

大 気 の 散 乱 の 測 定

江 森 康 文* 菊 地 昭

Measurement of Light Scattered by the Natural Atmosphere

Yasufumi EMORI*, and Akira KIKUCHI

Abstract:— The polar nephelometer is described which measures the volume scattering index of light scattered by the natural atmosphere, with scattering angle, wavelength, and polarization as variables. The instrument was calibrated in absolute quantities by comparing the intensity of the light scattered by the atmosphere with the intensity from a smoked magnesium oxide surface as the standard. The useful angular range of the instrument extends from 10° to 170° , and angular resolution is about 3° .

A series of preliminary measurements were made in cigarette smoked air. Samples of the angular-scattering diagram of cigarette smoke measured at four filter ranges from 463.7 nm to 610.6 nm are given.

1. ま え が き

大気中を伝播する光は、空気中の浮遊粒子によって散乱されあるいは吸収を受ける。従来各種の光学装置を屋外で使用する場合には、これらの現象は常に付随する障害として知られている。

またここ数年来、煤煙、排気ガス、スモッグなどによる大気汚染の作用が著しくなり、視程の減少に伴う交通その他の都市の活動の障害をはじめとして、その他物質的、生理的、心理的にも各種の生活公害が生じている。したがって、混濁した大気の光学的特性を調べることは、きわめて重要な問題である。

大気の汚染の作用のうちで、比較的容易に観測できるのは、空気中の浮遊粒子の表面での光の散乱による視程の減少である。この種の問題については、理論的にも実験的にも古くから数多くの研究がなされている。1789年には Saussure が diaphanometer を使って大気の透明度を測定し、視程に関係した値を求めている。1871年代になると、Lord Rayleigh は空気分子ならびに球状微粒子による光の散乱について、一連の報告を行なっている。1924年 Koschmieder⁽¹⁾ はコントラストの減少問題に関連して、視程の目測観測によって減衰係数を知ることができるいわゆる Koschmieder の式を發表している。しかしな

*現在千葉大学工学部

がら、そのために適当な距離にある数多くの十分に黒いしかもかなり大きい目標物が必要であり、観測者の熟練度も結果に反映し、加えて夜間ではこの方法が使用できないなどの欠点があった。

その後望遠光度計⁽¹⁾ならびに濁度計^{(1),(2)}をはじめとして、各種の測定装置が開発され、大気の透過率ならびに散乱係数の測定が行なわれているが、依然として目測観測による視程の決定が行なわれていた。

しかしながら、ここ数年の間にレーザーのような強力な微小光源の開発に伴ない、航空気象学上での侵入視程の問題に関係して、この種の問題が取り上げられ、特に後方散乱光と減衰係数すなわち視程との関係を調べる研究が数多く行なわれ、^{(3),(4),(5),(6)}その相互関係が明らかにされている。

大気の減衰係数の測定法は多岐にわたっているが、筆者らはその体積散乱指数を測定するため濁度計を試作した。これによって約 $10\sim 170^\circ$ の範囲にわたって試料大気の散乱光の測定が可能である。

まず装置の有効性を調べるため、たばこの煙ならびに吸入器の噴霧を利用した人工的なもやや霧のモデル^{(1),(2)}について、その体積散乱係数を測定し、視程を計算する基礎的実験を行った。屋外実験^{(1),(2)}ならびに屋内実験⁽⁷⁾での実測例に比較して、きわめて類似した結果が得られた。以下装置の概要ならびに実験結果について報告する。

2. 定 義

サイズパラメータが α であるような $N(\alpha)$ 個の散乱粒子を含む媒質に光度 I の光が入射する場合、単一粒子によって入射光軸と ϕ の角をなす微小立体角 $d\Omega$ 内に散乱されるエネルギーを $S(\phi, \alpha)$ とすれば、微小距離 dL だけ伝播するとき失われる全エネルギーは次式で表わされる。

$$\Delta I = I \cdot \Delta L \int d\Omega \int S(\phi, \alpha) N(\alpha) d\alpha \quad (1)$$

ここで $\alpha = 2\pi r/\lambda$, r は散乱粒子の半径, λ は入射光の波長である。

したがって減衰係数 σ は次式で与えられる。

$$\sigma = \int S(\phi, \alpha) N(\alpha) d\alpha \quad (2)$$

また半径 r の球状粒子の散乱面は通常次のように書かれる。

$$\int S(\phi, \alpha) d\Omega = \pi r^2 K(m, \alpha) \quad (3)$$

ここで $K(m, \alpha)$ は減衰係数であり、吸収を伴わない場合には散乱係数を表わす。 m は散乱粒子の屈折率である。

また x 方向に進む光度 I の平行光束の任意の点 x における減衰量は次式で表わされる。

$$dI/dx = -\sigma I \quad (4)$$

減衰係数 σ はその成分として散乱係数 b と吸収係数 k とに分けられる。

$$\begin{aligned}\sigma &= b + k \\ &= \int \pi r^2 K(m, \alpha) N(\alpha) d\alpha\end{aligned}\quad (5)$$

視程 V_m は空気の濁度の程度を表わす尺度で、光の強度比ならびに遠方物体のコントラスト比が 2% になる水平距離で与えられる。

$$\exp(-\sigma V_m) = I/I_0 = C_R/C_0 = 0.02 \quad (6)$$

または

$$V_m = 3.912/\sigma \quad (7)$$

ここで I_0, I は入射光および透過光の強度、 C_0, C_R は物体の固有のコントラストおよび見掛けのコントラストである。

一般に散乱媒質が未知のものである場合には、体積散乱指数が使われる。

照度 E の平行光束が微小体積 dv の空気の層に入射する場合、入射光軸に対して ϕ の角をなす方向に散乱される光の強度を $dI(\phi)$ とすれば、体積散乱指数 $\beta'(\phi)$ は次式で定義される。

$$dI(\phi) = E\beta'(\phi)dv \quad (8)$$

したがって試料空間から散乱される光は次式で表わされる。

$$b = 2\pi \int_0^\pi \beta'(\phi) \sin\phi d\phi \quad (9)$$

$$\simeq 2\pi \sum_i \beta'(\phi_i) \sin\phi_i \Delta\phi_i \quad (10)$$

σ, b, k ならびに $\beta'(\phi)$ はすべて波長の関数であるから、散乱ならびに減衰計算に伴なう誤差をできるだけ小さくするためには、単色光を用い、さらに狭帯域の受光器を使用することが要件となる。また偏光した入射光が媒質によって散乱される場合には、透過光の場合とは違って、その偏光特性は試料、波長、散乱角ならびに偏光の向きによって複雑な変化を示すことが知られており、偏光での測定も有効である。

