

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～



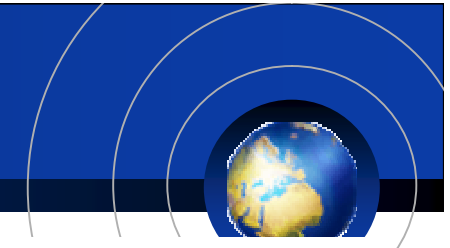
河合直樹¹⁾・斎藤誠¹⁾・田吹光司郎²⁾

本間直人³⁾・芹田富美雄⁴⁾

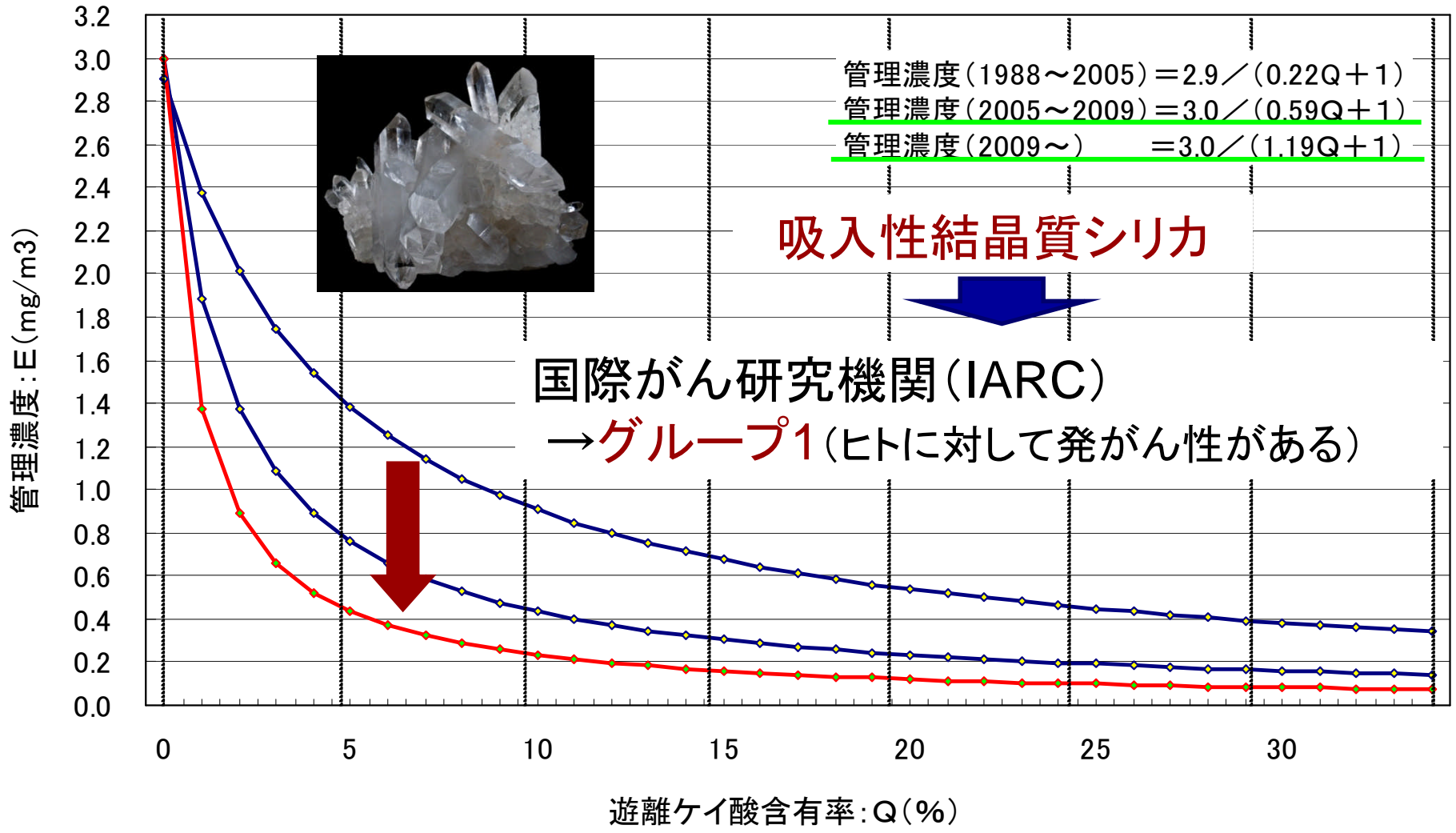
¹⁾山形産業保健推進センター ²⁾大分産業保健推進センター

³⁾株式会社 テトラス ⁴⁾(社)日本作業環境測定協会

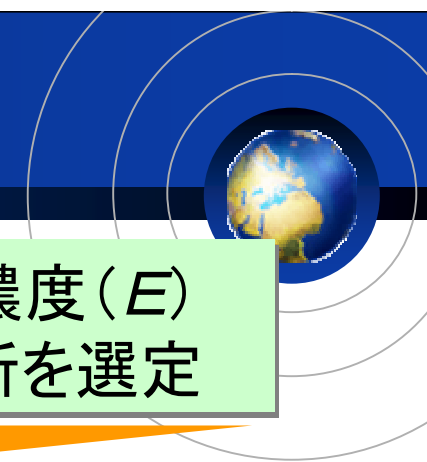
遊離けい酸含有率と管理濃度



◆ 管理濃度(1988~2005)
 ◆ 管理濃度(2005~2009)
 ◆ 管理濃度(2009~)



