

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 16 日現在

機関番号：37116

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23590762

研究課題名(和文) 総粉じん・吸入性粉じん用サンブラの評価と大容量サンブラの開発

研究課題名(英文) Evaluation of air-samplers for inhalable particles and respirable particles, and development of a new high-volume-air-sampler for respirable particles.

研究代表者

明星 敏彦 (MYOJO, Toshihiko)

産業医科大学・産業生態科学研究所・教授

研究者番号：00209959

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：粒子状物質の健康影響についての関心が高まっているが、そのリスクを考える場合、有害性だけでなく環境中での曝露についての情報も重要である。許容濃度においては、粒子状物質について成分だけでなく、浮遊する粒子の大きさによって総粉じんと吸入性粉じんに分類し、濃度を別途設定している。本研究では作業環境中に浮遊している粒子状物質のサンプリング装置について、粒子径1～10μmの総粉じんと吸入性粉じんの境界の粒子を用いて詳細に捕集特性を検討した。またサイクロンを用いたハイボリュームエアサンブラ用分粒装置を試作し、分級特性を検証した。

研究成果の概要(英文)：Health effects of particulate matters in work environments were concerned. It is important to know not only health effect but also exposure level for risk assessment of the particulate matters. Size of particulate matters, such as inhalable particles or respirable particles, was defined for occupational exposure limits. In this study, sampling instruments for aerosol particles in work environment were assessed using micron size test particles (1～10μm). Also we developed a new cyclone-based device for high volume air sampler and evaluated the particle penetration characteristics of the cyclone.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：社会医学・衛生学

キーワード：産業衛生 労働衛生

1. 研究開始当初の背景

浮遊する粒子状物質には数十 μm から nm まで幅広いサイズ分布を持っている。0.1 μm 以下のいわゆるナノ粒子に関心が集まっているが、多くの固体の化学物質で健康影響が問題となるのはむしろ質量のあるミクロンサイズの粒子である。実際、鉛粒子や特定化学物質に分類される物質では環境に浮遊するすべての粒子(総粉じん)の量が評価している。

国際的にはISO 7708 (1995)で呼吸器の部位によって上気道部に沈着するInhalable particlesと肺胞に沈着するRespirable particlesを定義し、鼻から侵入する可能性のある100 μm から1 μm までの粒子について粒子径別の通過率(到達率)を提示している(図1参照)。日本産業衛生学会が勧告する許容濃度や厚生労働省の管理濃度ではこのRespirable particles(4 μm 50%カット)を導入している。しかしながら、この定義に合致するような分粒装置については研究段階である。さらに我が国では作業環境計測において場の測定を採用しており、使用する粒子状物質のサンプラが個人曝露量で評価する欧米諸国のサンプラと異なる事情がある。また総粉じんについては測定対象粒子径は明確ではない。

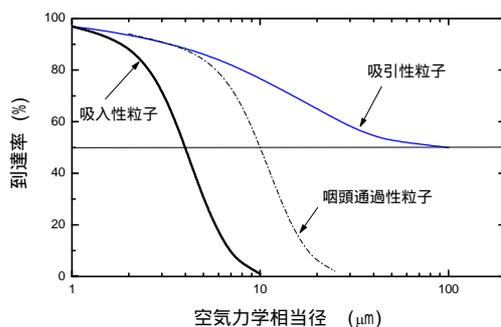


図1 吸入性粉じんと吸引性粉じんの分粒装置通過率

2. 研究の目的

本研究では作業環境中に浮遊している粒子状物質のサンプリング装置、特にその粒子分粒装置について検討し、粒子径10 μm 前後の粒子状物質の曝露評価手法を提案することを目的として以下のような点について明らかにする。

- (1) 作業員へ取り付けるタイプと定置タイプの粉じん用サンプラの収集評価
- (2) 標準粒子による性能測定
- (3) 吸入性粉じんサンプラと各種サンプラの性能比較
- (4) 大流量サンプラの設計
- (5) 作業環境計測

