

## 石綿リアルタイムモニタ (ARM) の開発 Asbestos Real-Time Monitor (ARM)

廣本宣久<sup>1</sup>, 橋口孝聖<sup>2</sup>, 伊藤繁夫<sup>3</sup>

Norihisa Hiromoto<sup>1</sup>, Kosei Hashiguchi<sup>2</sup>, and Shigeo Ito<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 郵政省通信総合研究所, <sup>2</sup> エスコム株式会社, <sup>3</sup> 東洋大学工学部

<sup>1</sup>Communications Research Laboratory, <sup>2</sup>Escom Co.,

<sup>3</sup>Toyo University

**Abstract:** A new method of monitoring asbestos fiber aerosol is studied, which includes alignment of aerosol by high electric field, normal incidence of the laser beam with 45 degree-inclined linear polarization to the aligned particles, and detection of two orthogonal polarized scattering lights at a specified scattering angle.

The principle of the method is based on the theoretical study by us, which is the polarization at a scattering angle of 170 degrees can discriminate between cylindrical particles and spherical particles.

We have constructed an experimental instrument of the Asbestos Fiber Real-Time Monitor, realizing the method above. The experiment for detecting scattered light pulses from airborne asbestos fiber has been conducted using amosite asbestos. The concentration of asbestos fibers was obtained from the measured data by assuming they have polarization larger than 0.2 and some limitations in intensity of the light pulse.

The result was compared with the measurement by the membrane filter method, and we found the two methods are very consistent with each other. This shows the Asbestos Fiber Real-Time Monitor has an good ability to detect the asbestos fiber aerosols.

We are developing a portable asbestos real-time monitor on the basis of this study.

### 1. はじめに

アスベスト（石綿）は、天然産の繊維状鉱石であり、紡績性、耐熱性、不燃性等の優れた性質を持っているため、建築材、耐火材、摩擦材等に多量に使用されてきた。しかし、石綿肺等の病気を引き起こすとともに、肺癌や悪性の中皮腫を引き起こす発ガン性物質であることが明らかになっている。そのため、アスベストは世界各国で厳しく使用を制限され、我国でも環境庁によって作業場の敷地境界で 10 繊維/cm<sup>3</sup>以下という規制基準を決めて規制が図られている。このために、大気環境中での石綿粉塵濃度のモニターが行われているが、リアルタイム性があり、かつよい精度で計数できる石綿の測定法の開発が必要とされている。そのため①リアルタイム測定ができ、②石綿粒子の識別が可能であり、また、③微小な石綿繊維も検出できる新しい石綿リアルタイムモニタの開発を目的として研究を行った。

## 2. 光散乱を用いた石綿粒子検出法の原理

石綿粒子を偏光散乱光の測定から識別する原理は以下の通りである。すなわち光散乱理論を用いた散乱振幅行列要素の計算から、粒子半径が円柱粒子で光の波長程度以下、球粒子で光の波長の2倍程度以下であるならば、散乱角  $170^\circ$  での散乱光の偏光度は球粒子で負、円柱球粒子で正となり、偏光度の測定より、球粒子と円柱粒子をかなり正確に識別できることが明らかになった(図1)。これに散乱角  $170^\circ$  での散乱光強度を加えることにより、更に正確に識別できるという結論が得られた[1]。

上の検討は、無限円柱粒子を仮定したが、実際の石綿粒子は有限の長さを持っている。有限円柱粒子の光散乱理論による計算の結果、粒子長と粒子直径の比が3以上で、粒子長が光の波長の5倍程度以上あれば、粒子の長軸方向に垂直な散乱面から  $\pm 5^\circ$  程度の範囲での測定に限ると、無限円柱粒子の結果とほとんど正確に一致することがわかった。

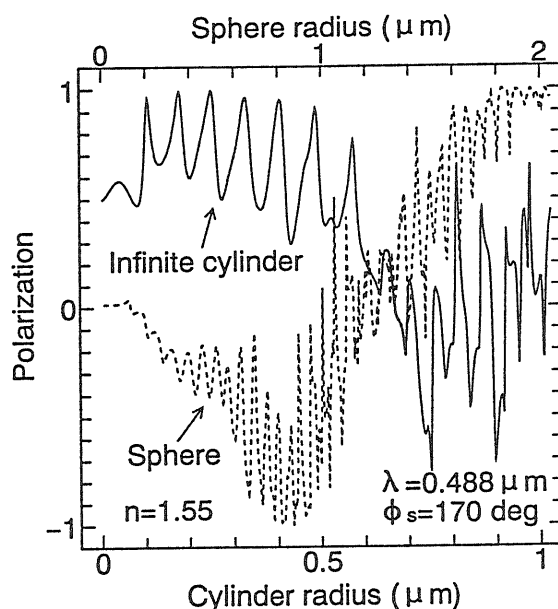


図1 無限円柱粒子と球粒子による光散乱の偏光度の粒子半径依存性(散乱角  $\phi_s=170^\circ$ )。

## 3. 石綿リアルタイムモニタ装置

本研究では大気中に浮遊する粒子を吸い込み、高電界によって配向させ、垂直入射したレーザー光の散乱光を特定の散乱角 ( $\phi_s = 170^\circ$ ) で偏光を含めて測定し、その散乱光の信号を解析して、石綿粒子を識別する装置を開発した。

