

資料(Ⅱ)

ブレーキ工場からのアスベスト粉じんについて

Surveys on Asbestos Dusts
Emitted from Brake Industries

水上和子・大淵康彦

1 まえがき

アスベストはその有用性から、石綿スレート材等の建築材・断熱材・ブレーキ等広い用途に使用されている。

しかし、アスベスト粉じんを人が吸入した場合、石綿肺、肺気腫に加え、肺癌の発生にも関係があると言われ、人体影響が懸念されている。

そこで、アスベスト粉じん排出施設からの排出実態を明らかにするとともに、排出粉じんの形態や組成等を把握することも重要と思われる。我々は自動車等のブレーキ製造施設からの排出ばいじんについて、位相差顕微鏡や走査型電子顕微鏡で観測した結果、若干の知見を得たので報告する。

2 試料の採取方法及び分析方法

2.1 試料の採取方法

バグフィルターで集じん処理された排ガスについては、「排ガス中のダスト濃度の測定法」JIS-Z-8808に準じて採取を行った。試料採取は、ノズル径4~8mmφのガラス製円形濾紙ホルダーI型(濁川理化工業製)を用いて、等速吸引によって行った。

敷地境界及び工場周辺の大気の採取は、ローボリウムエアサンプラーによる採取法に準じて行った。作業環境測定では吸引速度1ℓ/mmで15分間以上と定められているが、この吸引速度では環境大気のような低濃度採じんに対しては適さない。そこで、オープンフェイス型ホルダー(柴田化学製A型ホルダー)にメンブランフィルターをセットして、20ℓ/mmの吸引速度で1~2時間採取した。

2.2 標本の作成及び計測

2.2.1 メンブランフィルター法について

標本の作成及び計測は、作業環境測定基準⁽¹⁾に定められた方法に従って行った。

使用した濾紙は、ミリポア―社製メンブランフィルタ

―AA TYPE(孔径0.8μm)である。フィルターを透明にする油は、フタル酸ジメチルと酢酸ジエチルを1対1に混合した中にメンブランフィルターを0.05g/mlの割合で加えて溶解したものである。

透明にした試料標本を位相差顕微鏡を用いて、アスベスト粉じんの観測を行った。原則として倍率は400倍で行い、アイピースグレイティクルを用いて、繊維の長さが5μm以上でかつ長さとの比が3:1以上の繊維のみを、アスベスト繊維として計数する。

2.2.2 走査型電子顕微鏡法について

粉じんを採取したメンブランフィルターの一部分を小さく切って、アルミの試料台の上にボンドや両面テープ等の接着剤を用いて固定する。試料の四方に銀ペーストをつけ、十分乾いてから、試料がチャージアップしないように、イオンコートによって100~200Åの厚さに金をコーティングする。観察用CRT(Cathode Ray Tube)上で粉じんの観察を行った。微小粉じん等形状のわかりにくいものは、倍率を高くしてアスベスト繊維か否か判断した。使用した顕微鏡は、日立製S-430である。

3 結果及び考察

3.1 メンブランフィルター法による結果

ブレーキライニング・クラッチフェーシング・ディスクパット等ブレーキ製造工場の各作業工程からの排出ばいじんについての測定結果は、環境庁委託業務報告書⁽²⁾に詳しく報告されている。

ここでは、位相差顕微鏡で観測した粉じんの形状や、メンブランフィルター法での問題点について若干述べる。

位相差顕微鏡で形状を見ながら、アスベスト繊維かどうかを判断するのであるから、観測しやすいように粉じんを適量濾紙上に捕集できるように、採取空気量⁽³⁾を調節することが大切である。

アスベスト粉じん排出口での試料の場合、粉じん量が多すぎると粉じんが重なったりして、数え落したり、逆に重複して数えたりしがちで誤差が大きくなる。

また、環境大気の測定では、アスベスト濃度が非常に低いため採取空気量を多くしなければならない。しかし、採気量をむやみに増大すると、ごく小さな細いアスベスト繊維などは、それ以外の粒子に埋れてしまい計測しにくくなる。

位相差顕微鏡で観測した排出口ばいじんの一例を photo 1 に示す。この写真でもわかるように、排出口ばいじん中のアスベスト繊維の形状は、細くてかつ、ねじれているものが多い。なおこの工場で使用しているアスベストは、カナダ産クリソタイルである。そして、この写真のように、アスベスト繊維がねじれていて、複雑に枝分れしたり、重なり合ったりしている場合、一本の繊維なのか何本かが重なり合っているのか判断つきにくい。

繊維状または棒状に見える粉じんは数多く存在しており、これを顕微鏡下で見分けるのは難しい。特に種々の発生源の影響の考えられる環境大気中でのアスベスト粉じんの測定は難しい。