3. 研究の方法

(1) 試験用粉じんの発生

流動層方式の粉じん発生装置を用いミクロンサイズの粒子径の粉体(複写機用トナー)を分散し、試験用粉じんを高濃度(10 mg/m^3 程度)で発生した。粒度分布の確認にはアンダーセンサンプラと電気式低圧インパクタ(以下ELPI)を使用した。この粉じんを容積約100 Lの曝露箱に導入し、試験のための粉じん環境を形成した。

(2) サンプラの性能比較

作業員へ取り付けるタイプと定置タイプのサンプラはこの曝露箱内部に設置した。粉じん用サンプラの評価については、吸引性粒子(粒子径100 μm 以下)を測定するIOMサンプラとボタンサンプラ、粗大粒子と吸入性粒子(粒子径10 μm 以下、50%分級点が4 μm)を測定するTRサンプラ(NWPS-254)について相互および分級特性を既に確認済み(Myjo et al. 2007)の標準口ウボリウムエアサンプラ(以下LV)で比較検討を行った。

(3) 大流量サンプラ用の分粒装置の試作と評価

500 L/minの吸引能力のあるハイボリウムエアサンプラ(以下HV)用のサイクロン方式の分粒装置を試作し、試験用粉じんを用いて粒子径別の分離効率を測定した。サイクロンの上流と下流にサンプル口をつけ、ELPIを用いて粒子径別の濃度を交互に測定し、その比から粒子径別の分級効率を求めた。ELPIはアンダーセンサンプラと同様のカスケードインパクタで50%分離径9.8 μm から28 nm までを13段に分離し、捕集した粒子の荷電量を微小電流計で測定する装置で、換算した濃度をリアルタイムで表示する。またこのHVと標準口ウボリウムサンプラとの並行測定により性能を比較検討した。

(4) 環境中の粉じんの測定

サイクロン分粒装置のHVを用いて気中の粉じんの測定を行った。

4. 研究成果

(1) 作業員へ取り付けるタイプと定置タイプの粉じん用サンプラの収集評価

図2に収集した作業員に取り付けるタイプの各サンプラを示した。図中の(1)はIOMサンプラ、吸引流量2 L/min、(2)はボタンサンプラ、吸引流量4 L/minで、これらは吸引性粒子(インハラブル粒子)を捕集する構造となっている。(3)は柴田科学NWPS-254、吸引流量2.5 L/min、(4)はGS-3吸入性粉じんサンプラ、吸引流量2.75 L/minで吸入性粉じんを捕集する構造となっている。このうち(4)のGS-3サンプラはフィルタカセットを確実に閉める方法がわからず評価に使用しなかった。



図2 個人用サンプラ 4種

(2) 標準粒子による性能測定

ポリスチレンラテックス標準粒子などの粒子径の揃った粒子で分級効率を測定することを試みたが、発生できる粒子濃度が低く、環境中の粒子と区別できないため満足な結果が得られなかった。そのため比較的粒子径の揃った複写機用トナーを流動層方式の粉じん発生装置で気中に分散して試験粒子とし、これをELPIで粒子径別の濃度を求めて標準粒子の代用とした。アンダーセンサンプラで測定した粉じんの質量基準の粒度分布を図3に示す。得られた分布は、質量基準の幾何平均径(MMAD)=5.6 μ mで幾何標準偏差 $g=1.33$ であり、吸入性粉じん(50%分離径4 μ m)の分離性能を評価するために適当な試験粉じんである。