対象作業場所の選定



現状において、遊離けい酸含有率(Q)が高く、管理濃度(E)が比較的厳しい値となっている粉じん作業場所5箇所を選定

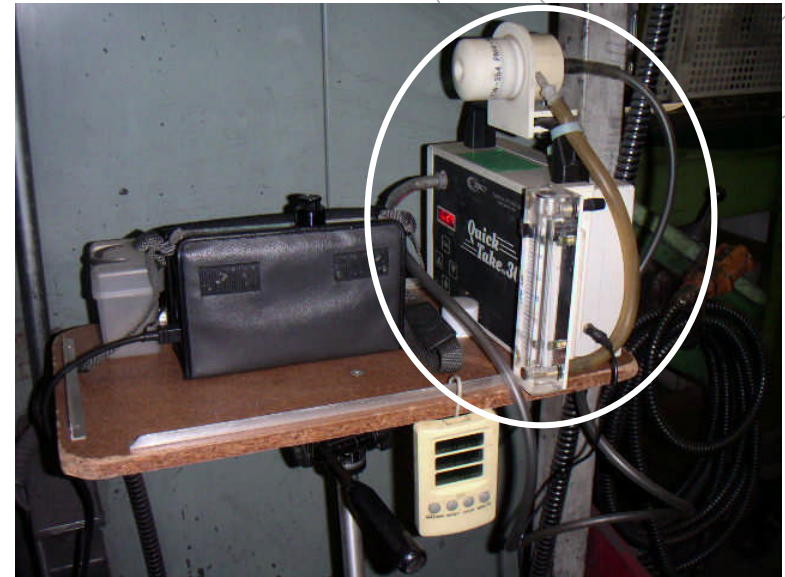
作業場所	作業内容	現状のQ(E)	分析対象	粒度調整方法	分析方法
A	ベントナイト包装・袋詰め	20% (0.12mg/m ³)	堆積粉じん	液層沈降法	リン酸法
B	石英硝子製品の成形	40% (0.06mg/m ³)			
C	珪砂袋詰め・製品出荷	26% (0.09mg/m ³)		再発じん法	X線回折法
D	鋳物の型ばらし	21% (0.12mg/m ³)			
E	金属の溶解、鋳込(金型)、取出しなど	21% (0.12mg/m ³)			

