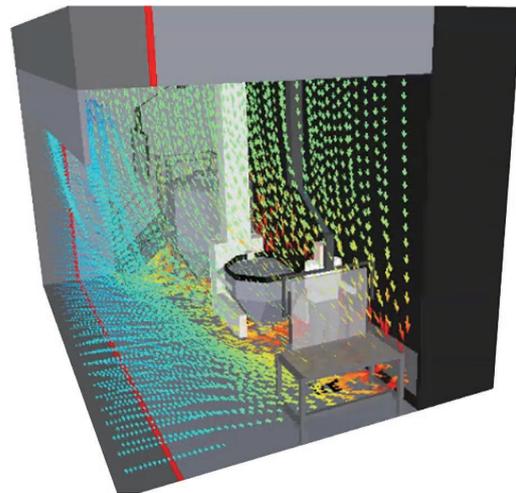


図6 気流シミュレーション
Fig. 6 Air flow simulation.

表1 曝露限界レベル⁵⁾
Table 1 Exposure limit level⁵⁾.

OEB	OEL ($\mu\text{g/m}^3$ 8 hr TWA)
1	>1000
2	100-1000
3	10-100
4	1-10
5	<1
6	0.01-0.1

塵を回収される様子が見える。また、ブース内圧力はマイナスになっており、ブース内で発生した粉塵がブース外に拡散しないよう封じ込めがなされている。図6においても封じ込めの様子が見てとれる。(図6中の左側のブース外部からブース内部に向けて、青線の気流が流入している。)通常、セーフティブースは循環型となっているが、特化則対象物質の場合は、排気型への変換が可能である。

また、吸引する粉体の量が多い場合は、図7のような水平ラミナー気流のみの吸引ブースと集塵機を組み合わせた対応も可能であり、現場のスペース、作業内容、扱う粉体の量など、現場状況を調査のうえ、最適なシステム設計を行なっている。

5 当社テストセンターの管理基準

当社は大阪府枚方市の大阪本社と、千葉県柏市の東京事業所にテストセンターを設けている。さまざまな客先ニーズに応えるべく粉体機器のテストを繰り返しているが、取り扱う材料に作業者の健康に害を及ぼす可能性があるケースが最近増えてきていると感じる。ここでは、作業者の安全を確保するための基準と対策について記す。

5.1 テスト受け入れ安全基準

MSDSに記載されて下記の条件 i, ii, iii, iv をひとつでも満たしていない材料の場合、または①、



図7 ラミナーブース
Fig. 7 Laminar booth.

②、③に該当の場合は、テストセンター内での取扱いを取り止め、機器供試などでユーザー工場内にて試験頂くこととしている。

- i) 急性経口毒性 LD50 値が 500 mg/kg 体重(ラット)以上
- ii) 急性経皮毒性 LD50 値が 1000 mg/kg 体重(ラット)以上
- iii) 「発ガン性」の項目が、「区分外」、「データなし」のいずれかである。
- iv) 「生殖毒性」の項目で、「人での証拠あり」「区分 1A」がない。

- ① 排水規制対象物を含む試料
- ② 金属粉末などの粉塵爆発の可能性がある試料
- ③ 異常に悪臭を放出、常温で腐敗進行の早い試料

5.2 テストセンター内リスク低減措置

最近、ユーザーのテスト依頼の中で、特化則に関わる材料が持ち込まれるケースが増え、図8、9のような対策を施している。図8は微粉砕機(ACM)用対策で、発塵が大きい材料投入部をカーテンブースで囲い込み、HEPA フィルタ付ユニットにて屋外排気を行ない作業者を曝露から保護している。また、図9は分級機(ATP)の製品回収部を囲い込み屋外排気を行なうことで、発塵しても他のテスト場内への拡散を防ぐリスク低減措置をとっている。

以上のように、MSDS 確認の後に社内にてテスト方法の検証を行ない、各部門に指示を行なうと同時に、ユーザーからテスト方法の同意を得ることでテスト実施に至っている。

前述の特化則に規定されているコバルト化合物を取り扱う場合は、作業の際に保護具を着用しなければ

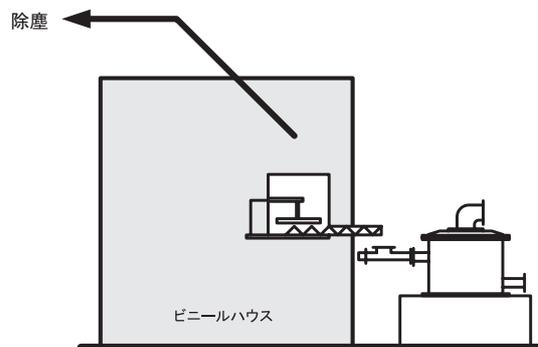


図8 微粉砕機テスト対策
Fig. 8 Measures against dusting on the fine pulverizer testing.