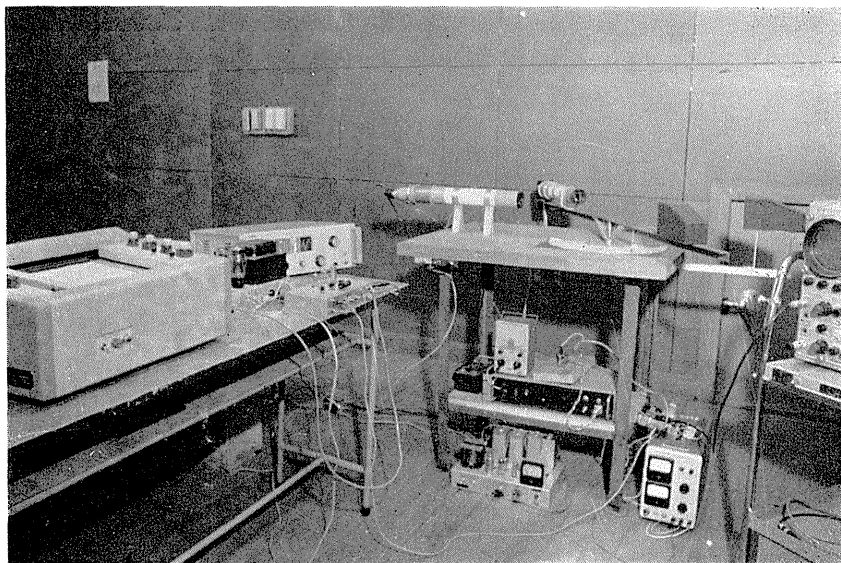


Photo. 1 The polar nephelometer.

3. 測定装置

本装置の外観写真を Photo. 1 に、そのブロック線図を Fig. 1 に示す。

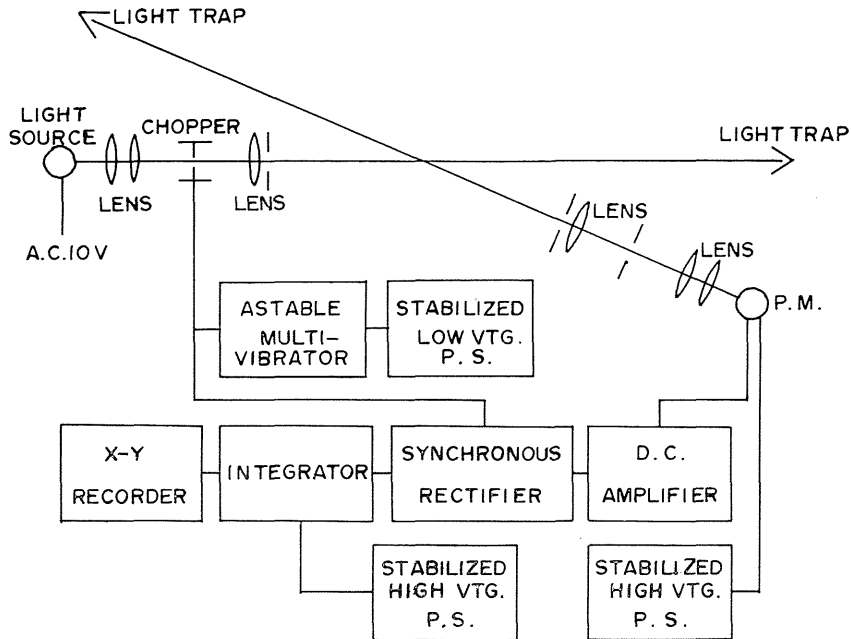


Fig. 1 Block diagram of the nephelometer.

光学系は全く同じレンズ系をもつ投光器と受光器とで構成され、そのおのおのに対向してライトトラップが取り付けられている。投光器は高さ 70cm の基板上に固定されており、受光器は同期電動機により試料空間を中心として投光軸に対して $10\sim 170^\circ$ の範囲で回転する。その回転速度は $180^\circ/\text{min.}$ で角分解能は約 3° である。

試料空間は投光器ならびに受光器の交差光束できまり、その大きさはそれら光束の相対的な位置によって変化する。

投光器からの光束はセクタ（ライトチョッパ）により 13CPS の断続した平行光束となり、試料空間を通過したのち、ライトトラップに完全に吸収される。試料空間で散乱された光は、受光器のレンズ系によって検知器のホト・カソード上に入射する。この場合、検知器には散乱光のみが入射し不要な雑音の光が入射しないよう、受光器に対向してライトトラップが取り付けられている。

ホト・カソードからの出力信号はいったん増幅し、セクタに同期させたメカニカルチョッパにより散乱角別に取出され、平滑したのち記録される。

3-1 光学系

光学系の構成図を Fig. 2 に示す。

投光器ならびに受光器は $500\text{mm}\times 60\text{mm}\phi$ の全く同形の望遠鏡を改良したもので、両者ともに全く同じレンズ系で構成されている。集光用には $f=100\text{mm}$ の平凸レンズ 2 枚、

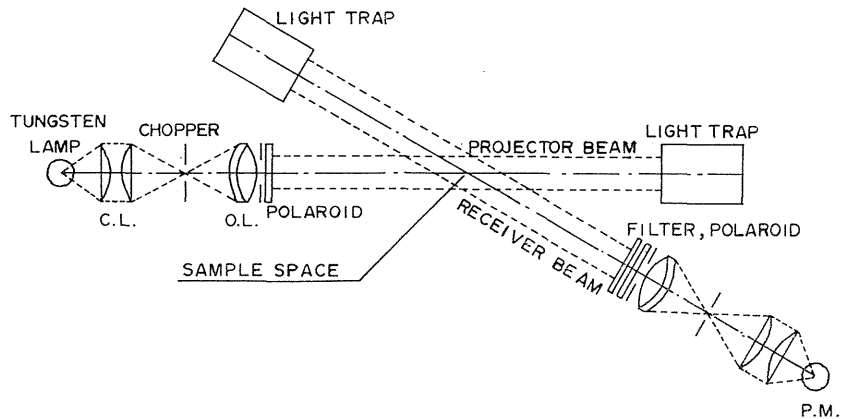


Fig. 2 Schematic diagram of the optical system.