偏向式石綿リアルタイムモニタ装置(図2)を実現するため、高電界による石綿状粒子配向装置、石綿粒子の配向方向と直線偏光の方向が  $45^\circ$  の傾きを持つ Ar イオンレーザー(波長  $0.488 \mu\text{m}$ ) と

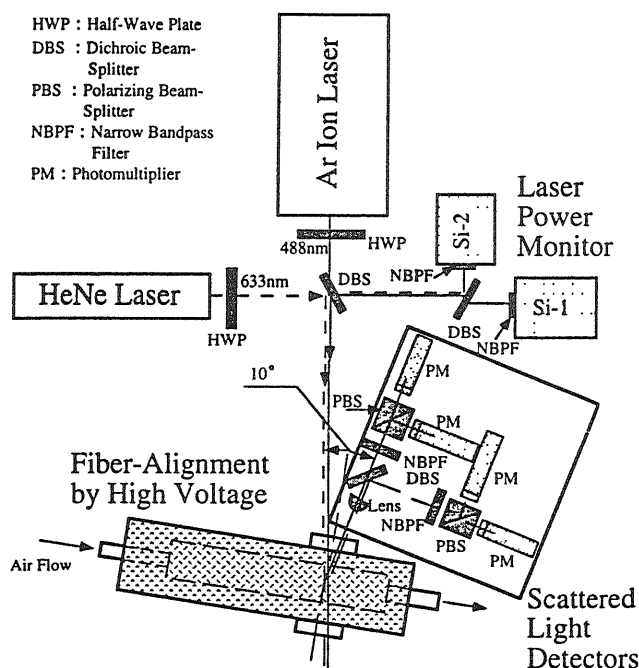


図2 偏光式石綿リアルタイムモニタ装置の構成

HeNe レーザ（波長  $0.6328\ \mu\text{m}$ ）からなる 2 波長の石綿粒子検出用レーザ光源、及び各波長の 2 つの偏光方向の散乱光を同時に検出する 4 チャンネルの光電子増倍管からなる、偏光散乱光検出装置などの開発を行った[2]。

#### 4. 浮遊石綿粒子検出実験

繊維状粒子発生装置のガラスのビーズ流動層にアモサイト標準繊維を入れて浮遊石綿粒子を発生させ、偏光式石綿リアルタイムモニタ装置を用いて粒子検出実験を行った。偏光の垂直及び平行成分の散乱光パルスの測定データ（図 3）を用い、石綿粒子の判別条件を偏光度が 0.2 以上とし、散乱光強度に一定の制限を加えることにより、石綿粒子の検出を行った。

この測定によって得られた石綿粒子濃度をメンブランフィルタ法による測定結果と比較することにより、両者が良い比例関係を示すことがわかった(図 4)。このことは、我々の開発した偏光式石綿リアルタイムモニタ装置が、大気中の石綿粒子数濃度の測定に有効であることを示している[4]。

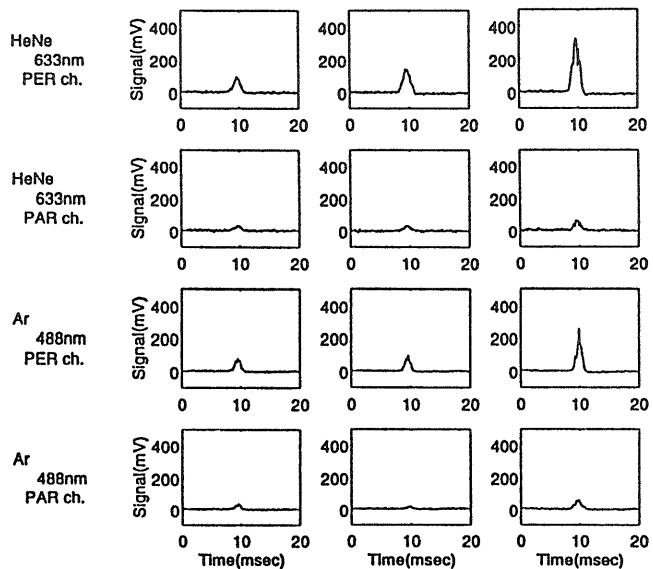


図 3 偏光式石綿リアルタイムモニタ装置で測定した石綿（アモサイト）粒子による、波長 633nm 及び波長 488nm の偏光の垂直成分(PER)及び、平行成分(PAR)の 4 チャンネルの光パルス信号の例。3 現象の測定データを示す。