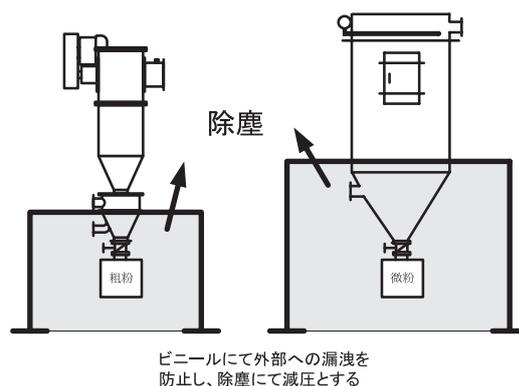


図9 分級機テスト対策

Fig. 9 Measures against dusting on the classifier testing.

ばならないが、皮膚感作性によりアレルギー性接触皮膚炎を発症する場合があります。皮膚の露出を防ぐために保護メガネ・手袋の併用も行なっている。以上の対策に加え、テスト作業手順を明確にすることでテスト時のリスクを最小限に抑え、客先からの多種多様なテストに備えている。

6 医薬向け封じ込め技術～アイソレータ～⁶⁾

最後に参考として医薬分野についても述べておく。最近話題となっている抗がん剤であるが、各社新製品の開発にしのぎを削る中、高薬理活性医薬品を取り扱う機会が増えている。図10は粉碎機内蔵型アイソレータを示す。アイソレータは、高薬理活性医薬品や毒性の強い化学薬品、などを扱う研究開発や製造現場において、これらの物質の飛散による、研究者や作業員への被害を未然に防ぐ為に欠かすことの出来ない装置である。粉碎・混合・打錠・コーティング等の各工程において異なる技術が要求される。

またハザード物質ごとにOELが異なるため、それぞれに適した装置設計を行なうことで、効率的な



図10 アイソレータ

Fig. 10 Isolator.

微粉碎とその制御技術、それに纏わる安全性を担保する封じ込め技術を提供している。当社独自の曝露限界レベルの設定を示す表1から判断すると、OEBレベル4, 5がアイソレータの適用範囲となるが、最近ではOEBレベル6の要求も出てきている。

7 おわりに

新製品が生まれる前にその元となる新素材/材料が開発されることが多いので、研究開発の初期段階で当社が携わる機会は多い。また、作業員の健康上のリスクとなるケースも多くなっており、厚労省による規制・指導はますます厳しくなるだろう。化学物質の有用性を社会が享受するには個々の物質のリスクを知り、リスクに応じた対策を講じて利用する事が基本と言える。当社が100年かけて培ってきた粉体技術とそれに伴う環境技術を駆使し、今後も高性能な品質と作業員の安全確保の両面で、社会に貢献を続けていく。

References

- 1) 一般社団法人日本化学工業協会発行、化学品とのつきあい方～その利用と管理について(A4, 28ページ), p. 3.
- 2) 化学工業日報 2017.05.17, 2面社説.
- 3) 御子柴 尚, 霜島 雅明, “「有害性」のリスクアセスメント”, 一般社団法人日本化学工業協会主催: 改正安衛法対応リスクアセスメントセミナー(2017.06.09), 講義4, p. 4, p. 6.
- 4) 厚生労働省・都道府県労働局・労働基準監督署発行: 特定化学物質障害予防規則等の改定(インジウム化合物, コバルト及びその無機化合物, エチルベンゼン, くん蒸作業対象物質の追加)に係るパンフレット, pp. 3-5.
- 5) HML Downflow Booth Presentation Data 2016, September 2016.
- 6) 向河原 榮, 多様なものづくりに貢献する粉体プロセスの最新動向～医薬市場, 粉砕, 58 (2015) 37-43.