投影用には $f=200\text{mm}$ の色消しレンズを使っている。

光源には 10V, 60W のタングステン電球を用い, A.C. 10V, 50CPS で点燈している。点燈時の輝度温度は 2854°K であった。

光源のフィラメント像は集光レンズにより投影用対物レンズの焦点に設けられた光学絞りの上に結ばれる。投影用対物レンズの前面には視界絞り, ポラロイドならびにフィルタが取り付けられる。

投光器ならびに受光器のおのおのに対向したライトトラップは, 投光器からの光束をすべて吸収させたり, 試料空間から散乱光のみが得られるよう完全吸収体の背景として使用している。入射した光は必ずこの中にとらえられて再び反射して出ることがないように, 内面を黒く塗り, さらに黒塗りのガラス板の間での繰り返り反射により, 入射光を完全に吸収している。

光学絞りならびに視界絞りはともに長方形に作られており, 試料空間の体積は受光軸の回転に伴って, 散乱角の正弦に逆比例して変化する。

検知器には光電増倍管 1P28 を使用している。光源のエネルギー分布⁽⁸⁾ならびに光電増倍管の相対分光感度曲線を Fig. 8 に示す。

3-2 測定回路

(1) 同期整流回路

信号増幅の際の零点の変動を避け, S/N 比の極限での動作, 照射積分量の低減ならびに信号取り扱いの自由度などを考慮して, 信号増幅は入射光を断続して光電増倍管に入射させ, その出力を交流増幅する方式にした。

セクタならびにメカニカルチョッパの駆動回路を Fig. 3 に示す。無安定マルチからの 13CPS の方形波信号を一段増幅し, グーリントン接続によりスイッチング回路に入れ, それぞれ約 1A の電流のオン・オフを行なっている。セクタは投光器の中に組み込んであり, 2枚のスリット板の一方を電磁石により吸引開閉し, 断続光が得られるようになっている。スリット面にフィラメントを結像させれば, その間隔は 2mm あれば十分であった。開閉動作は入力信号に対して 5ms 程度の位相遅れが実測されたが, 測定には支障はなかった。同期整流にはメカニカルチョッパ Z-60B (B.B.M. 型) を使用した。

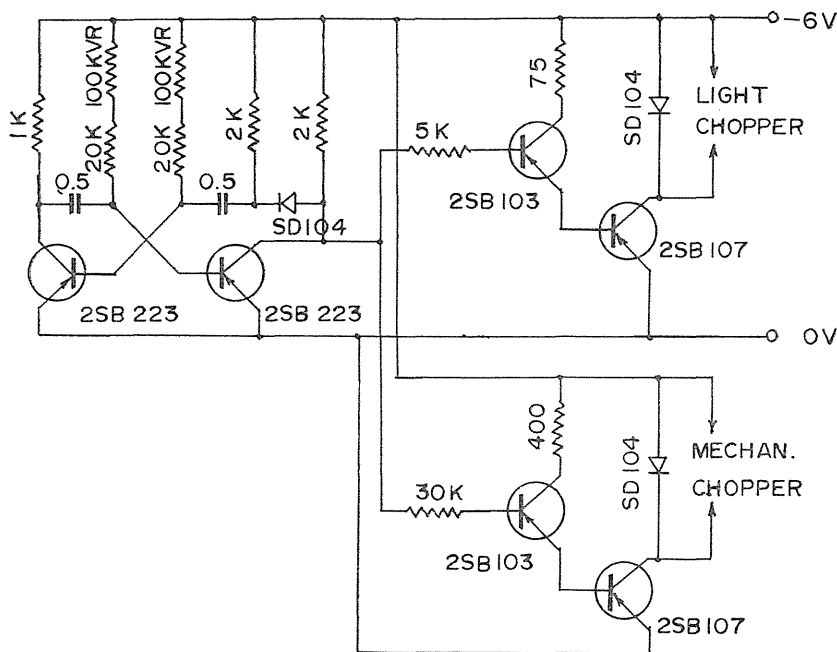


Fig. 3 Circuit diagram for synchronous rectifications.

(2) 増幅器

信号増幅には 13CPS 程度の超低周波成分について増幅できる、ドリフトの小さい増幅器が必要である。本装置では三栄測器 KK 製 DA-103 直流増幅器を使用した。Fig. 4 に Integrator の回路を示す。符号変換器としてのその性能は、ドリフト約 2mV/hr, 帯域幅が DC~ 約 10KC, 出力電圧約 ±11V である。信号の記録には松下通信機工業 KK 製 MD-511XY レコーダを用いた。

(3) 電源装置

印加電圧の変動によって著しく変化する光電増倍管の感度を補償するためには、高圧安定化電源が必要である。本装置では A.C.1KV, 5mA を 1X2B で半波整流し、π 型平滑回路を通して得た出力電圧を、検出増幅要素に 12XA7, 基準電圧 105 な