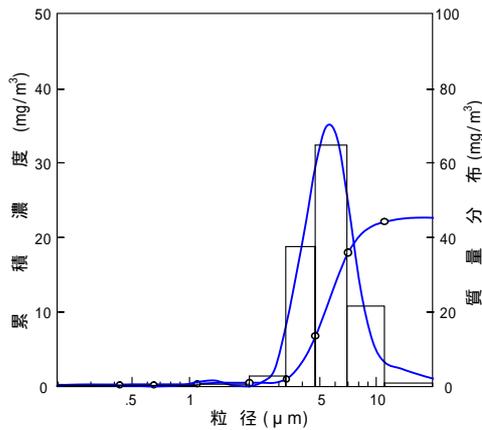


図3 試験粉じんの粒子径分布

表1 各サンプラで並行して試験粉じんを捕集した場合の粉じん濃度

濃度 (mg/m ³)	ボタン	IOM	NWPS Total	NWPS Resp	LV Resp
Run 1	25.7	34.1	23.9	4.6	11.6
Run 2	37.2	34.8	19.9	3.3	17.8
Run 3	29.6	30.9	22.6	3.3	19.3
平均	30.8	33.2	22.1	3.7	16.2

(3) 吸入性粉じんサンプラと各種サンプラの性能比較

表1に並行測定の結果を3回分示した。インハラブル粒子を捕集するIOMサンプラとボタンサンプラは内部構造や吸引流量は異なるが、測定した濃度はほぼ同様であった。インハラブルと等価ではないが、NW254サンプラの示す総粉じん濃度はこれらより明らかに低く、さらに検討が必要と思われる。

NW254サンプラによる吸入性粉じん濃度は標準LVで測定した吸入性粉じん濃度より低く、これも今後検討が必要と思われる。

(4) 大流量サンプラの設計

HV(柴田科学HV500F)用の軸流サイクロン方式の分粒装置を作成した。サイクロンの内径の異なるものを2種類(50mmと90mm)と内部の構造を調整する部品をそれぞれ数種類作成した。組み立ててHVに装



着した状態を図4に示す。

図4 内径90mmの軸流サイクロン分粒装置とHV

サイクロン前後で試験粉じんの粒径別濃度をELPIにより測定し、各粒径での分級効率を求めた。内径50mmのサイクロン分粒装置付きHVの50%分級点は約1 μ mであった。また内径90mmのサイクロン分粒装置付きHVの50%分級点は約2.5 μ mであった(図5参照)。試験は吸引流量150~400L/minで行ったが、これは性能測定部で通気抵抗が上昇するため、サイクロン単体であれば500L/minで吸引することはHVの性能から十分可能である。図から吸引流量を下げると分級特性が鈍くなるだけで分級点は大きく変化しないことがわかる。したがって形状を同一にして吸入性粉じん用(50%分級点4 μ mで図5の太線)とするにはさらにサイクロンの内径を大きくする必要があることがわかった。

(3)で使用した標準LVで測定した吸入性粉じん濃度とサイクロン分粒装置付きHVの濃度の比(HV/LV)は、内径90mmサイクロン分粒装置付きHVで吸引流量500L/minでは約0.4であり、図5の分級点から予想されるような結果であった。

