前方光散乱粒子カウンターの応答計算*

金 川 昭**

京都大学 原子炉実験所

緒 言

煙霧体粒子個々の散乱光を個別に計数しその強度分布から煙霧体の粒径分布を測定する光散乱粒子カウンターは Fig. 1 に示すように大別して、入射光レンズ光軸と集光レンズ光軸が同軸にある前方光散乱型と両軸が交差している側方光散乱型に分けられ、さらに前方光散乱型は遮光部が入射光側にある中空円錐入射光型と集光側にある中空円錐集光型に分けられる。

前方光散乱粒子カウンターは散乱光強度が散乱角度の小さい前方散乱において著しく強いという事実から側方光散乱型に比べて感度の点で有利であるとみなされ Gucker ら^{2,3)}, Sinclair^{11,12)}, Clarenburg ら¹⁾, Martens ら^{7,8)} によって古くから提唱されている。しかしながら、Gucker ら³⁾ によって実験的にも指摘されているように、前方散乱光は側方散乱光に比べて粒径についての散乱光強度の変動の幅が著しく大きいため粒径とパルス高との比例性には問題がある。

カウンターの発生パルスの大きさと粒子の大きさおよび屈折率との理論的關係は球形等方性粒子の仮定のもとで Mie の散乱理論式から光学レンズ系の幾何条件およびスペクトル特性を考慮することにより数値的に求めることができる。しかしながら、計算がきわめて複雑なためあまり行なわれておらず、僅か Gucker ら⁴⁾, Hodgkinson ら⁵⁾ および Quenzel¹⁰⁾ によって行なわれているにすぎない。しかも厳密に正しい計算式で行なわれているのは古い Gucker ら⁴⁾ によるもののみであり、それも計算例は僅か水滴に対する 1 例のみである。近時の Hodgkinson ら⁵⁾ の計算は諸種カウンターの多くのレンズ系幾何条件について行なわれているがカウンター光学系のスペクトル特性が計算に入っておらず、一方 Quenzel¹⁰⁾ の計算ではスペクトル特性は考慮されているがレンズ系幾何条件にもとづく散乱光集光割合が無視されている。そして、いずれの場合もカウンターの特性をレンズ系幾何条件について系統的に論じているものはない。

ここでは、Mie の散乱理論式および Gucker, Hodgkinson らの散乱光集光割合の式を用いて、前方光散乱粒子カウンターの理論応答曲線を非吸収球形等方性粒子について求め、カウンターの特性に対するレンズ系幾何条件の影響を考察したので報告する。

1. 計 算 式

前方光散乱粒子カウンターの光電管は単一粒子からの散乱光を、Fig. 1 に示すように光学レンズ系の入射光レンズ開き半角 γ 、集光レンズ開き半角 β および遮光部開き半角 η に応じて、中空円錐入射光型においては $\eta - \beta$ から $\gamma + \beta$ まで、中空円錐集光型においては $\eta - \gamma$ から $\gamma + \beta$ までの散乱角度範囲で受けている。したがって、入射光の進行方向から測った散乱角度 θ 、粒子中心からの距離 r における散乱光強度を I 、散乱角度 θ の散乱光が光電管に集められる幾何学的割合を与える関数を ω とすれば、光電管の受ける散乱光束 I_c は

$$I_c = \int_0^{180} r^2 I \omega d\theta \quad (1)$$

Fig. 1 Schematic diagram of optical systems of light scattering particle counter

* <Response Calculations for Forward Light Scattering Aerosol Particle Counters>

Received on November 28, 1969

昭和 44 年 4 月化学工学協会第 34 年会 (東京) および昭和 44 年 10 月化学工学協会第 3 回秋季大会 (大阪) にて講演発表

** Akira Kanagawa (Research Reactor Institute, Kyoto University, Osaka, Japan)

とかけろ。そして、関数 ω は Gucker⁴⁾-Hodkinson⁵⁾ より次のごとく与えられている。

中空円錐入射光型の場合

$\eta - \beta \leq \theta \leq \gamma + \beta$ において

$$\omega = \int_{\eta}^{\gamma} 4\pi \sin \theta \sin \varphi \text{ACF}(\beta, \theta, \varphi) d\varphi \quad (2)$$