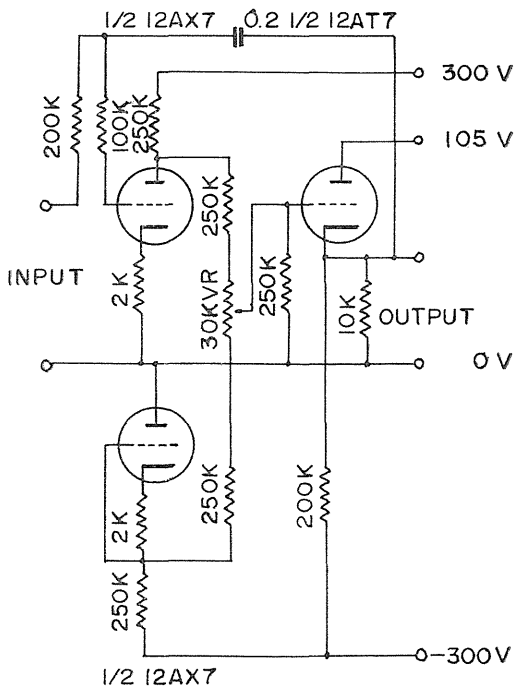


Fig. 4 Circuit diagram of the integrator.

らびに 210V, 制御要素 12BH7 で構成した安定回路に入れ, 750~1000V の直流高圧を得た。レギュレーションは±10%の入力電圧変動に対して約±0.4%であった。

また Integrator の使用に際しても, 主として電源に起因するドリフトを抑圧するため, 安定化電源を用いた。

4. 目盛定め

(8) 式によって体積散乱指数を絶対量で求めるためには, 装置各部の定数を決定することが必要である。ここでは大気試料による散乱光の強度と透過率および反射率が既知の標準完全拡散膜からの光の強度とを比較する方法を用いた。

Fig. 5 において, 散乱面に平行な面を xy 平面, 拡散膜*に平行な面を yz 平面とし, 拡散膜を試料空間を通して一定速度で x 方向に移動する場合を考える。

拡散膜上の任意の点 $P(x, y, z)$ の照度は, 入射光の入射角を γ' とすれば $E(x, y, z) \cos \gamma'$ で表わされるから, P 点での受光方向の輝度は, 後方散乱ならびに前方散乱に対してそれぞれ次式で与えられる。

$$B_e = RE \cos \gamma' / \pi \quad (11)$$

$$B_e = TE \cos \gamma' / \pi \quad (12)$$

ここで R, T はそれぞれ拡散膜の反射率と透過率である。

拡散膜に立てた垂線と受光軸とのなす角を γ'' とすれば, P 点の微小面積 dA の受光方向の光度 dI_e は次のように書ける。

$$dI_e = B_e \cos \gamma'' dA \quad (13)$$

光電面すなわちホト・カソードに入射する光束 dF_e は, レンズ, フィルタ, ポラロイドなどの透過率を一括して C_1 とすれば, 次のようになる。

$$dF_e = C_1 dI_e \quad (14)$$

光電増倍管, 増幅器, インテグレータなどをすべて線形動作領域で使用するものとして, 光~電流変換定数, 増幅率などを一括して C_2 とすれば, 光束 dF_e による出力電圧 dW_e は次式で表わされる。

$$dW_e = C_2 dF_e \quad (15)$$

したがって (1), (3)~(5) 式から次式が得られる。

$$dW_e = R \cos \gamma' \cos \gamma'' C_1 C_2 E dA / \pi \quad (16)$$

ホト・カソード自身の感度の極地性, ダイノードの増幅の極地性ならびに光学系の定数の変化などを考慮すれば, (16) 式は次のように書きかえられる。

$$W_e = \frac{R \cos \gamma' \cos \gamma''}{\pi} \int \int_A C_1 C_2 E dA \quad (17)$$

* 未露光定着した写真乾板を用いた。

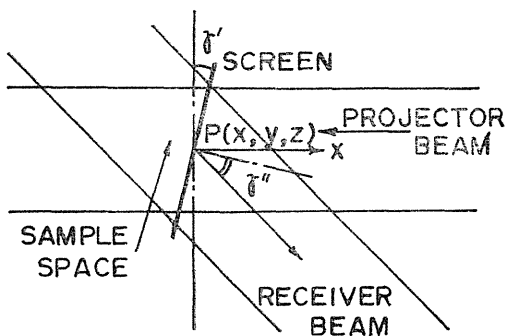


Fig. 5 A simplified light scattering system for a calibration procedure.

さらに x について積分し、 $dAx=dx$ とおけば、次式が得られる。

$$\int_x W_c dx = \frac{R \cos \gamma' \cos \gamma''}{\pi} \int \int \int C_1 C_2 E dv \quad (18)$$

つぎに大気試料の場合について考える。

P 点の照度を $E(x,y,z)$ 、体積散乱指数を $\beta'(\phi)$ とすれば、 P 点のまわりの微小体積 dv から、入射光軸に対して ϕ の角をなす方向の光度 dI_a は次式で示される。

$$dI_a = \beta'(\phi) E dv \quad (19)$$

目盛定めならびに実測に際しては、同一光学系ならびに電気系を使用するので、上述の定数 C_1 、 C_2 をそのまま使えば、ホト・カソード上に入射する光束は (20) 式のようなになる。

$$dF_a = C_1 dI_a \quad (20)$$

したがって

$$dW_a = C_2 dF_a = C_1 C_2 E \beta'(\phi) dv \quad (21)$$

$$W_a = \beta'(\phi) \int \int \int C_1 C_2 E dv \quad (22)$$

(18) ならびに (22) 式から次式が得られる。

$$\beta'(\phi) = \frac{R \cos \gamma' \cos \gamma'' W_a}{\pi \int_x W_c dx} \quad (23)$$

ここで

$$K \equiv \frac{R \cos \gamma' \cos \gamma''}{\pi \int_x W_c dx} \quad (24)$$

よって

$$\beta'(\phi) = K W_a \quad (25)$$

$\beta'(\phi)$ を求めるためには K すなわち $\int_x W_c dx$ の値を求めることが要件となる。

白色非偏光の下で、拡散膜を一定速度で試料空間を通過して x 方向に移動して、 $W_c \sim x$ の関係を求めて図示すると Fig. 6 のようになる。ただし、 $\gamma' = 0^\circ$ 、 $\gamma'' = 30^\circ$ 、 $A = 6.12$ [cm²] にとった場合の実測例である。数値積分により曲線下の面積を求めてみると、 $\int_x W_c dx = 15.75$ [V · cm] の値が得られる。