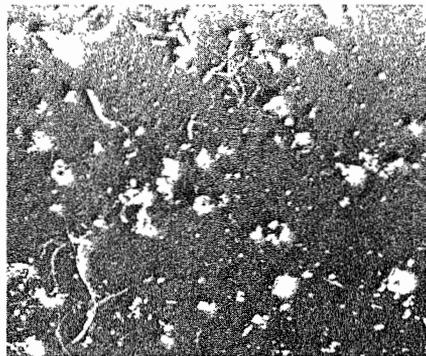
photo 2 及び 3 はクラノチフェーシング製造工場そばの敷地境界線上で採取した粉じんの例である。photo 2 に見られる繊維状の粉じんはアスベストと思われる。しかし photo 3 の棒状の粉じんは、アスベストかどうかははっきりと断言できない。

3.2 走査型電子顕微鏡による結果

メンブランフィルター上に採取した粉じんを走査型電子顕微鏡 (SEM) によって、その形状などの観察を試みた。photo 4 はバグフィルター出口で採取したばいじんの一例である。端の方が枝分かれているアスベスト繊維が見られる。これを倍率をあげて観察したのが photo 5 である。また、倍率を高くすることにより、粉じんに非常に細かいアスベスト繊維がたくさん付着しているのを見い出された。その例を photo 6 に示す。

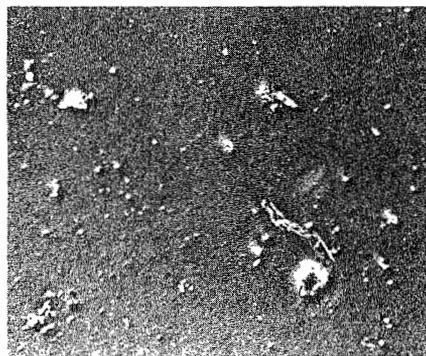
photo 7 は工場で使用している原材料を写したものであり、 $100\mu\text{m}$ 以上の長いアスベスト繊維の一部である。これを高倍率 (15,000 倍) で見たのが photo 8 であり、繊維が平行集束しているのがわかる。

次に、敷地境界及び工場周辺で採取した浮遊粉じんについて形状を観察してみた。



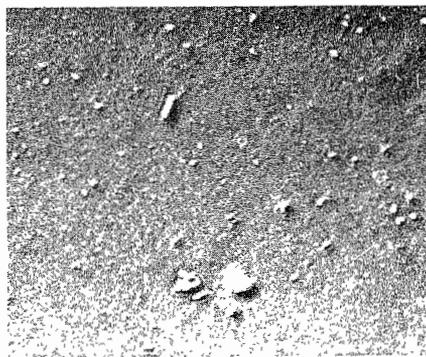
50 μ

photo 1 排出口ばいじんの一例
(位相差顕微鏡)



50 μ

photo 2 敷地境界での浮遊粉じん
(位相差顕微鏡)



50 μ

photo 3 敷地境界での浮遊粉じん
(位相差顕微鏡)

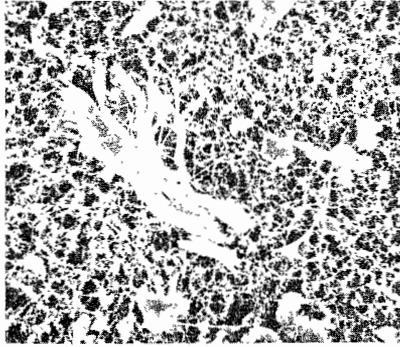


photo 4 排出口ばいじん
(SEM)

5 μ

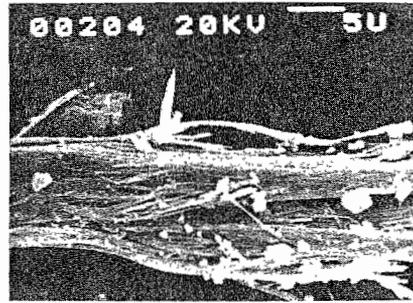


photo 7 原材料のアスベスト繊維
(SEM)

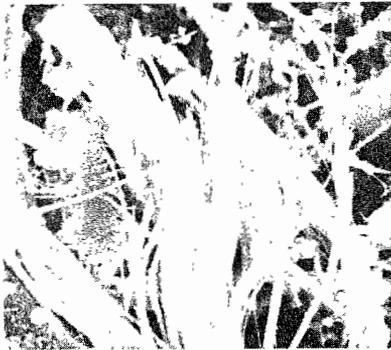


photo 5 排出口ばいじん
(SEM)