$\theta < \eta - \beta, \theta > \gamma + \beta$ において

$\omega = 0$

中空円錐集光型の場合

$\eta - \gamma \leq \theta \leq \gamma + \beta$ において

$$\omega = \int_0^{\gamma} 4\pi \sin \theta \sin \varphi [\text{ACF}(\beta, \theta, \varphi) - \text{ACF}(\eta, \theta, \varphi)] d\varphi$$

$\theta < \eta - \gamma, \theta > \gamma + \beta$ において

$\omega = 0$

(3)

ここに、関数 $\text{ACF}(\beta, \theta, \varphi)$ は次のように定義される。

$$\text{ACF}(\beta, \theta, \varphi) = 0 \quad (\theta > \beta + \varphi \text{ において})$$

$$= \cos^{-1} \frac{\cos \beta - \cos \theta \cos \varphi}{\sin \theta \sin \varphi} \quad (\beta - \varphi \leq \theta \leq \beta + \varphi \text{ において})$$

$$= \pi \quad (\theta < \beta - \varphi \text{ において})$$

一方、球形等方性粒子の光散乱強度については理論的に Maxwell の電磁方程式の厳密解として Mie の理論式^{9,13)}があり、それによれば強さ I_0 で波長 λ の自然光が屈折率 m で直径 D_p の粒子によって散乱されるとき粒子中心からの距離 r 、散乱角度 θ における散乱光強度 I は

$$I = \frac{I_0 \lambda^2 (i_1 + i_2)}{8\pi^2 r^2} \quad (4)$$

で与えられる。ここで、 i_1 および i_2 はそれぞれ垂直および水平偏光成分散乱光強度分布を示す関数で、粒径と入射光波長との比を表現する粒子パラメータ $\alpha [\equiv \pi D_p / \lambda]$ 、散乱角度 θ および屈折率 m の関数として Mie により与えられている。なお、その計算式の詳細と関数の特性については前報「側方光散乱粒子カウンターの応答計算⁶⁾」に詳述してある。

散乱光束 I_0 を受けて光電管に発生する光電流すなわちカウンターの応答パルスの大きさ I_p はカウンター光学系のスペクトル特性を $P(\lambda)$ とすれば、

$$I_p = K \int_0^{\infty} I_0 P(\lambda) d\lambda$$

$$= K' \int_0^{\infty} \int_0^{180} \lambda^2 (i_1 + i_2) P(\lambda) \omega d\theta d\lambda \quad (5)$$

で与えられる。ここに、 K, K' はカウンターの光電・電子回路系にかかわる比例係数である。 $P(\lambda)$ は光源のスペクトル特性 $P_s(\lambda)$ 、光電管のスペクトル感度特性 $P_m(\lambda)$ およびレンズなどの透過スペクトル特性 $P_t(\lambda)$ の積として求められる。

結局、Eq. (5) の数値計算からカウンター光学レンズ系幾何条件 γ, β, η およびスペクトル特性 $P(\lambda)$ が与えら

れれば、パルスの大きさ I_p 対粒径 D_p および屈折率 m の関係を求めることができる。数値計算は i_1, i_2 の有効桁数 4 桁、 φ についての積分間隔 Eq. (2) の場合 0.5° Eq. (3) の場合 0.1° 、 θ についての積分間隔 1° として行ない、一方 λ についての積分は等分割数 80 として行なった。 λ の各分割点における積分因子の値はあらかじめ α について 0.1 間隔で計算した値より内挿法で求めた。計算範囲は粒径については 0.1μ から 2.5μ までで 0.05μ 間隔、屈折率については非吸収物質の場合の実数値に限り 1.2 から 1.8 までで 0.1 間隔とした。なお、簡単のため屈折率は入射光波長によって変わらないものとした。

