

粉じん職場における作業環境測定評価の妥当性に関する研究

～粉じん中の遊離けい酸含有率の測定分析方法に着目して～

研究代表者	山形産業保健推進センター	所長	須藤 俊亮
研究分担者	山形産業保健推進センター	相談員	河合 直樹
	山形産業保健推進センター	相談員	斎藤 誠
	大分産業保健推進センター	相談員	田吹光司郎
	株式会社 テトラス		本間 直人
共同研究者	社団法人日本作業環境測定協会		芹田富美雄

1. 調査研究の背景と目的

粉じんの管理濃度 (E) は、粉じん中に含まれる遊離けい酸含有率 (Q) によって決まるが、過去2度にわたる作業環境評価基準の改正に伴い平成17年以前に比して、約1/4にまで低濃度化している。作業条件の変更もなく、粉じん濃度は比較的低く管理されているにも関わらず、環境評価が悪化する事態への対応に苦慮する事業所も多い。本調査研究では、粉じん作業場の遊離けい酸分析を行う際、その対象を浮遊粉じんとした場合と堆積粉じんとした場合で、その値がどのように異なるか比較検討を行い、乖離要因の考察と適切な測定分析手法の提言を行うことを目的とする。

2. 調査研究の方法

2-1. 対象作業場所の選定

現状において Q が高く E が比較的厳しい値となっているような粉じん作業場を抱える事業所(A~E)の5つの粉じん作業場所を選定した。対象作業場所の概要を表-1に示す。

表-1 現地調査対象作業場所の概要

事業所	作業内容	現状の Q (E)
A	ペンケ付包装・袋詰め	20%(0.12mg/m ³)
B	石英硝子製品の成形	40%(0.06mg/m ³)
C	硅砂袋詰め・製品出荷	26%(0.09mg/m ³)
D	鋳物の型ばらし	21%(0.12mg/m ³)
E	金属の溶解、鋳込(金型)、取出しなど	21%(0.12mg/m ³)

2-2. 試料採取方法

浮遊粉じんの採取位置は、作業場内の代表的粒径の粉じんが採取できるような地点3箇所とした。採取日については、原則として、平日の2連続作業日とし、時間帯については、通常作業が実施されている時間帯の内、分析精度上、必要な粉じん量を確保できる時間とした。サンプリングは、異径アダプター付慣性衝突式分粒装置(PM₄)を装着したローボリウムエアサンプラーにより実施した。

堆積粉じん採取は、原則、対象作業場内の3箇所(一部で集じん機内より採取)とし、なるべく高所の浮遊粉じんが沈降堆積しやすい場所を選び、200meshで篩分けしたものを試料とした。

2-3. 遊離けい酸含有率分析方法

浮遊粉じんを採取したフィルターは直接、篩分け後の堆積粉じんについては、再発じん装置により発じんさせ、前述の分粒装置を通して、フィルターに捕集したものをX線回折装置(半導体検出器付)により分析に供した。

3. 調査研究の結果

対象粉じん作業場における浮遊粉じんならびに堆積粉じん中の遊離けい酸の分析結果を図-1に示す。すべての事業所で、浮遊粉じんと堆積粉じんの平均値に有意差(危険率5%)が認められ、堆積粉じん中の遊離けい酸含有率は、同一作業場の浮遊粉じん中の遊離けい酸含有率に比して、1.3~9.4倍多くなっていた。