試料採取方法 ～浮遊粉じん～



＜サンプリング条件＞

- 採取地点：作業場所内の代表地点3箇所
- 採取日：平日の2連続作業日
- サンプル数：1作業場所あたり6検体
- 採取時間：1検体あたり、2～6時間



＜使用機器類＞

- ポンプ：ローボリウムエアサンプラー（SKC QuickTake30など）
- 分粒装置：慣性衝突式分粒装置（PM4,NW-354）
異径アダプター（35Φ→25Φ）付
- 使用ろ紙：テフロンバインディンググラスファイバーフィルター（T60A20,25Φ）
- 相対濃度計：レーザー粉じん計（柴田科学：LD3K2）

試料採取方法 ～堆積粉じん～



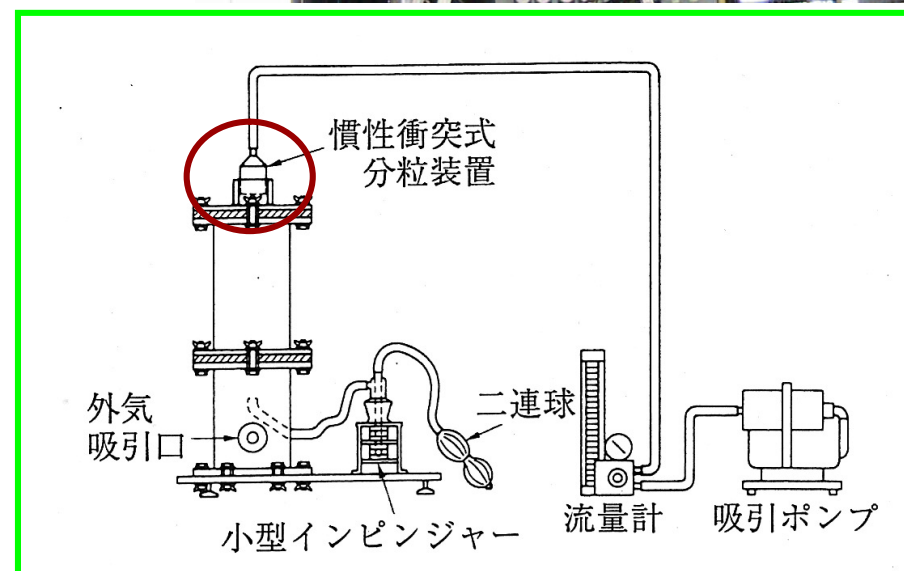
＜サンプリング条件＞

- 採取地点：作業場所内の代表地点3箇所
※なるべく、高所から採取。状況によって集じん機内からも採取。
- サンプル数：1作業場所あたり3検体
- 採取方法：刷毛やブラシで堆積じんを集め、200meshで篩分け



