講義室内のチョーク粉塵

Chalk Dust in the Lecture Room

岡山大学養護教諭養成所

森 忠 繁

同志社大学工学部工業化学

竹 岡 清

京都府立医科大学衛生学教室

明 石 信 爾

東邦大学医学部衛生学教室

大 羽 和 子

Tadashige Mori

Training Institute for Health Teachers, Okayama University, Okayama

Kiyoshi Takeoka

Department of Applied Chemistry, Doshiha University, Kyoto

Shinji Akashi

Department of Hygiene, Kyoto Prefectural Medical University, Kyoto

Kazuko Ohba

Department of Hygiene, School of Medicine, Toho University, Tokyo

It is well known that most dust in the lecture room is chalk dust. Dust concentrations were measured at intervals of 3 minutes on a horizontal plane and a vertical plane, after wiping the blackboard for 20 seconds on which many letters were written. Also particle size distributions were measured. The state of dispersing and floating dust in the lecture room can therefore be determined. The results are discussed as a guide to the measurement of dust described in "Requirements for a healthful school environment".

The following results were obtained:

1) The dust environment in the lecture room is separated into three sections by dust isoconcentration curves, that is, a position less than 2.5 m distant from the blackboard shows the highest dust concentration, and a position farther than 5.0 m distant from the blackboard shows the lowest dust concentration.

2) Each dust concentration appears similar to a damped oscillation decreasing during 7 to 8 minutes after wiping the blackboard. After this, the dust concentration does not change but shows the floating dust concentration.

3) The dust concentration at 10 minutes after wiping the blackboard is almost the same at all heights, but the farther the distance from the blackboard, the lower the concentration of dust.

4) All particle sizes of chalk dust are shown to be below 7.0μ diameter (by 1-b) and the greater part are below 5.0μ diameter (by 1-b). The proportion of particles below 0.9μ diameter (by 1-b) shows no change at distances farther than 4 to 5 m from the blackboard.

5) In order to evaluate correctly the dust environment in the lecture room, dust concentrations should be measured at 10 minutes after wiping the blackboard. Measurements should be taken at more than three positions on the center line of the lecture room, including the teacher's desk, 2.5 to 5.0 m distant and more than 5.0 m from the blackboard.

I. はじめに

講義室、教室における粉塵源の主なるものがチョーク粉塵であることは周知のことである。学校保健法第3条¹⁾には、学校における環境衛生の維持改善が規定され、昭和36年6月3日の保健体育審議会の答申の「学校環境衛生の基準」²⁾には、「じんあい：特別の場合のほかは教室の中央1ヶ所で、ろ紙じんあい計を用い、………」と示されている。黒板面より発生したチョーク粉塵が講義室内にどのように飛散し、浮遊しているかを知るために、チョークで一面に書いた黒板を黒板拭きで拭く実験を行なって、粉塵濃度の水平分布、水平面及び垂直面の時間的経過、粒度分布などを求めた。また、教室における粉塵測定に際して、「学校環境衛生の基準」に示されている教室の中央1ヶ所の粉塵測定の値で以て、教室内の粉塵環境の指標としてよいか、その妥当性をあわせて検討したので報告する。

II. 試料および実験方法

市販のチョーク (JIS-S 6009, No. 7932) を試料として用いた。チョークは焼石膏と硫酸カルシウムを混ぜ、棒状にねり固めたものである³⁾。図1に示すように200メッシュ以下に粉碎した試料チョークのX線回析 (島津製作所製, GX-II B) では、大部分が $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ で、少量の $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$, CaSO_4 が含まれている。黒板については、大きさ $3,630 \times 1,200$ mm, 黒板の面は有彩色

(緑) 黒板検査用明度・彩度判定表の10 G4/3である。

黒板拭きはスポンジをコール天布地で覆ったもので、使用の際に黒板拭きクリーナー (松下電器製) で10回圧擦して清掃したものを用いた。

デシケーターで恒量乾燥、秤量した試料チョークで、黒板全面に一樣に文字を書き、清掃した黒板拭きを用いて、約20秒で黒板全部を拭き終えるようにする。講義室 ($12,600 \times 5,850 \times 2,650$ Hmm) は窓、ドアを閉めた状態で実験を行ない、1回の実験が終るごとに窓を30分間開放して、空気を入れ換え、床や机上の粉塵を拭きとるようにする。粉塵測定の場所は、産業衛生学会の許容濃度等の勧告⁴⁾、事務所内の粉塵測定⁵⁾などを参考にして、講義室の10箇所 (図2, A~J) を選定し、それぞれの場所で床上20 cm, 75 cm (Aのみ130 cm), 205 cmの高さを測定点とした。床上20 cmは教壇の高さであり、床上75 cmは学生机の高さ、床130 cmは教卓の高さ、床上205 cmは黒板の上縁の高さである。