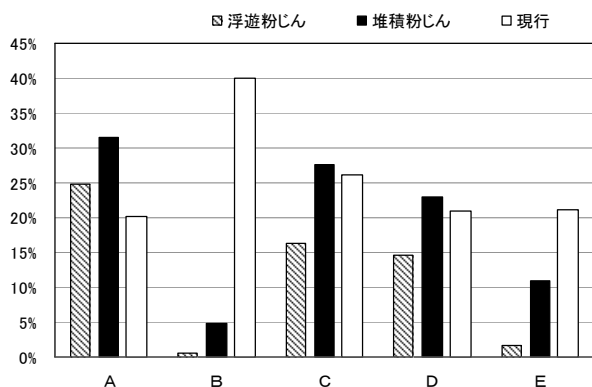


図-1 分析対象別遊離けい酸分析結果

作業内容別に見ると、ヒュームの発生を伴う作業を主体とした事業所 B (9.4 倍) ならびに事業所 E (6.6 倍) では、その比率が極めて大きく、袋詰め、篩分け、バラシ作業など振動を伴う粉じん発生源を主とした事業場 A (1.3 倍)、事業場 C (1.7 倍) と事業場 D (1.6 倍) では、その比率は比較的小さかった。なお、定性分析の結果、いずれの事業所でも検出された遊離けい酸成分は石英のみであり、クリストバライト、トリジマイトは検出されなかった。

各事業所で実施されている直近の作業環境測定結果を浮遊粉じんの Q から求めた E で再評価した結果、現行より評価が良くなるのは事業所 E (Ⅲ→Ⅰ) のみで事業所 A では逆に悪化 (Ⅰ→Ⅱ) するが、他のすべての事業所において、環境評価の変化までには至らないものの、E に対する第 1 評価値 (EA1) ならびに第 2 評価値 (EA2) の比の大幅な低下が認められ、改善のための対策が現実的に実行可能な範囲に入り、その意欲が高まった。

4. 所見ならびに考察

ヒュームなどの微粒子 ($1\mu\text{m}$ 程度) は、沈降速度が遅いため、水平面に達する前に換気等により外部に排出されることから、堆積粉じん中には、ほとんど含まれず、比較的沈降速度の速い、粒径の大きな粒子のみが存在することになる。事業所 E のフィルター上の粒子を電子顕微鏡で観察した結果を写真 1、2 に示すが、浮遊粉じんでは、球状に形の整った微細な粒子が捕集

されているのに対し、堆積粉じんでは、形が不ぞろいで、大きさも様々な粒子が捕捉されていた。

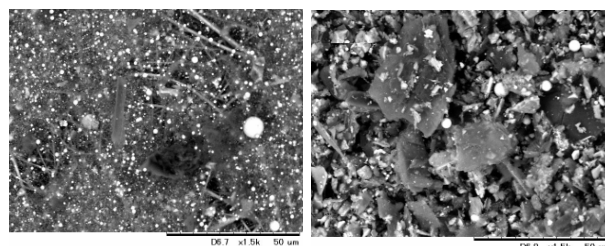


写真1：浮遊粉じん

写真2：堆積粉じん(再発じん後)

さらにフィルター採じん面を組成分析した結果、浮遊粉じんでは Mg、Fe、Zn の酸化物が主成分であるのに対し、堆積粉じんでは、石英 (SiO_2) や長石 ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) 由来成分が多いことが判った。これらのことから、前者が金属ヒューム由来粉じんであり、後者は、それより粒径の大きな鉱物(砂埃などを含む)に由来していると判断でき、もともと両者は母集団が異なる標本であることが明らかになった。

5. 遊離けい酸分析手法の提言

結論を言えば、浮遊粉じん中の遊離けい酸成分を直接定量することが望ましいということになるが、それを一般的に実施可能にするには、サンプリング技術の改良と分析感度の向上が必要である。

本調査では分析感度を上げるため、サンプリング時において、異径アダプターを使用し、フィルター口径を 35ϕ から 25ϕ に絞り込み、なおかつ、半導体検出器を備えた高感度 X 線回折装置を用いて分析を実施している。その場合でも、所要サンプリング時間は約 4 時間 (分析対象：石英、定量限界値： $1\text{w/w}\%$ 、粉じん濃度： $0.1\text{mg}/\text{m}^3$)、となるが、これを 1~2 時間程度まで短縮する必要がある。

一方で、ヒュームなどの微細な粒子が多く発生しているような作業場以外では、乖離幅が 2 倍以内にとどまっていることから、ある程度、評価が不利になることを理解した上で、堆積粉じんを遊離けい酸分析の対象とするのはやむを得ないと思われる。