2. 中空円錐入射光型

中空円錐入射光型カウンターのレンズ系の幾何条件としては原理的には $\gamma > \eta > \beta$ の関係を満足する任意の組み合わせを考えることができるが、実際的には入射レンズ開き半角 γ の値および光トラップの余り角 $(\eta - \beta)$ の値に製作技術的な限界があると思われる。中空円錐入射光型カウンターの開発は主として Sinclair^{11,12)} に負う所が多いが、その幾何条件は Hodkinson⁵⁾ によれば $\gamma = 26^\circ$ 、 $\eta = 15^\circ$ 、 $\beta = 6^\circ$ であるとされており、これまでに製作されている同種カウンターの幾何条件のほとんどは $\gamma = 15^\circ \sim 26^\circ$ 、 $\eta - \beta = 3^\circ \sim 9^\circ$ の範囲にある。また、光源には白色 W ランプ (2870°K)、光電管には、RCA 1P-21 が用いられている。

白色 W ランプ (2870°K) 光源および RCA 1P-21 光電管を用いた場合* のカウンターの応答曲線すなわち光電流 I_p 対粒径の直径 D_p および屈折率 m との関係を種々のレンズ系幾何条件について Eq. (2) および (5) より計算し Fig. 2~5 に示した。なお、簡単のため比例係数 K' は 1 としてある。

まず、Fig. 2 に $\gamma = 26^\circ$ 、 $\eta = 15^\circ$ 、 $\beta = 6^\circ$ の場合の応答曲線を示す。 $0.5 \sim 1.5\mu$ の粒径範囲において比例性がきわめて悪く、粒径とパルス高との間に一義的關係すら保たれていないことがわかる。この傾向は粒子の屈折率が大きくなるほど著しい。これはこのレンズ系幾何条件では散乱光の集光角度範囲が狭く 20° 近傍の前方散乱光が支配的になっていることに原因している。

次いで、Fig. 3 に $\gamma = 26^\circ$ 、 $\eta = 15^\circ$ として β をパラメータとした場合、Fig. 4 に $\gamma = 26^\circ$ 、 $\beta = 6^\circ$ として η をパラメータとした場合の応答曲線を $m = 1.595$ について示した。屈折率 1.595 は粒子カウンターの校正実験に最も簡便に使用されるポリスチレン・ラテックス標準粒子に対する値である。集光レンズ開き角および遮光部開き

* この場合のカウンターのスペクトル特性については前報⁶⁾に図示してある。

Fig. 2 Response curves of hollow cone illumination type as I_p vs. D_p with m at $r=26^\circ$, $\eta=15^\circ$ and $\beta=6^\circ$

Fig. 4 Response curves of hollow cone illumination type as I_p vs. D_p with η at $r=26^\circ$, $\beta=6^\circ$ and $m=1.595$

Fig. 3 Response curves of hollow cone illumination type as I_p vs. D_p with β at $r=26^\circ$, $\eta=15^\circ$ and $m=1.595$

Fig. 5 Response curves of hollow cone illumination type as I_p vs. D_p with η at $r=50^\circ$, $\eta-\beta=10^\circ$ and $m=1.595$

角を変えてみても、入射光レンズの開き角をよほど大きくして集光角度範囲を広げない限り、感度が多少変わるだけで比例性はほとんどよくなることが両図よりわかる。

技術的に可能か否かの問題は別として r を 50° 、 $(\eta-\beta)$ を 10° とした場合の応答曲線を η をパラメータとして $m=1.595$ について Fig. 5 に示した。この場合でも比例性は Fig. 3 および 4 に比べればかなりよくなって

いるとはいえ、十分に満足できるものではないことがわかる。

3. 中空円錐集光型

中空円錐集光型 カウンターとしては Bausch & Lomb 40-1 型粒子カウンターがある。Fig. 6 に示すように、同カウンターは集光光学系に放射面反射鏡を用いて集光

Fig. 6 Optical system of Bausch and Lomb dust counter 40-1

P_t : Standard tungsten lamp at 2870°K
 P_m : 1P-28 phototube (S-5 response)

Fig. 7 Spectrum characteristics of 1P-28 phototube and standard tungsten lamp at 2870°K

Fig. 8 Response curves of Bausch & Lomb dust counter 40-1 as I_p vs. D_p with m at $\beta=54^\circ$, $\eta=24^\circ$ and $\gamma=14^\circ$