＜分粒操作＞

採取した堆積粉じんを右のような再発じん装置で再発じんし、浮遊粉じんと同様の方法で、ろ紙上に捕集する。



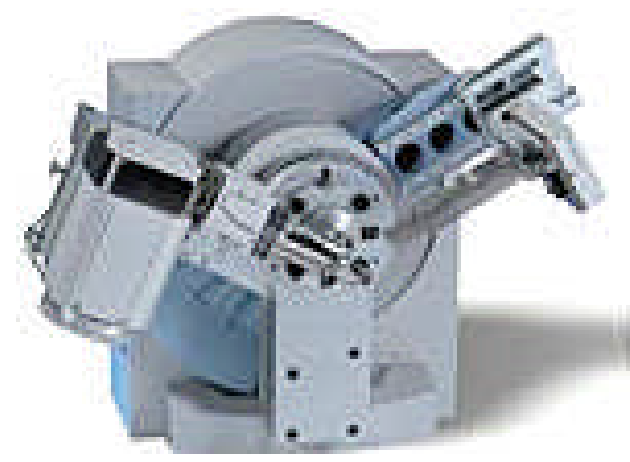
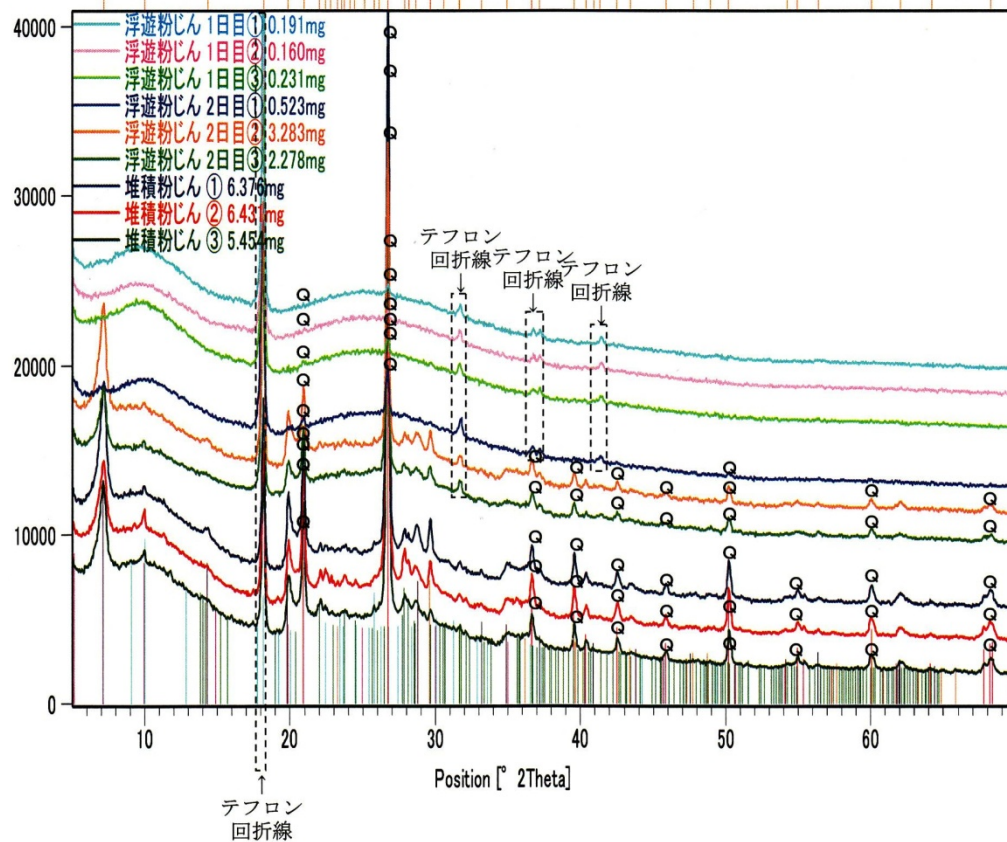
分析方法



＜分析に使用した機器＞

X線回折装置：スペクトリス(株)製X'Pert PRO MPD

検出器：半導体アレイ方式(感度：従来比100倍)