ここで R および π は定数、 γ' および γ'' もともに投光器、拡散膜ならびに受光器の相対的な位置によってきまる定数、さらに加えて E 、 C_1 、 C_2 が試料空間全体にわたって一定であると仮

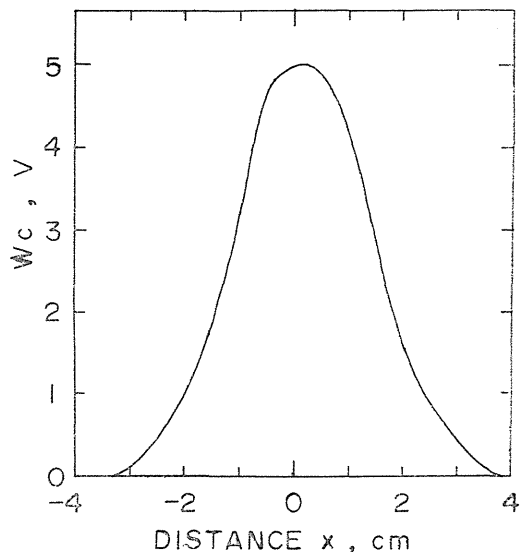


Fig. 6 Plot of averaged values of W_c vs. x .

定すれば, (17) 式は次のように書ける。

$$W_c = \frac{R \cos \gamma' \cos \gamma''}{\pi} C_1 C_2 EA \quad (26)$$

よって

$$\int W_c dx = \frac{R \cos \gamma' \cos \gamma''}{\pi} C_1 C_2 E v \quad (27)$$

したがって $C_1 C_2$ の値がわかれば $\int W_c dx$ の値が求まることになる。

反射率 1 の酸化マグネシウムの拡散反射面を用い, $\gamma' = 0 [^\circ]$, $\gamma'' = 30, 45 [^\circ]$, $E = 156.24 [\text{lux}]$ のとき, 試料空間からの反射光を検知器に入射させた場合の実測例から, 白色非偏光ならびに単色非偏光での $C_1 C_2$ ならびに C_1 を計算すると Table 1 のようになる。No. 24, No. 21, No. 57 ならびに No. 47 は使用したカラーフィルタのラッテン番号を示している。

Table 1 Determination of constants $C_1 C_2$ and C_1 .

	White light		Monochromatic light			
			No. 24	No. 21	No. 57	No. 47
$W_c(\text{V})$	3.20	2.75	5.25	6.50	5.70	4.90
$E (\text{lux})$	156.24	156.24	156.24	156.24	156.24	156.24
$A (\text{cm}^2)$	6.12	6.48	6.12	6.12	6.12	6.12
$\gamma' (^\circ)$	0	0	0	0	0	0
$\gamma'' (^\circ)$	30	45	30	30	30	30
$C_1 C_2 (\times 10^{-2})$	1.213	1.233	1.991	2.463	2.161	1.858
C_1	15.17	15.42	1.14	6.33	2.16	9.29

白色非偏光の場合について, $C_1 C_2 = 1.223 \times 10^{-2}$ として (27) 式を数値積分すると $15.795 [\text{V} \cdot \text{cm}]$ の値が得られる。

以上のことから, $\int W_c dx$ の値は E, C_1, C_2 を一定と仮定して求めても何ら不都合はないことになる。

したがって E, C_1, C_2 を一定とすれば, (27) 式は次のようになり, K は v すなわち散乱角 ϕ の関数として表わされる。

$$K = 1/C_1 C_2 E v = K'/C_2 \quad (28)$$

$C_1 = 15.30$, $E = 156.24 [\text{lux}]$ として $K' \sim \phi$ の値を求めて図示すると, Fig. 7 のようになる。

フィルタやポラロイドを用いる場合には, 同様にして $K' \sim \phi$ 曲線が求めら

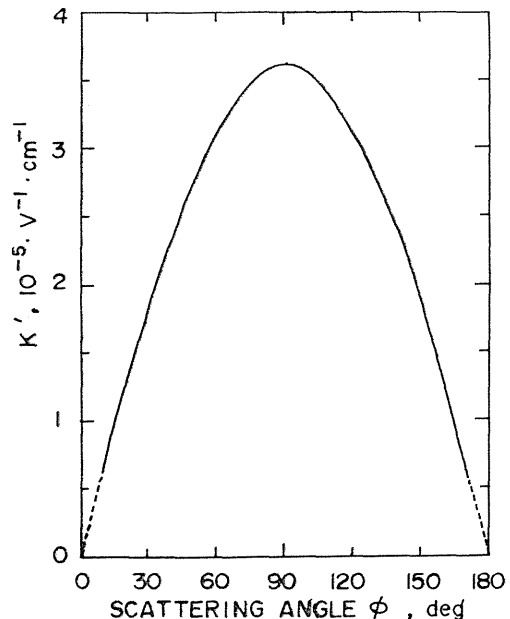


Fig. 7 Relation between K' and scattering angle ϕ .