Fig. 9 Response curves of central dark stop collection type as I_p vs. D_p with η at $\beta=54^\circ$, $\gamma=14^\circ$ and $m=1.595$

開き角を大きくし粒子からの散乱光を十分に広い範囲の角度で集光するように工夫されている⁷⁾。また光電管には 1P-28 (S-5 response)、光源には白色 W ランプが用いられていると言われる。白色 W ランプ光源、1P-28 光電管を用いた場合のカウンターのスペクトル特性を Fig. 7 に示す¹⁴⁾。この場合のカウンターのスペクトル特性は 1P-21 (S-4 response) を用いた場合とあまり大きくは変わらない。なお、レンズなどの透過スペクトル特性はスペクトルによる変動がきわめて小さいことからいずれの場合も無視した。

40-1 型カウンターの幾何条件に近い $\beta=54^\circ$, $\eta=24^\circ$, $\gamma=14^\circ$ の場合について、白色 W ランプ光源、1P-28 光電管を用いた場合のカウンターの応答曲線を Eq. (3) および (5) より計算し Fig. 8 に示した。集光散乱角度範囲を広くとりにくい中空円錐入射光型に比べて前方光散乱カウンターの欠点である比例性の悪さはかなり改善されており、特に粒径 1.5μ 以上においては比例性、屈折率依存性ともかなり良くなっている。しかし 1.0μ 近傍以下になると屈折率の影響が大きくまた比例性も屈折率が大きい場合にかなり悪く一義性すら失われている。

この点を改良する手段として遮光部開き角を大きくして前方散乱光の集光割合を幾分でも減らしてやるのが感度は落ちるが比例性の改善にかなり効果のある様子を、Fig. 9 に $\beta=54^\circ$, $\gamma=14^\circ$ における η をパラメータとした $m=1.595$ に対する応答曲線として示した。さらに、感度の低下を防ぐには入射光レンズ開き角を大きくすればよいことから、Fig. 10 に $\beta=54^\circ$, $\gamma=18^\circ$ とし

Fig. 10 Response curves of central dark stop collection type as I_p vs. D_p with η at $\beta=54^\circ$, $\gamma=18^\circ$ and $m=1.595$

Fig. 12 Response curves of central dark stop collection type as I_p vs. D_p with m at $\beta=54^\circ$, $\gamma=40^\circ$ and $\gamma=14^\circ$

Fig. 11 Response curves of central dark stop collection type as I_p vs. D_p with γ at $\beta=54^\circ$, $\gamma=24^\circ$ and $m=1.595$

Fig. 13 Response curves of central dark stop collection type as I_p vs. D_p with m at $\beta=54^\circ$, $\gamma=40^\circ$ and $\gamma=18^\circ$

た場合の η についての応答曲線も示した。同じ η の値に対しては、 γ は大きい方が比例性にあまり変わらなく感度を高め得るものであることがわかる。この傾向を直接示すために Fig. 11 に $\beta=54^\circ$, $\gamma=24^\circ$ とした場合の γ をパラメータとした応答曲線を示した。 β , η 一定のもとでは γ は比例性にほとんど影響しないことがわかる。

集光開き半角 β の値は当然大きいことが感度、比例性のいずれの点からも望まれるわけであるが、40-1 型の値

$\beta=54^\circ$ はかなり大きい値であり、これ以上大きい値を考えることは技術的な意味から問題があるのでここでは行なわない。

40-1 型に比べて感度では若干落ちるが、比例性および屈折率依存性ともに幾分よくなるものとして幾何条件 $\beta=54^\circ$, $\gamma=40^\circ$, $\gamma=14^\circ$ および $\beta=54^\circ$, $\eta=40^\circ$, $\gamma=18^\circ$ の場合の応答曲線を Fig. 12, 13 に示す。

結 言

前方光散乱粒子カウンターの応答パルスの大きさと煙霧体粒子の粒径および屈折率との理論的關係を種々の光学系幾何条件について求め、カウンターの感度、比例性および屈折率依存性とそれら幾何条件の關係を考察した。