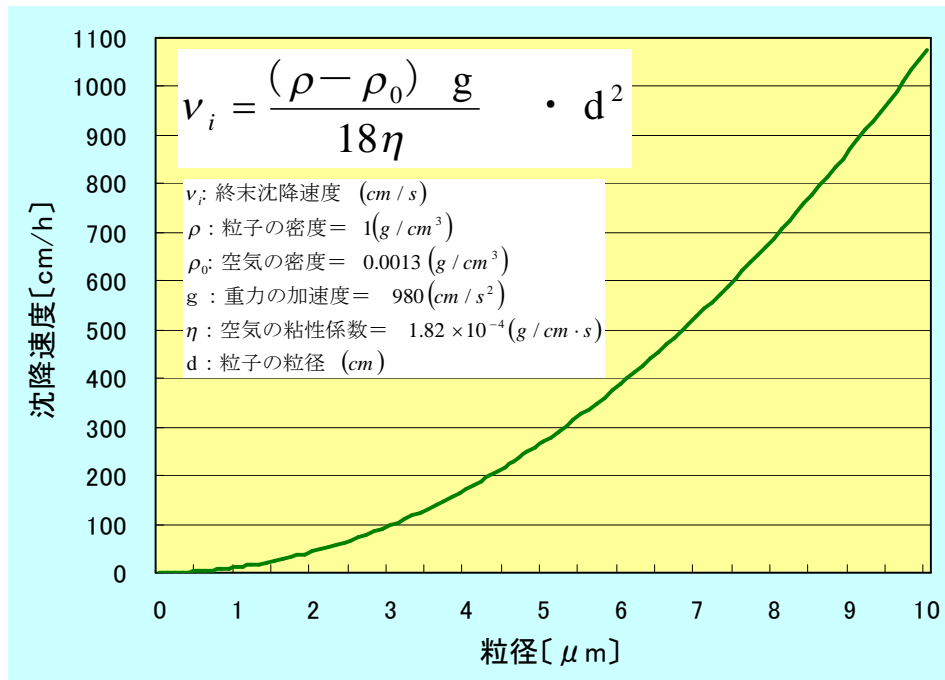
遊離けい酸分析結果



区分	浮遊粉じん						堆積粉じん			倍率 堆積粉じん / 浮遊粉じん
	1日目			2日目			①	②	③	
位置	①	②	③	①	②	③	①	②	③	
A	11.2%	10.5%	16.9%	22.0%	24.0%	28.5%	30.8%	32.1%	31.3%	1.3
平均値	24.8%						31.4%			
B	0.8%	0.3%	0.7%	0.3%	0.5%	0.5%	4.8%	5.0%	13.9%	9.4
平均値	0.52%						4.9%			
C	15.3%	16.5%	16.9%	11.7%	10.9%	11.4%	22.6%	28.1%	32.2%	1.7
平均値	16.2%						27.6%			
D	15.8%	9.3%	7.2%	13.3%	9.6%	7.5%	20.2%	27.6%	21.0%	1.6
平均値	14.6%						22.9%			
E	0.7%	2.4%	1.2%	2.5%	1.9%	1.2%	10.7%	11.2%	0.5%	6.6
平均値	1.7%						11.0%			

※定性分析の結果、いずれも検出された成分は石英のみで、クリストバライト、トリジマイトは検出されなかった。

乖離原因の考察～作業場所E～(1)



<1m沈降時間>

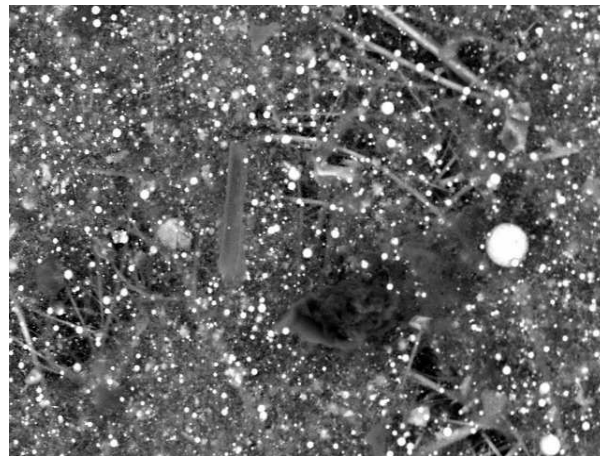
1 μm → 約9時間

10 μm → 5～6分

局所排気＋全体換気(10回/時)