5 μ

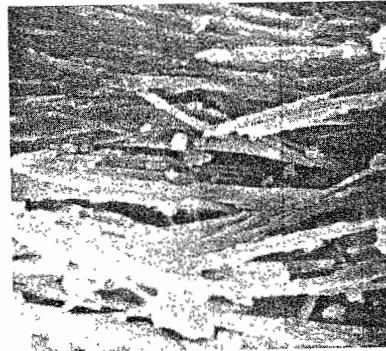


photo 8 原材料のアスベスト繊維
(SEM)

0.5 μ

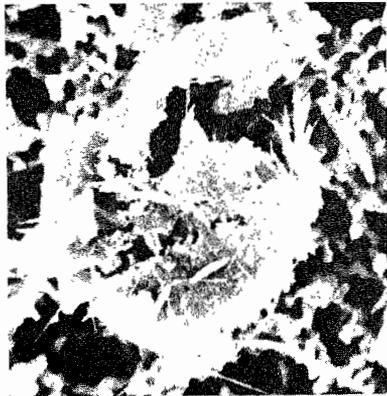


photo 6 排出口ばいじん
(SEM)

5 μ

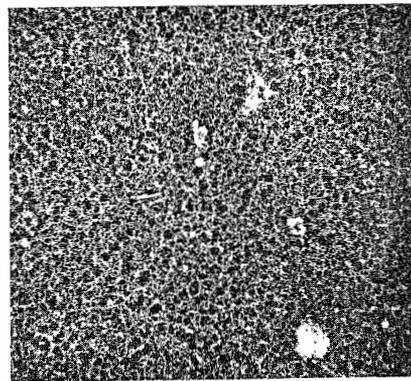


photo 9 工場周辺での浮遊粉じん
(SEM)

50 μ

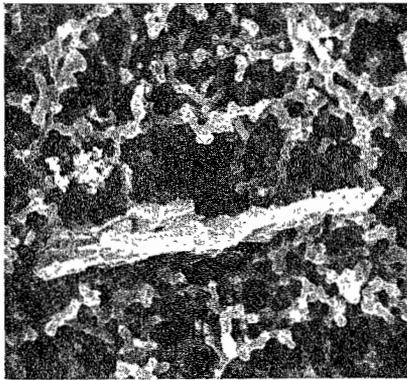


photo10 工場周辺での浮遊粉じん
(SEM)

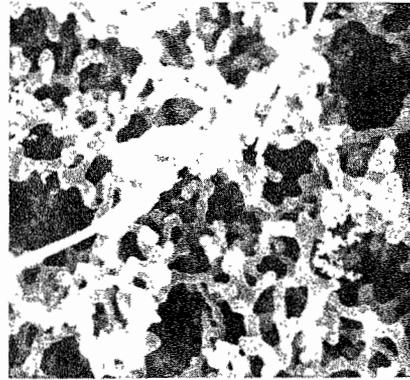


photo13 敷地境界での浮遊粉じん
(SEM)

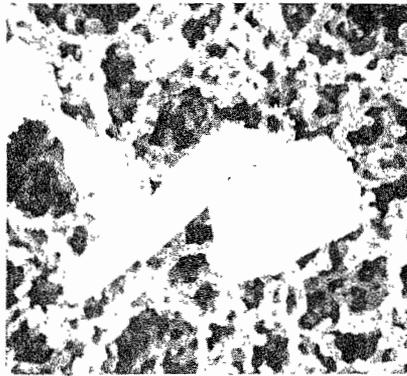


photo11 工場周辺での浮遊粉じん
(SEM)

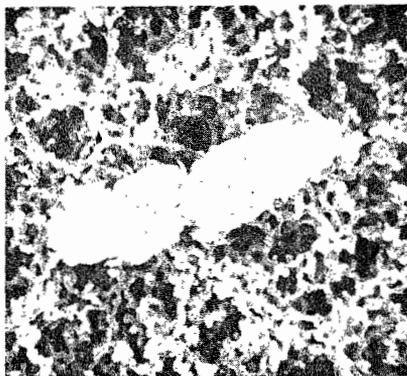


photo12 工場周辺での浮遊粉じん
(SEM)

工場の南約400mにあるビル5階屋上で採取した浮遊粉じんをphoto9に示す。400倍で観測すると棒状に見えアスベストかと思われた。しかしこれを高倍率(6,000倍)で観察したのかphoto10であり、アスベストではないと思われる。同様に400倍では棒状又は繊維状に見えた粉じんを高倍率で観察した結果、アスベストでなかった例をphoto11,12に示す。

ディスクブレーキパット製造工場そばの敷地境界線上で採取した浮遊粉じんの一例をphoto13に示す。この粉じんは、400倍では繊維状に見えなくてアスベストとは思われなかった。しかし倍率をあげることにより、小さな粉じんが付着しているアスベストであることがわかった。