一般的に前方光散乱カウンターは応答曲線の比例性に難点があり、特に散乱光集光角度が 20° 近傍を中心としてあまり広くとれない中空円錐入射光型において比例性はきわめて悪く、光学系幾何条件を多少変えてもその改善にはほとんど役立たないことを明らかにした。

一方、中空円錐集光型は散乱光集光角度を 40° 近傍を中心としてかなり広い範囲でとるように工夫されており、粒径 1.5μ 以上において比例性はきわめて良くなっているが、 1μ 以下においてはかなり悪く、光学系幾何条件を変えることにより若干の改善の可能性はあるとはいえ、やはりサブマイクロン粒子の粒径測定には問題のあることを明らかにした。

【付記】 本報文中の計算は東京大学大型計算機センターの HITAC 5020 および京都大学原子炉実験所の OKITAC 5090 によった。

Nomenclature

D_p = diameter of spherical particle	$[\mu]$	phototube	[—]
I = intensity of scattering light	$[\text{watt}/\text{m}^2]$	$P_t(\lambda)$ = spectrum transmittance of lens	[—]
I_0 = intensity of incident natural light	$[\text{watt}/\text{m}^2]$	r = distance from center of spherical particle	$[\mu]$
I_c = scattering light flux collected by collecting aperture	$[\text{watt}]$	α = particle size parameter, $\pi D_p/\lambda$	[—]
I_p = photocurrent or pulse height of counter	[relative]	β = semiangle of collecting aperture	$[\circ]$
i_1, i_2 = intensity functions of scattering light vertically and horizontally polarized	[—]	γ = semiangle of projecting aperture	$[\circ]$
K, K' = constants		η = semiangle of light trap aperture	$[\circ]$
m = refractive index	[—]	θ = scattering angle measured from direction of propagation of incident light	$[\circ]$
$P(\lambda)$ = spectrum characteristics of counter	[—]	λ = wavelength of incident light	$[\mu]$
$P_l(\lambda)$ = spectrum characteristics of light source	[—]	ϕ = angle	$[\circ]$
$P_m(\lambda)$ = spectrum sensitivity characteristics of		ω = fraction of scattering light at angle θ collected by collecting aperture	[—]

Literature cited

- 1) Clarenburg, L. A. und Princen, L. H.: *Staub*, **23**, 234 (1963)
- 2) Gucker, F. T. and ÓKonski, C. T.: *Chem. Rev.*, **44**, 373 (1949)
- 3) Gucker, F. T. and Rose, D. G.: *Brit. J. Appl. Phys. Suppl.*, **3**, 138 (1954)
- 4) Gucker, F. T. and Rose, D. G.: *Proc. 3rd Natl. Air Pollut. Symp.*, 120, Pasadena, Calif. (1955)
- 5) Hodgkinson, J. R. and Greenfield, J. R.: *Appl. Optics*, **4**, 1463 (1965)
- 6) Kanagawa, A.: *Kagaku Kōgaku*, **34**, 521 (1970)
- 7) Martens, A. E. and Keller, J. D.: *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, **29**, 257 ('68)
- 8) Martens, A. E. and Fuss, K. H.: *Staub Reinhalt. Luft*, **28**, 229 ('68)
- 9) Mie, G.: *Ann. Phys.*, **25**, 377 (1908)
- 10) Quenzel, H.: *Appl. Optics*, **8**, 165 (1969)
- 11) Sinclair, D.: *Air Repair*, **3**, 51 (1953)
- 12) Sinclair, D.: *J. Air Pollut. Contr. Assoc.*, **17**, 105 (1967)
- 13) Van der Hulst, H. C.: *Light Scattering by Small Particles*, John Wiley (1957)
- 14) RCA Electron Tube Handbook HB-3 Photosensitive Device Section

高圧における気液平衡 — $\text{N}_2\text{-CO}_2$, $\text{H}_2\text{-CO}_2$ 系— (頼
東正弘・吉村尚真・舛岡弘勝, 化学工学, 34, 953~957
(1970)) 蒸気循環法により不可視式平衡セルを用いた気液平
衡測定装置を開発し, 0°C で $\text{N}_2\text{-CO}_2$, $\text{H}_2\text{-CO}_2$ 系について臨界
点付近の気液平衡関係を測定した。すなわちステンレスのパイプ
で平衡セルを製作し, セル内の液面は, 浮子に永久磁石を貼りつけ
たものを気液の界面近くに浮かせ, 平衡セルの外部に設置したコイ
ルを用いて電気的に検知した。推算は BWR 法により一般化法で
BWR 定数を求めて行なった。この方法は固有定数が得られない場
合にも有用な方法であることを確認した。