れるが、実用的には白色非偏光で求めた K' の代わりに次式で与えられる K_λ を用いばよい。

$$K_\lambda = K'/T \quad (29)$$

ここで T はフィルタまたはポラロイドの透過率である。

5. 実験結果

本装置の有効性を調べるため、自然のもやや霧と同じ性質を示すと考えられるたばこの煙ならびに吸入器からの噴霧を使い、試料空間を通る光について散乱角、波長などを変えて、その体積散乱指数を測定した。

たばこの煙の場合には、空間容積約 65m^3 の室内で規程重量のたばこを完全燃焼させ、煙が一様に充満するまで約10分間待って測定を行なった。噴霧の場合には、吸入器からの蒸気を試料空間に噴射させた。

測定は不要な雑音的光を除去するため、すべて暗室で行なった。波長の選定に用いた各種ラッテン・フィルタの分光透過率を Fig. 8 に、Table 2 にその特性を示す。

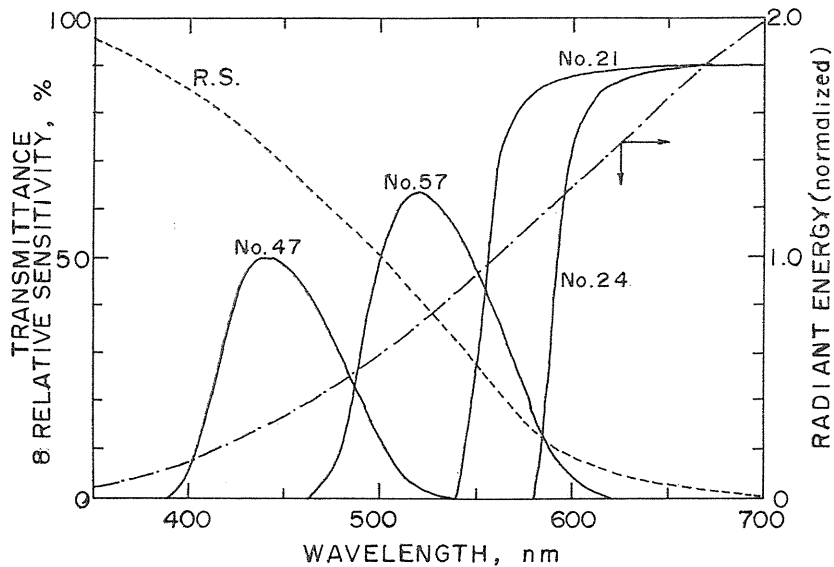


Fig. 8 Spectral transmittance of Wratten filters, Relative sensitivity of photomultiplier, and Normalized spectral energy distribution of light source.

Table 2 Color filter characteristics.

Designation	Filter type	Dominant wavelength (nm)	Effective transmittance (%)
Red	Wratten 24	610.6	50.79
Orange	21	588.9	63.06
Green	57	536.4	12.11
Blue	47	463.7	4.07

5-1 体積散乱指数

Fig. 9~12 は重量 2~12g のたばこを燃焼した場合、 610.6nm 、 588.9nm 、 536.4nm ならびに 463.7nm の波長について、各散乱角に対する体積散乱指数を図示したものである。なお図中の点線 (N.F.) は白色光での測定結果を表したものである。

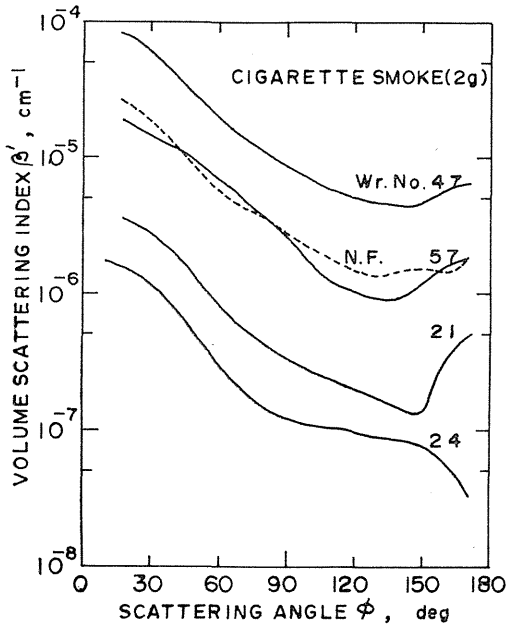


Fig. 9 Semilog plot of β' vs. ϕ for four wavelengths and white light for cigarette smoke (2g).

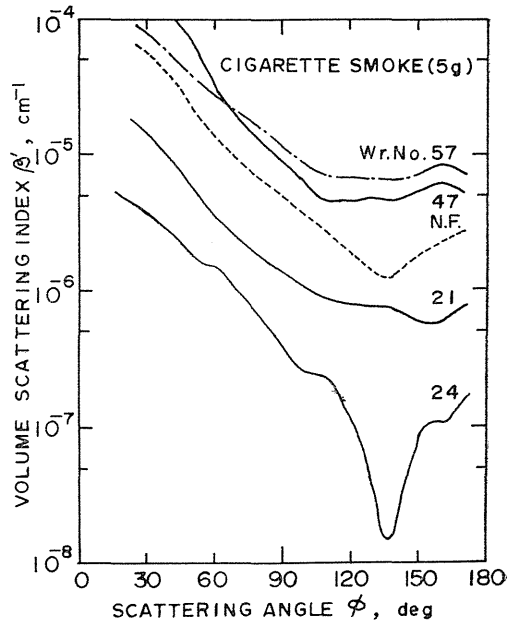


Fig. 10 Semilog plot of β' vs. ϕ for four wavelengths and white light for cigarette smoke (5g).

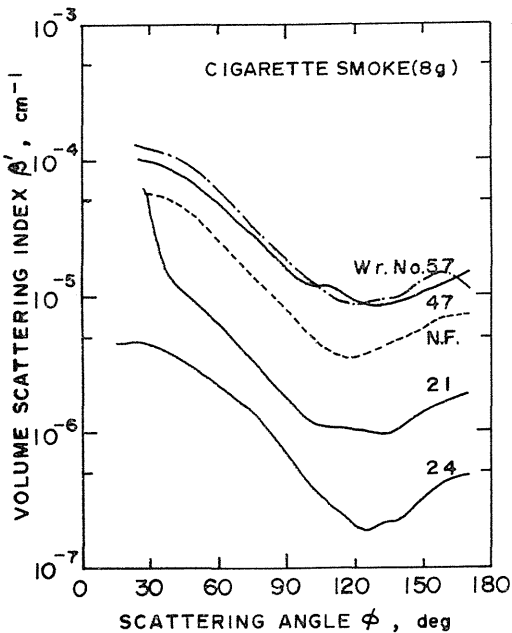


Fig. 11 Semilog plot of β' vs. ϕ for four wavelengths and white light for cigarette smoke (8g).