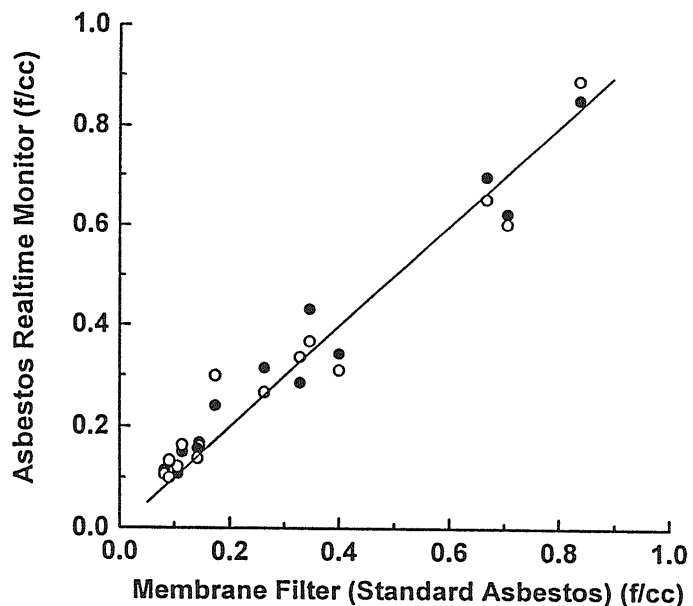


図 4 偏光式石綿リアルタイムモニタ装置による石綿粒子数濃度測定と標準的なメンブランフィルタ法による繊維長 5 ミクロン以上の石綿粒子数濃度測定との比較。

## 5. ポータブル型石綿リアルタイムモニタ

石綿リアルタイムモニタ装置の小型化を行い、容易に持ち運びできるポータブル型石綿リアルタイムモニタの試作を行った(図5)。本装置は、HeNe レーザ光源(波長 0.6328  $\mu\text{m}$ ,出力 10mW)、小型化石綿配向装置、世界最小のホトマル(浜松ホトニクス製)を用いた偏光散乱光検出装置などからなる。粒子検出数、粒子濃度は、一定時間の測定の後、液晶表示器に表示されるとともに、内蔵プリンタに出力される。シリアルポートを通じて、外部PCでの制御、データ取得も可能である[4]。

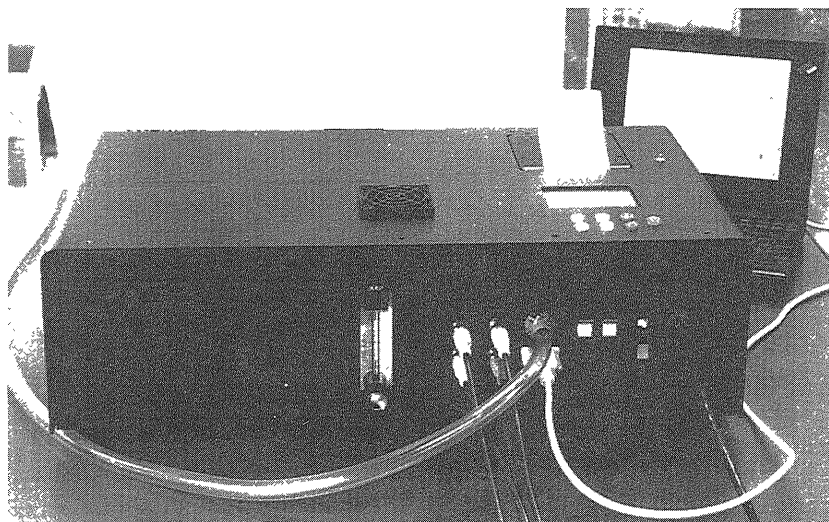


図5 ポータブル型石綿リアルタイムモニタ装置

### 参照文献

- [1] Hiromoto, N., Itabe, T., Araki, K., and Ito, S., "A New Method for Monitoring Asbestos Fiber Aerosols by Measuring Polarization of Scattered Light: Principle", 17th International Laser Rader Conference, No.25 D2, pp.52-53 (1994).
- [2] 廣本宣久, 橋口孝聖, 藤原幹生, 板部敏和, 伊藤繁夫, "石綿浮遊粒子の偏光式リアルタイムモニタ装置の開発に関する研究", 平成7年度環境保全研究成果集, (環境庁編, 1996) pp.71-1~71-18.
- [3] Hiromoto, N., Hashiguchi, K., Ito, S., "Asbestos Real-Time Monitor in an Atmospheric Environment", submitted to Appl. Opt. (1997).
- [4] 廣本宣久, 伊藤繁夫, 橋口孝聖, "ポータブル型石綿リアルタイムモニタ装置の開発", 1997年春季第44回応用物理学関係連合講演会, 講演予稿集 No.3, p.930, 30p-ZP-19(1997).