気泡塔における流動の研究 (宮内照勝・徐嘉男, 化学工
学, 34, 958~964 (1970)) $D_T=10\text{cm}$ の気泡塔において,
サンプリング法により半径方向ガスのホールドアップ分布と液循環
速度を測定した。ガスのホールドアップ分布による密度差が循環流
の推進力になると考えて, 半径方向乱流粘度が一定になると壁付近
は層流状態の仮定のもとで, 流動方程式を解き, 循環速度分布を
提出した。
実験値により, 混相乱流粘度を規定し, これに基づいて, 液循環
流を計算した。文献値を用いて, 乱流粘度と速度分布についての塔
径への影響を考察した。

直交流冷水塔における総括エンタルピー容量係数の算出
法 (林 良茂・平井英二, 化学工学, 34, 965~971 (1970))
本報告は, 空気飽和エンタルピーを温度の 1 次式によって近似し,
直交流熱交換器の理論を適用して, 直交流冷水塔の総括エンタル
ピー移動容量係数を求める 2 つの解析方法を提案した。そして, これ
ら 2 つの方法による計算値と内田によって報告されている図式解法
による値とを比較検討した。その結果, 本報で示した方法が, ほぼ
妥当であることを見いだした。また, 直交流冷水塔の総括エンタル
ピー移動容量係数は, 本法によれば, 比較的簡単に求められること
が明らかになった。

成型多孔質固体内における物質移動に関する実験的研究
—シリカ・アルミナ触媒内・各種浸漬液の乾燥速度—
(笠岡成光・新田邦昭・阪田祐作・村尾匠昭, 化学工学,
34, 972~978 (1970)) 多孔質の成型シリカ・アルミナ内に
浸漬をさせた各種のアルコール類, 炭化水素類, 水, 四塩化炭素な
どの液体物質の乾燥速度を, 蒸気圧の小さい低温 ($25\sim 70^\circ\text{C}$) かつ,
外部抵抗の無視できる空気流速下で, 熱天秤を用いて追跡した。そ
の結果, 乾燥速度データは巨視的ではあるが, 水の乾燥の場合を除
いては, 有効拡散係数 (D_e) を一定とする非定常拡散則で解析で
きることが示された。さらに併せて, 細孔構造特性を簡易に推定す
るための D_e の評価が当手法によって可能であることを示した。

修正 θ 法について (斉藤日出雄・山田幾穂・杉江日出澄,
化学工学, 34, 978~984 (1970)) Lyster による θ 法は
多成分系蒸留の操作問題の解決にしばしば応用されてきたことはよ
く知られているが, この方法は, 補正係数 α を用いて, 広瀬および
共同研究者によって最近非理想系へ発展した。

本報では, 筆者らは, θ 法の収束過程を幾何学的に考察し, 非理
想性が基因する収束の不確かさに対する理由を示し, 収束解をうる
ために Regula-Falsi 法を適用した修正 θ 法を提示した。そして,
本法は他の方法より少ないくり返し回数で収束解をみた。

粉塵負荷を伴う乾式汙布フィルターの捕集効率 (木村典
夫・白戸紋平, 化学工学, 34, 984~990 (1970)) 汉布
式フィルターは一般に粉塵負荷の高い状態で用いられており, 汉布
の捕集効率に及ぼす粉塵負荷の影響は重要である。本報においては,
粉塵負荷による単一繊維あたりの効率増加 $\Delta\eta_e$ を実験的に決定し,
汉過時間などの関数として無次元式にまとめた。なお, 片面起
毛汉布において, 粉塵の汉過面を無起毛側とすれば, 起毛側で粉塵
を分離する場合より捕集効率はよく, また, 汉布組織は朱子織ある
いは 2/3 あや織汉布の捕集効率がよい。