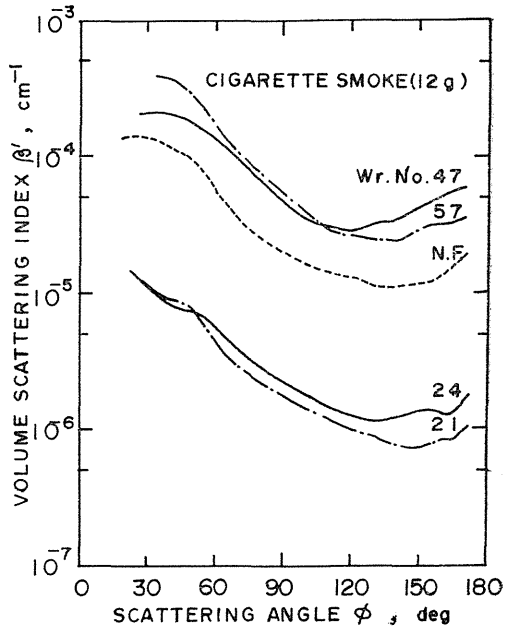


Fig. 12 Semilog plot of β' vs. ϕ for four wavelengths and white light for cigarette smoke (12g).

各図から、各散乱角について、波長が長くなるにつれて $\beta'(\phi)$ の値は小さくなり、試料空間を透過する光が増加し散乱光が少なくなっていくことがわかる。 $\beta'(\phi)$ の最小となる角は、波長によってわずかに異なっているが、ほぼ $120\sim 150^\circ$ 付近にある。

燃焼重量が増加し煙が濃くなると、 $\beta'(\phi)$ の値は大きくなり、散乱光の増加につれて透過光が減少する。これに伴って赤と橙ならびに緑と青の波長依存性はきわめて類似したものとなってくる。さらに加えて $\beta'(\phi)$ が最小となる角は後方散乱の方へ移る傾向が見られる。

白色光の場合、 $\beta'(\phi)$ は橙と緑のその中間の値を示しており、試料の差異によるその変化も上述の結果とほぼ一致した傾向を示している。

Fig. 13 はウォーターブルーフィルム法で測定した吸入器の噴霧の粒径分布曲線を示したものである。この霧のモデルについて、単色光ならびに白色光で体積散乱指数を求めた1例を図示すると、Fig. 14 のようになる。

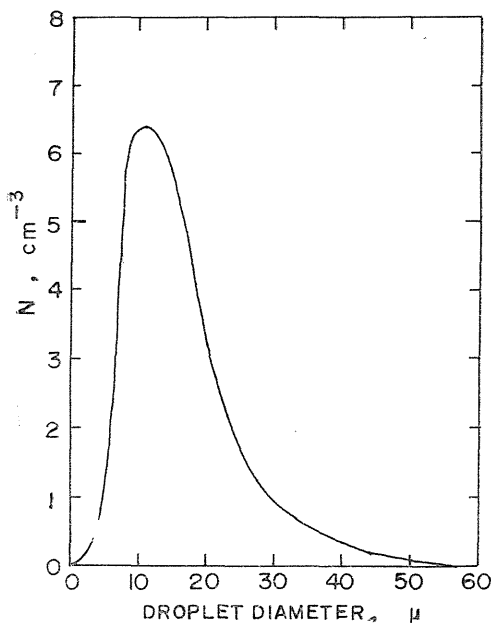


Fig. 13 Size distributions for artificial fog.

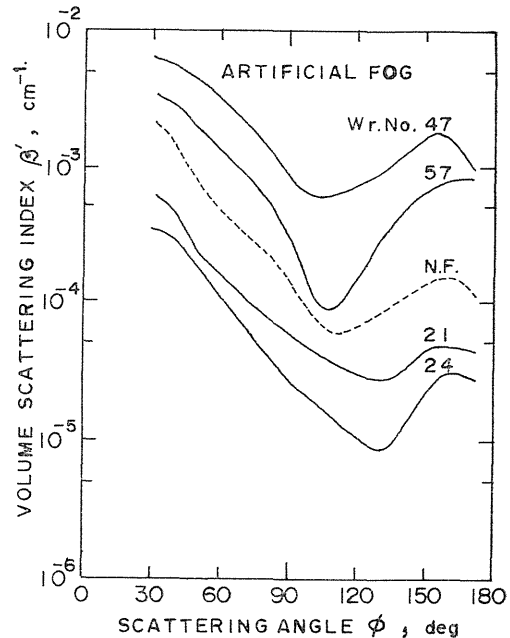


Fig. 14 Semilog plot of β' vs. ϕ for four wavelengths and white light for artificial fog.

$\beta'(\phi)$ の値はたばこの煙の場合よりもさらに大となり、波長の長くなる順に試料空間からの散乱光は減少している。 $\beta'(\phi)$ の最小となる角は約 $100\sim 130^\circ$ の範囲にあり、波長が短くなるにつれて前方散乱の方へ移る傾向が見られる。

Fig. 15 は重量 2g のたばこを燃焼した場合の測定結果と Waldram⁽¹⁾, Pritchard⁽²⁾ による屋外での実測例とを併せて図示したものである。

図中の W は英国の工場地帯での Waldram の報告の一例であり、47B, 58 および 25 は、Pritchard らによる比較的澄んだ大気での測定結果を示している。47B, 58, 25 は使用したラッテンフィルタの番号で、その有効透過波長はそれぞれ 440nm (青), 530nm

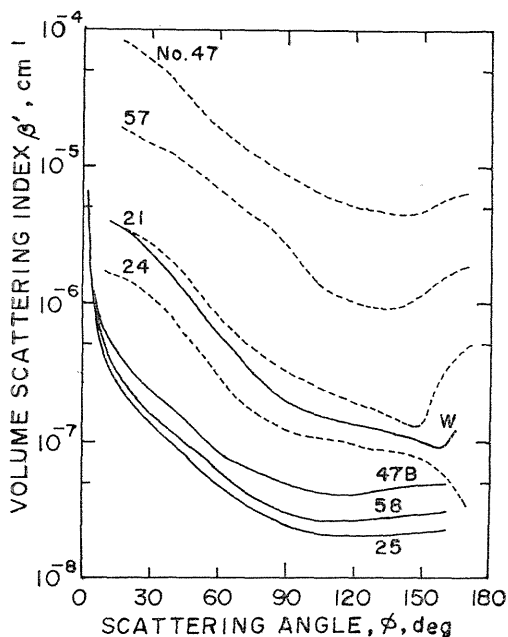


Fig. 15 Comparison of measured values.