以上述べたように、SEMは高倍率での観察が容易であり、焦点深度が深いので、粒子の形状について位相差顕微鏡より正確な情報を得ることが出来た。

環境大気におけるメンブランフィルター法とSEM法(SEMとX線マイクロアナライザーの伴用)との比較検討については平野ら⁽⁴⁾の報告があるが、今後さらに検討の必要がある。

しかし、今回使用したミリポアメンブランフィルター(孔径 $0.8\mu m$)では低倍率での観察の時、微小粉じんと濾紙の繊維との区別つきにくく、アスベスト繊維の計測がしにくい。今後使用濾紙の検討も必要である。

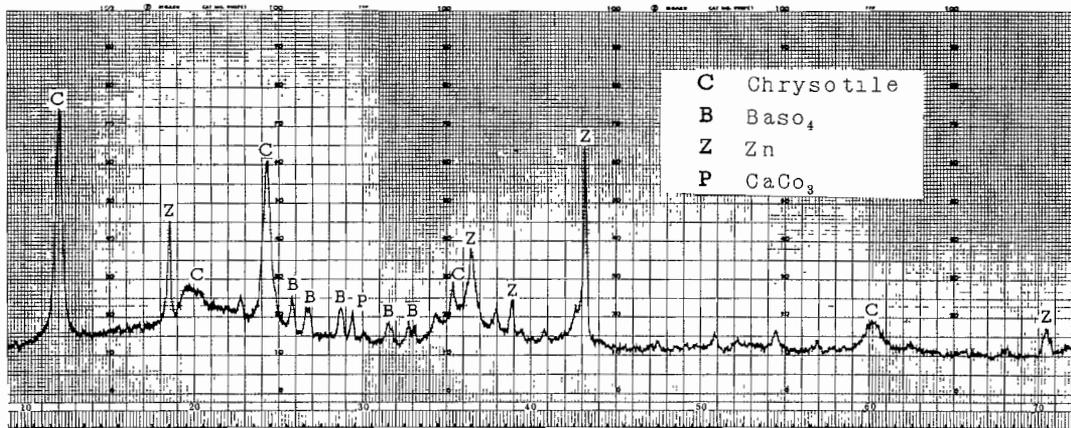


Fig 1 バグフィルターに捕集されたばいじんのX線回折

3.3 X線回折による結果

原材料及びバグフィルターに捕集されたばいじんについてX線回折分析を試みた。

クラッチフェーシング研磨工程用集じん機(バグフィルター)に捕集されたばいじん例をFig1に示す。測定条件は、Table Iに示すとおりである。

結晶相の同定を行った結果、いずれも主成分としてクリソタイル(3MgO 、 2SiO_2 、 $2\text{H}_2\text{O}$)が確認された。その外には、原材料には CaCO_3 が、ブレーキライニング製造工程からのばいじんには BaSO_4 や CaCO_3 が認められた。また、クラッチフェーシング製造工程からのばいじんには BaSO_4 、 CaCO_3 とZnが認められた。クラッチフェーシングでは、アスベストとしてクリソタイルのほかに亜鉛線入特殊石綿織布を使っているのが推定される。

Table I X線回折の測定条件

Gigerflex	
Target	Cu
Filter	Ni
Voltage	35KV
Current	20mA
Detector	SC

4 まとめ

ブレーキライニング、クラッチフェーシング等自動車用ブレーキ製造施設から排出される粉じんについて、位

相差顕微鏡(メンブランフィルター法)や走査型電子顕微鏡でその形状の観測を試みた。

メンブランフィルター法には、いろいろと問題点がありアスベスト粉じんを顕微鏡で観測しながら計数して、信頼性の高い数値を得るまでには、相当の熟練が必要である。しかし安価であり、手軽に使用できるなどの利点がある。

走査型電子顕微鏡は高倍率での測定が容易であり、焦点深度が深いので、形状についてより正確な情報を得ることが出来、アスベストに類似した繊維状(棒状)の粉じんの観察に非常に役立つ。しかし、装置の操作技術にはかなりの熟練が必要である。

参考文献

- 1) 労働省安全衛生部労働衛生課編
作業環境測定ガイドブック(1)-鉱物性粉じん関係
- 2) 埼玉県、非特定重大障害物質発生源対策調査
(アスベスト発生施設)
昭和53年度環境庁委託業務結果報告書
- 3) 労働科学研究所
環境中に浮遊するアスベスト粉じんの測定法に関する委託研究報告書(昭和50年度)
- 4) 平野耕一郎他 環境大気におけるアスベスト粉じんの計測について
19回大気汚染学会講演要旨集 218 (53年)