前方光散乱粒子カウンターの応答計算 (金川 昭, 化学
工学, 34, 991~996 (1970)) 煙霧体粒子の前方散乱光を
光電管に個々に受けて計数する前方光散乱粒子カウンターについて,
理論的な応答パルスの大きさと煙霧体粒子の粒径および屈折率との
関係を種々の光学レンズ系幾何条件において求め, カウンターの感
度, 比例性および屈折率依存性に対する幾何条件の影響を考察した。
結論的に前方光散乱粒子カウンターは比例性に難点があり, 特にサ
ブミクロン粒子の粒径測定には問題のあることを明らかにした。

側方光散乱粒子カウンターの改良 —光学レンズ系幾何
条件の改善 (横地 明・金川 昭, 化学工学, 34, 997~
1001 (1970)) 光軸交角 $60^\circ, 70^\circ, 80^\circ, 90^\circ$ の 4 種の側方光散
乱粒子カウンターについて発生パルス高と粒径との関係をポリスチ
レンラテックス煙霧体粒子を用いて実験的に求め, 側方型カウンタ
ーの感度, 比例性, 可測最小粒径についての検討を理論的關係と比
較して行った。その結果, 60° カウンターが理論から期待された通
りもっともすぐれた特性を示すことを明らかにした。

<化学工学データ>

酢酸+水+テトラクロロエチレン系および酢酸+水+四
塩化炭素系の液液平衡 (井口昭洋・布施憲司, 化学工学,
34, 1001~1005 (1970)) 酢酸+水+テトラクロロエチレン
または四塩化炭素との系の 25°C の液液平衡を測定し, 溶解度曲線
とタイラインのデータを得た。プレイトポイントを

$$\log x_w : (y_w - x_w) / x_w$$

の相関関係を利用して求めた。低濃度範囲に対しては

$$\log \frac{y_w}{1-y_w} : \log \frac{x_w}{1-x_w}$$

の關係が成り立つ。ここで, x_w は塩化炭化水素相内の酢酸重量分
率で, y_w は水相内の酸の重量分率である。

溶解度曲線を求める白濁法について検討した。酢酸+水+塩化炭
化水素の系では, 塩化炭化水素の約 20wt% 以下または 80wt% 以
上では相の分離が見られる。これは平衡状態にある両相の密度差お
よび界面張力によるものと思われる。

<寄書>

単粒子破砕面の走査電子顕微鏡による観察 (八嶋三郎・
神田良照・諸橋昭一, 化学工学, 34, 1006 (1970))
球形単粒子を圧縮破砕してその破断面を観察し, 1) ガラス質試料
の試験片では破断面が断こん状をなし, 2) へき開性のない天然産
試料試験片の破断面は不規則で, 3) へき開性を有する天然産試料
の試験片ではへき開面に沿って破壊しているのが認められた。

Improvement in Sideways Light Scattering Particle Counter—Rearrangement of Optical Lens Geometry—, A. Yokochi and A. Kanagawa (Kyoto Univ.)

Kagaku Kōgaku, **34**, 997~1001 (1970)

The characteristics of the sideways light scattering aerosol particle counter has been improved by rearrangement of the optical lens geometry to receive more forward angle scattering light. Four counters with different optical lens geometry, employing respectively 60°, 70°, 80° and 90° mean scattering angle, have been constructed, and the calibration of these counters has been performed with uniform size polystyrene latex spheres.

The photo electrical pulses from a phototube are measured and counted automatically with the multichannel pulse height analysing technique, which is utilized widely in the field of nuclear science. The experimental values of counter responses are in good agreement with theoretical responses calculated by Mie theory of light scattering by transparent spherical particles.

As a result of theoretical and experimental studies on sideways counter, it has been found that the 60° counter has the most excellent characteristics among the test counters. The sensitivity of the 60° counter is three fold higher than that of the 90° counter, and there is little difference in the linearity of both counters.

Liquid-liquid Equilibria of the System Acetic acid+Water+Tetrachloroethylene and Acetic acid+Water+Carbon tetrachloride, Akihiro Iguchi (Musashi Inst. of Tech.) and Kensi Fuse (Tokyo Inst. of Tech.)