粉塵濃度の測定には、デジタル粉塵計 P3 型 (柴田化学器械工業製) を用い、測定はすべて3回宛行ない、その平均値と不偏標準偏差値で示している。1回の実験に要したチョーク量は $2.45081 \sim 3.98090$ g ($M \pm S.D. = 3.09022 \pm 0.51562$ g, $n = 51$) であり、粉塵環境を評価する値として、測定値より実験前値を引いた値をチョーク1.0 g 当たり ($\text{mg}/\text{m}^3/1.0$ g for chalk) に換算して示し、以下これを粉塵濃度という。

黒板を拭き終えて5分後に、場所Aの床上20 cm, 130

Fig. 1 The X-ray diffraction chart of chalk cahlk used as samples

なお、実験に供した講義室は土足厳禁で、土砂粉塵の影響はほとんどない。実験時の室内環境は、気温22~24℃、湿度50~65%、気流0.1~0.27 m/secであった。

III. 實驗成績

黒板を拭き終った直後における床上 75 cm の粉塵濃度の 3 回の測定値の平均は、 $0.015 \sim 0.265 \text{ mg/m}^3/1.0 \text{ g for chalk}$ の広いレンジを示している。これを等濃度曲線で示すと図 2 のように、3 つのグループに区別される。すなわち、第一は教卓 A と窓側の最前列の席 B とを結ぶ線で、これは粉塵濃度の高い場所であり、第 2 は窓側で中ほどの席 F と後の席 H、I を結ぶ線で、これは粉塵濃度の低い場所であり、第 3 はこれらの中間の席である C、D、G、E を結ぶ線で、これは中間の粉塵濃度を示す場所である。講義室の中央の場所である J は、低い粉塵濃度を示す場所に属している。

教卓のある場所(図2のA)における垂直面, すなわち床上20 cm, 130 cm, 205 cmの高さにおける粉塵濃度の3分毎の時間的変化を図3に示す。図中の数値は3回の測定値の平均と標準偏差を示している。どの高さにお

A : 0.256 ± 0.074 , B : 0.264 ± 0.051
 C : 0.036 ± 0.003 , D : 0.036 ± 0.006
 E : 0.036 ± 0.002 , F : 0.018 ± 0.002
 G : 0.036 ± 0.002 , H : 0.018 ± 0.002
 I : 0.015 ± 0.002 , J : 0.015 ± 0.002

Fig. 3 The progress of dust concentrations at the vertical plane of the A-position and their mean value ($M \pm SD$)

- — ● The height of 20 cm from the floor
- △ --- △ The height of 130 cm from the floor
- × - · - × The height of 205 cm from the floor

Diagram	I	H	E	D
	6.12±0.65	7.62±0.38	7.17±0.88	13.34±2.36
	6.08±0.63	7.62±0.24	11.81±1.59	8.89±2.62
	5.78±0.80	6.99±0.57	12.17±1.62	9.70±2.36
	6.10±0.60	6.99±0.38	11.09±0.38	8.89±1.68
	6.12±0.64	7.31±0.31	11.09±0.58	8.89±1.68
	6.12±0.57	7.62±0.11	10.74±0.28	7.88±0.97
	6.12±0.57	9.60±0.10	9.38±0.11	9.70±2.50
	6.12±0.81	7.31±0.19	9.66±0.74	9.30±2.08
	6.10±0.60	7.31±0.20	9.30±0.58	9.30±2.08
	6.36±0.68	7.33±0.23	9.30±0.45	9.30±1.85
	6.12±0.84	7.62±0.30	9.28±0.38	8.49±1.59
	6.46±0.74	7.60±0.30	8.23±0.60	8.49±1.59

Fig. 4 The progress of dust concentrations at the horizontal plane of the height of 75 cm from the floor and their mean value ($M \pm SD$)