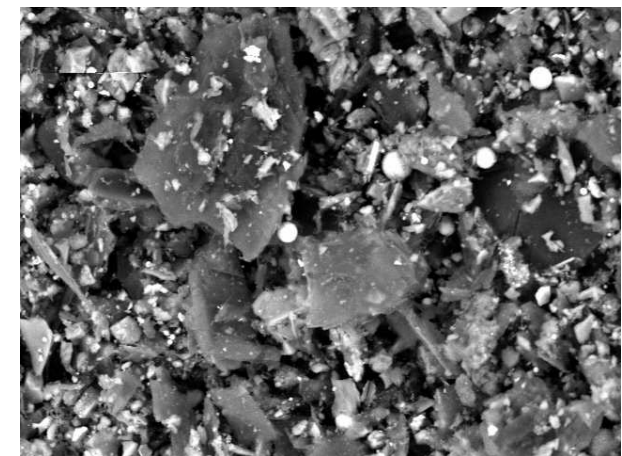
ヒュームなど、粒径が小さい粉じんは、水平面に到達することなく、屋外に排気される。

浮遊粉じん
採取後の
フィルターの
電子顕
微鏡写真



D6.7 x1.5k 50 μm

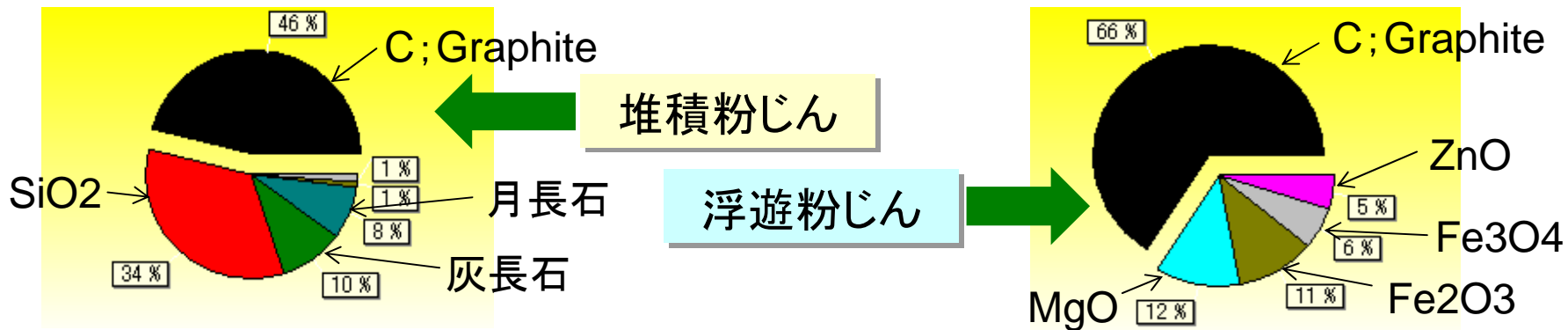
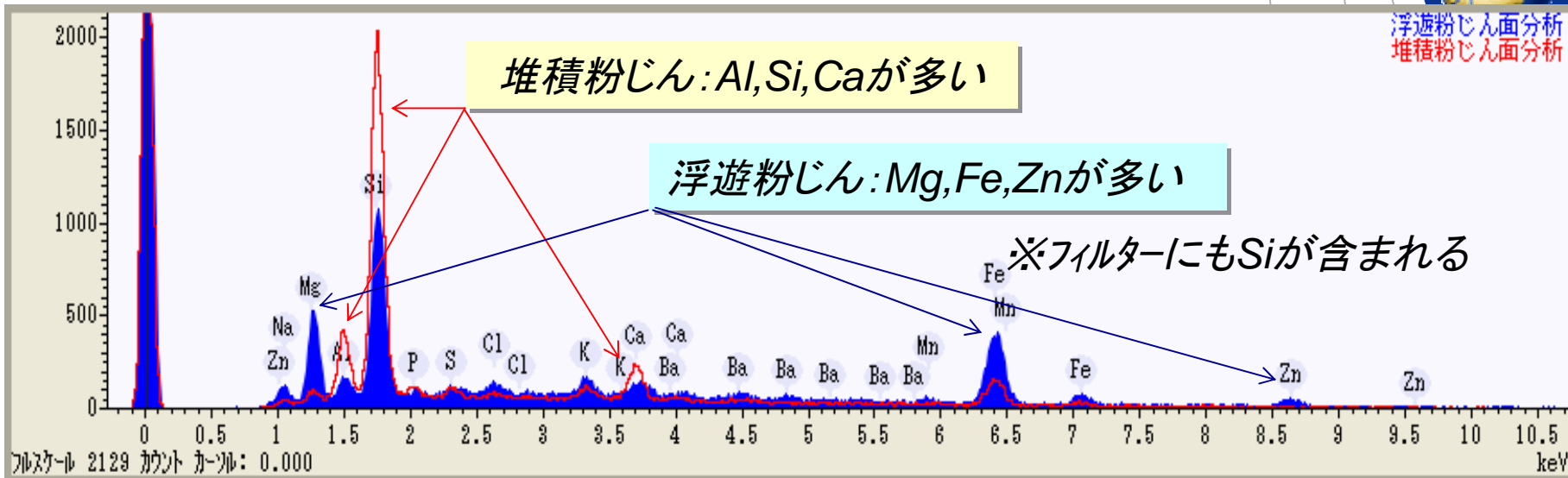
堆積粉じん
(再発じん)
採取後の
フィルターの
電子顕
微鏡写真