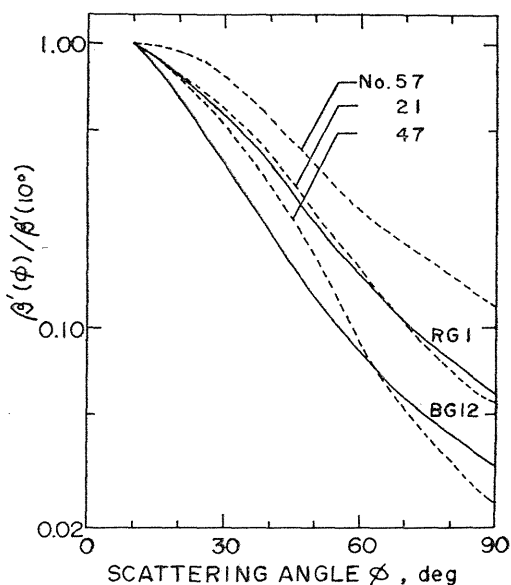


Fig. 16 Comparison of measured values.

(緑)ならびに 620nm (赤)である。図からわかるように、散乱特性ならびに大きさはきわめてよい類似が見られ、本装置による測定結果は妥当であるといえることができる。

Fig. 16 は重量 5g のたばこを燃焼した場合の測定結果と、Volz⁽⁷⁾ のたばこの煙での実験結果とを比較したものである。RG1 ならびに BG12 は使用したショット・ガラスフィルタの種類を表わしたもので、その有効透過波長は 630nm (赤) ならびに 450nm (青)

Table 3 Scattering coefficient and the visual range for four wavelengths and white light.

g/m ³	Scatt. coeff. & Visibility	Wavelength (nm)				White light
		610.6	588.9	536.4	463.7	

Cigarette smoke

2/65	b (x10 ⁻² /Km) Vm(Km)	0.3763 10.396	0.9215 4.245	6.0924 0.642	2.1641 1.808	5.8743 0.666
5/65	b (") Vm(")	1.2426 3.174	4.2926 0.911	26.89 0.146	4.8688 0.803	16.6276 0.235
8/65	b (") Vm(")	1.7718 2.208	5.6401 0.694	48.9799 0.079	48.4264 0.081	21.5562 0.181
12/65	b (") Vm(")	4.954 0.789	4.142 0.944	161.38 0.024	112.85 0.035	53.05 0.074

Artificial fog

/	b (x10 ⁻² /Km) Vm(Km)	1116.27 0.080	187.65 0.021	1286.5 0.003	2700.4 0.002	576.98 0.016
---	-------------------------------------	------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

である。この場合にもきわめてよい類似が見られる。

5-2 視 程

視程は空気の混濁の程度を表わす尺度であり、大気汚染の目安になる。Fig. 9~12 ならびに Fig. 14 で示した体積散乱指数を $0\sim 180^\circ$ の範囲に外挿して、(10)式により散乱係数 b を求め、さらに(7)式によって視程 V_m を計算すると、Table 3 のようになる。

混濁度が増すにつれて、視程は著しく減少している。同一条件の下では、可視光の赤未波長に近い程視界がきくことがわかる。もちろんこれらの値は現実の散乱媒質の粒度分布を無視し、吸収係数は散乱係数に比例するという仮定の下で求めたものであり、実際の場合とは相違する。しかしながら一応の目安を与えるものとして有効であると思われる。

6. む す び

本報告は大気の光散乱特性を調べることを目的に行なわれた一連の基礎的実験結果を示したものである。このために局所的な散乱媒質の体積散乱指数を絶対量で測定できる濁度計を試作した。

ついで本装置の有効性を調べるため、主としてたばこの煙による混濁大気の体積散乱指数を測定した。使用した波長での空気分子ならびに水蒸気などによる選択的な吸収も見られず、ほぼ所期の目的を達することができた。測定結果を Waldram, Pritchard らの屋外での実測例ならびに Volz のたばこの煙での実験結果と比較してみると、その数値ならびに散乱特性はきわめてよい類似を示した。また気象学でいう視程を計算したが、きわめて常識的な結果が得られた。このことから、局所的な濁度の測定によって、ある程度まで地域の平均を知ることも可能のように思われる。

現在偏光実験を含めて屋外実験も行なっているので、その結果については改めて報告を行なう予定である。

以上の内容は第13回応用物理学関係連合講演会(41.4.1, 1a-N-6)で発表したものである。本実験に際して千葉技官ならびに千田忠一(東芝)、高橋徹男(理研計器)両君をわずらわしました。ここに深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) W.E.K. Middleton; Vision through the atmosphere, Univ. of Tront Press (1952), p. 61-64, p. 181-192, p. 200-209, p. 47-48.
- (2) B. S. Pritchard and W. G. Elliot; J. Opt. Soc. Am., 50, 191 (1960)
- (3) J. A. Curcio and G. L. Knestruck; J. Opt. Soc. Am., 48, 686 (1958)
- (4) M. H. Horman; J. Opt. Soc. Am., 51, 681 (1961)
- (5) S. Twomey and H. B. Howell; Appl. Opt. 4, 501 (1965)
- (6) R. W. Fenn; Appl. Opt., 5, 293 (1966)
- (7) Von F. Volz; Optik., 20, 293 (1963)
- (8) Pivovonsky and Nagel; Tables of BLACK BODY RADIATION FUNCTION, Macmillian (1961)