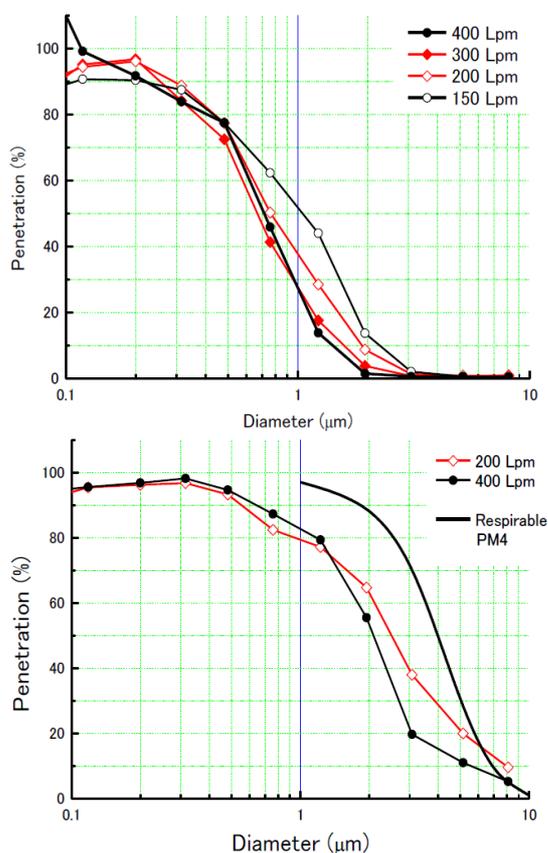


図5 試作したサイクロン分粒装置の分級特性(上:50mmサイクロン、下:90mmサイクロン)

(5) 作業環境計測

図5で示したように分級特性が吸入性粉じんより小さいため作業環境測定で使用できなかった。しかし、大気中の浮遊粉じんを吸引流量500 L/minで1時間フィルタに捕集・秤量したところ、採じん量は0.99mgで濃度として $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、並行して測定したPM2.5用のベータ線減衰方式の大気モニターと近い値($32 \mu\text{g}/\text{m}^3$)を示した。PM2.5用に有効な分粒装置であると考えられる。

引用文献

Myojo T et al.: Redesign of a Static Horizontal Elutriator to Perform According to the ISO 7708 Respirable Convention. Ann Occup Hyg, 51(4) 371-378 (2007)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4 件)

明星敏彦: 作業環境管理と産業医, 産業医と労働安全衛生法四十年, JUOEH, 査読有, 35, Special, 2013, pp79 - 84

Ono-Ogasawara M, Myojo T: Characteristics of multi-walled carbon

nanotubes and background aerosols by carbon analysis; particle size and oxidation temperature. Advanced Powder Technol, 査読有, 24(1),2013, pp63-269

明星敏彦: ナノ材料の産業保健の現状と将来 - 労働衛生学の立場から. 産業医学レビュー, 査読有, 24(3), 2011, pp215-227

Ono-Ogasawara M, Myojo T: Proposal of method for evaluating airborne MWCNT concentration. Industrial Health, 査読有, 49 (6), 2011, pp726-734

[学会発表](計 6 件)

Ono-Ogasawara M, Myojo T: Exposure assessment of MWCNT by size distribution and oxidation temperature of elemental carbon. Nanotechnology, Occupational and Environmental Health, Nagoya, 2013年11月

明星敏彦・霜村浩一・高久田恭平・小山博巳: 粉じん計を用いたPM2.5粒子濃度の計測, 第54回大気環境学会年会, 新潟市, 2013年9月

明星敏彦, 石松維世, 大藪貴子, 李秉雨, 岡田崇顧, 松鶴悟実: 病院空気質の計測, 第29回エアロゾル科学・技術研究討論会 北九州, 2012年8月

小野真理子, 明星敏彦: MWCNT エアロゾルの炭素分析によるキャラクタリゼーション, 第29回エアロゾル科学・技術研究討論会 北九州, 2012年8月

Ono-Ogasawara M, Myojo T: Characteristics of multi-walled carbon nanotubes and background aerosols by carbon analysis; particle size and oxidation temperature. MIHA-IOHA 2012 Kuala Lumpur, Malaysia 2012年9月

Ono-Ogasawara M, Myojo T: A proposal of exposure assessment method for MWCNT aerosols. 5th International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health, Boston, USA, 2011年8月

[図書](計 2 件)

明星敏彦, 大藪貴子, 大神明, 森本泰夫: ナノ物質の測定と対策, 産業安全保健ハンドブック, 労働科学研究所 2013 670 - 673

明星敏彦: リスク評価の考え方と管理手法, ナノ粒子安全性ハンドブック, 日本粉体工業技術協会 2012 19 - 35

6. 研究組織

(1) 研究代表者

明星 敏彦 (MYOJO Toshihiko)

産業医科大学・産業生態科学研究所・教授
研究者番号: 00209959