D6.8 x1.5k 50 μm

乖離原因の考察～作業場所E～(2)

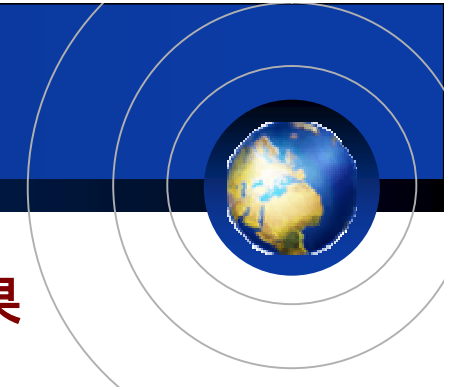
浮遊粉じん面分析
堆積粉じん面分析



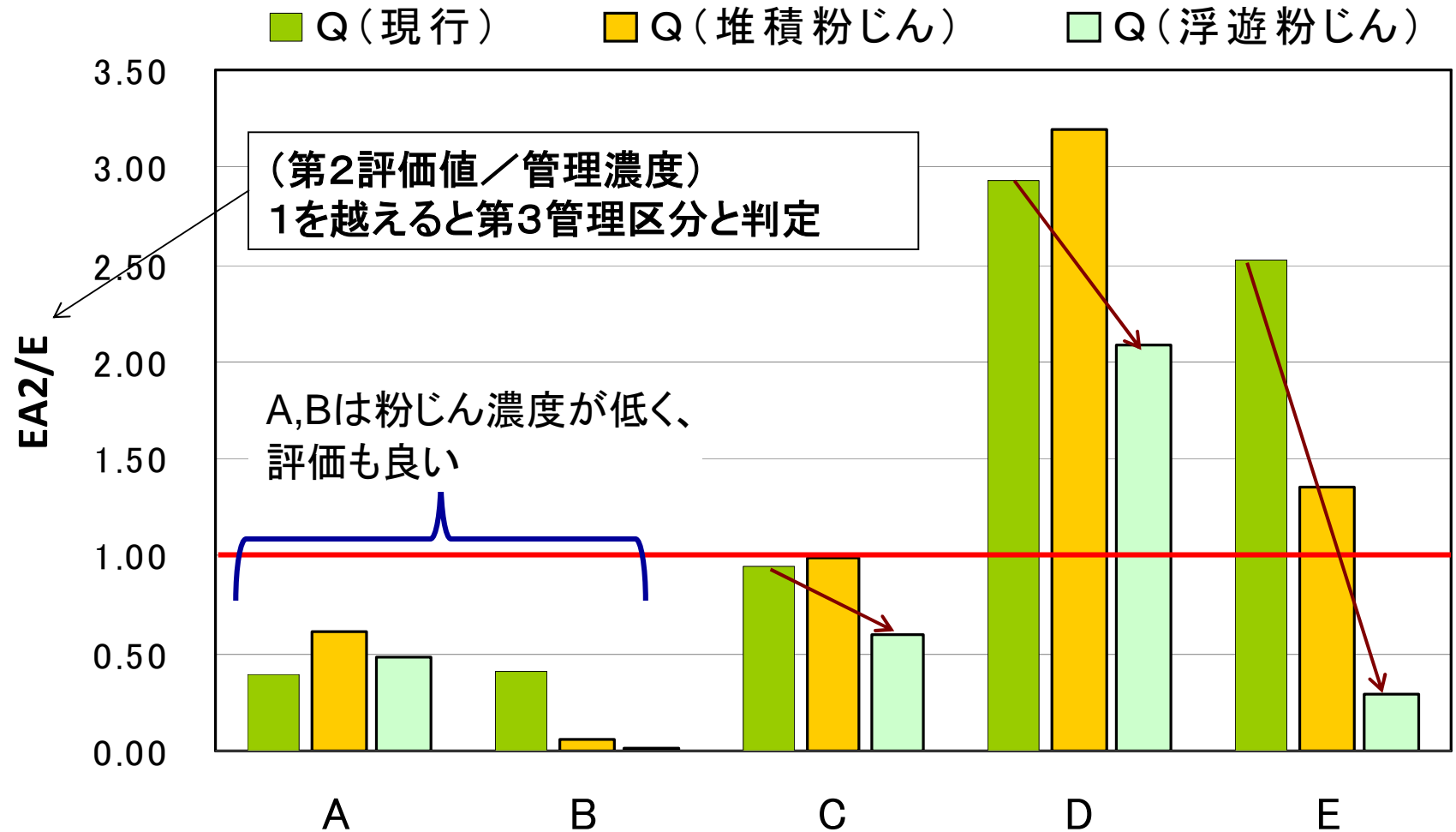
特徴的な含有成分
(炭素以外)

堆積粉じん: 石英、長石(砂埃の主成分)
浮遊粉じん: ヒューム由来の金属酸化物

環境評価への影響



直近の作業環境測定結果のQを入れ替え、再評価した結果



結果の総括



- 堆積粉じん中のQは、同一作業場所の浮遊粉じん中のQに比して有意に高く、特にヒューム発生を伴う作業場所で、乖離幅が大きかった。袋詰め、篩分け、ばらし作業など、振動を伴う発生源を主とした作業場所では、乖離幅は比較的小さかった。
- 粉じんの沈降速度の差によって、ヒュームなどの微粒子は、沈降することなく屋外に排気されるため、堆積粉じんには含まれない。
- 浮遊粉じんと堆積粉じんでは、同様に分粒操作を行っても、その粒径分布や成分組成は大きく異なっており、もともと母集団が異なる標本と見なせる。
- 堆積粉じんを対象としたQに基づき算出された管理濃度は、過度に厳しい数値となっている可能性があり、環境評価を悪い方向に誤る場合がある。

遊離けい酸分析手法の提言



<結論> 粉じんの管理濃度を定めるための遊離けい酸分析は、浮遊粉じん中の遊離けい酸成分を直接定量すること。

<課題>

■分析感度の向上

- 1) 異径アダプターの使用(フィルター口径: 35Φ → 25Φ)
- 2) 半導体検出器を備えた高感度X線回折装置の導入

■所用サンプリング時間の短縮

大容量サンプリングが可能なポンプの開発により、所要時間を1~2時間程度まで短縮する。(現状約4時間※)

※石英対象、定量限界値: 1w/w%、流量: 20L/min、粉じん濃度: 0.1mg/m³

<妥協点>

ヒュームなど微細な粒子が多く発生しているような作業場以外では、ある程度、評価が不利になることを事業所側の理解も得た上で、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。