いても、黒板を拭き終った当初の粉塵濃度は高く、粉塵濃度の時間的変化曲線は減衰振動的に減少し、10分以後は横ばいあるいは漸減の傾向を示している。

3) 水平面の粉塵濃度の時間的変化

黒板面より2.5 m離れた場所(図2のD, E), 5.0 m離れた場所(図2のH), 7.5 m離れた場所(図2のI)の4箇所における床土75 cmの粉塵濃度の時間的変化を図4に示す。図中の数値は、黒板を拭き終ってから10分までは1分毎、15分後と20分後における3回の測定値の平均と標準偏差を示している。それぞれの場所における粉塵濃度は、いずれも時間の経過とともに減衰振動的に減少し、ある値に固定している。粉塵濃度の時間的変化曲線は、どの場所においても7~10分までは大きな振動的变化を示すが、10分以後はほとんど一定の値を示すようになる。黒板に近いD, Eの粉塵濃度の時間的変化曲線は高く、振動的变化が大きいが、黒板より離れたH, Iのそれは低く、振動的变化が小さい。

4) 粒度分布

Aの床土205 cm, 130 cm, 20 cm, DとHの床土75 cmにおける粒度分布は図5に示す通りである。

教卓の場所の床土205 cmの粒度分布(図5のa)のモードは 0.5μ 以下で、床土130 cm, 20 cmの粒度分布(図5のb, c)のモードは 1.5μ である。高さによる粒度分布の特性は、高い位置における粒度分布ほど小さい粒子径の方に偏っている。また、図5のb, d, cにみられるように、粉塵の発生源よりの距離と粒度分布との関係をみると、同じ高さで粉塵の発生源より離れた場所の粒度分布ほど、粒子径が小さい方に偏っている。

同じ高さ(床土75 cm)における黒板からの距離と粒度との関係は図6に示す通りである。黒板より離れた場所ほど小さい粒子(0.9μ 以下)の占める割合が多くなり、 $1.0 \sim 2.9 \mu$ の粒子の占める割合は黒板より離れるほど少なくなる。 $3.0 \sim 5.9 \mu$ の粒子の占める割合は黒板よりの距離と関係なく一定である。

IV. 考 察

チョークの化学成分は CaSO_4 であって中毒学的意義

Fig. 5 Distribution curves of particle sizes measured by 1-b
a) The height of 205 cm from the floor at A-position
b) The height of 130 cm from the floor at A-position
c) The height of 20 cm from the floor at A-position
d) The height of 75 cm from the floor at D-position
e) The height of 75 cm from the floor at H-position

Fig. 6 The relation between the distance from the blackboard and the particle size frequency

- Below 0.9μ
- $1.0 \sim 2.9 \mu$
- ×—× $3.0 \sim 5.9 \mu$

は少ないし、また、チョーク粉塵の人体的影響、教師および生徒の健康への影響について論及した文献はみあたらない。しかし、J. T. Arlidge が「絶対無害の塵埃は皆無である」と述べている⁷⁾ ごとく、肺腔内滞留塵としてすべての難溶性粉塵は異物反応をおこす⁸⁾。チョーク粉塵もその例外ではない。講義室や教室は普通の事務室と異なり、粉塵の発生源を有しており、教師、学生、生徒は教室内において常にチョーク粉塵の曝露をうけている。従って、このような意味で、講義室内におけるチョーク粉塵の飛散、浮遊についての検討が必要であると考えられる。

講義室の粉塵濃度は黒板を拭き終えてから7～10分まで減衰振動的に減少し、10分以後粉塵濃度の変化が少なくなる。すなわち、10分以後の粉塵濃度は浮遊粉塵によるものと考えられる。浮遊粉塵の濃度は、同じ場所であれば高さに余り関係なくほぼ一定であるが、黒板よりの距離によって異なってくる。発塵源からの距離が遠い場所ほど浮遊粉塵濃度は小さくなる。講義室の粉塵等濃度曲線を描くと、講義室の粉塵環境は教卓より窓側の最前列の席を結ぶ粉塵濃度の高い場所、窓側で中ほどの席と黒板より5.0 m以上離れた席を結ぶ粉塵濃度の低い場所、それらの中間に位置して中間の粉塵濃度を示す場所の3群に区別することができる。

講義室や教室は発塵源を有している点、普通の事務室とは異なり、講義室の粉塵測定位置はビル管理法⁵⁾に定められているものとは当然異なってくる。学校環境衛生の基準²⁾に定められている教室中央は粉塵濃度の低い場所に属しており、この場所の測定値のみでは、教室内の粉塵環境を正しく評価しているとは言えない。講義室や教室がチョークという発塵源を有している以上、講義室の粉塵測定には、時間と位置についての条件が必要となる。測定の時間としては講義中であるのは当然であるが、浮遊粉塵の影響を考えるならば、黒板を拭き終えて7～10分以後に測定しなければならない。場所としては、講義室の中央線の場所で教卓の場所、黒板よりの距離が2.5～5.0 mの場所、黒板より5.0 m以上の場所の3箇所を測定点としなければならない。実際的には前記の場所3箇所、事務所衛生基準規則⁹⁾の規定にあると同様に、講義の開始時、終了時およびその中間時に粉塵測定を実施すればよいと考えられる。

講義室のチョーク粉塵の粒度は全て7.0 μ 以下で、ほとんどが5.0 μ 以下のものである。高い所に浮遊する粉塵の粉塵分布は小さい粒径にやや偏っており、黒板より2.5 m以上の場所の粉塵の粒度分布は小さい粒径への偏

りが著しい。粒度分布の特性は、高さによる影響よりむしろ発塵源よりの距離の影響の方が大きい。3.0～5.9 μ の粒子の占める割合は発塵源よりの距離に関係なく等しいが、この粒径の粉塵は床へ沈降した堆積塵の影響と考えられる。0.9 μ 以下の粒子の占める割合は、発塵源より離れるほど大きくなり、4～5 m以上では一定の割合となる。

講義室の空気浄化には、窓の開放、換気、床・机の清掃などの方法がある。空調設備に伴う機械的強制換気において、閉鎖循環系では発塵源に近い場所での吸気によって、供給空気が事務所衛生基準規則⁹⁾に規定されている粉塵濃度以上になる可能性があるので除塵装置が必要になる。しかし、空調設備、強制換気設備のない通常の講義室、教室においては、チョークの粉塵曝露をより少なくするには、学生、生徒は黒板面より少なくとも2.5 m以上離れていることが必要であると考えられる。

V. ま と め

黒板一面に書いた文字を約20秒で拭き、講義室における粒塵濃度の水平分布、垂直分布の時間的変化、粒度分布を測定した。それらの実験成績から、黒板より発生したチョーク粉塵の講義室における飛散、浮遊の状態を知り、「学校環境衛生の基準」に記されている粉塵測定指針についての検討を行ない、次のような結論を得た。

1) 粉塵等濃度曲線によって講義室の粉塵環境を3区分することができる。黒板より2.5 m以内の場所は粉塵濃度が高く、黒板より5.0 m以上の場所は粉塵濃度が低い。

2) 粉塵濃度は黒板を拭き終えて7～10分まで減衰振動的に減少し、以後粉塵濃度の変化がみられなくなり、浮遊粉塵濃度を示すと考えられる。

3) 浮遊粉塵濃度は、高さによる影響より、発塵源よりの距離による影響が大であり、黒板よりの距離が遠い場所ほど粉塵濃度が小さくなる。

4) チョーク粉塵の粒度はすべて7.0 μ 以下で、ほとんどが5.0 μ 以下である。0.9 μ 以下の粒子の占める割合は、黒板より4～5 m以上離れると変化しない。

5) 講義室の粉塵環境の正しい評価を得るためには、室の中央線上で教卓の場所、黒板よりの距離が2.5～5.0 mの場所、5.0 m以上の場所の3箇所を測定点として、講義の開始時、終了時およびその中間時の3回の粉塵測定が必要である。

本論文の要旨は第46回日本衛生学会総会において発表した。

文 献

- 1) 厚生省監修：実務衛生行政六法，1839，新日本法規出版，東京（1975）。
- 2) 小栗一好，黒田芳夫，江口篤寿，小林和夫：学校保健総合事典，633-653，帝国地方行政学会，東京（1972）。
- 3) 桑原利秀，安藤徳夫：顔料及び絵具，193-210，共立出版，東京（1972）。
- 4) 日本産業衛生学会：許容濃度等の勧告（1975），産業医学，17，248-252（1975）。
- 5) 木村菊二：事務室内の粉塵測定，三浦豊彦編，新労働衛生ハンドブック，115，労働科学研究所，東京（1974）。
- 6) 粉体工学研究会編：粉体粒度測定法，27-40，養賢堂，東京（1965）。
- 7) 石川知福：塵埃衛生の理論と実際，2，金原商店，東京（1938）。
- 8) 佐野辰夫：炭素系塵肺の病理組織学的研究，その発生機転と有害性，労働科学，50，819-830（1974）。
- 9) 労働省労働基準局安全衛生部監修：注解労働安全衛生関係法令解釈例規集，第8節，事務所衛生基準規則，4431-4456，第一法規，東京。

(受付 1976年7月23日)