Kagaku Kōgaku, **34**, 1001~1005 (1970)

Solubility curve and tie-lines were determined for the systems acetic acid+water+tetrachloroethylene and acetic acid+water+carbon tetrachloride at 25°C.

The concentration of acetic acid at plait point was obtained from extrapolation of the following correlation line,

$$\log x_w \text{ vs. } (y_w - x_w)/x_w$$

where x_w is acetic acid concentration (wt. fraction) in organic layer and y_w is acid concentration (wt. fraction) in water layer.

The data for lower concentration region were well correlated by Hirata's plots,

$$\log y_w/(1-y_w) \text{ vs. } \log x_w/(1-x_w)$$

For the acetic acid+water+chlorinated hydrocarbon systems, cloudy states did not appeared and phases were separated below nearly 20 wt % or above nearly 80 wt % of chlorinated hydrocarbons, perhaps, due to the difference of densities and interfacial tension of water- and organic phases.

Observation of Fracture Surface of Crushed Particle by Scanning Electron Microscope, S. Yashima, Y. Kanda and S. Morohashi (Yamagata Univ.)

Kagaku Kōgaku, **34**, 1006 (1970)

By the observation of fracture surfaces of single spherical particles we obtained the following results, 1) the fracture surfaces of specimens of glassy materials were mainly of conchoidal structure, 2) the status of fracture surface of mineral specimens having incomplete cleavage was quite irregular and 3) the specimens of minerals having complete cleavage were fractured along to their cleavage plane.

On the Modified θ Method, Hideo Saito, Ikuho Yamada and Hidezumi Sugie (Nagoya Inst. of Tech.)

Kagaku Kōgaku, **34**, 978~984 (1970)

It has been wellknown that the θ method by Lyster has often applied to solve the operational problem of multi-component distillation. This method, using the correction parameter z , has been recently developed to non-ideal systems by Hirose and his coworker.

Discussing the convergence process of θ method by the geometrical consideration, the authors have shown the reason for the inconsistency of convergence depending on the nonideality, and have proposed the modified θ method by means of "Regula-Falsi" method to obtain the converged solution, which requires less iteration number than other method.

Collection Efficiency of Dry Cloth-Filters with Dust Loading, Norio Kimura and Mompei Shirato (Nagoya Univ.)

Kagaku Kōgaku, **34**, 984~990 (1970)

Dry cloth filters are commonly used under heavy dust loading conditions, and it is essentially of practical importance to estimate the effects of dust loading on the collection efficiency of filters. In this report, the increment $\Delta\eta$ of collection efficiency of a single thread due to dust loading is obtained experimentally, and an empirical formula for collection efficiency is presented in terms of the operating conditions and the characteristics of filter cloth and dusts.

It becomes experimentally evident that one-side napped cloth should be used under the condition of the napped surface downstreams because of its higher efficiency. Fabric structures of sateen and 2/3 twill are excellent in both of collection efficiency and pressure drop.

Response Calculations for Forward Light Scattering Aerosol Particle Counters, A. Kanagawa (Kyoto Univ.)

Kagaku Kōgaku, **34**, 991~996 (1970)

The response curves of the forward light scattering aerosol particle counter have been obtained with various optical geometries in both the hollow cone illumination type and the central dark stop collection type.

The response to be expected from spherical transparent particles have been calculated from Mie theory and Gucker-Hodkinson equation, taking into account the spectrum characteristics of the light source and the phototube. And, the influence of the counter optical geometry on the counter performances, such as the sensitivity, the linearity and the dependency on the refractive index of the aerosol particle, has been discussed.

It has been pointed out that the forward light scattering counter might not be suitable to determine the aerosol particle size in submicron range.

Vapor-Liquid Equilibrium at High Pressure— N_2 - CO_2 , H_2 - CO_2 System, M. Yorizane, S. Yoshimura and H. Masuoka (Univ. of Hiroshima)

Kagaku Kōgaku, **34**, 953~957 (1970)

An experimental apparatus was developed for measuring the relations of vapor-liquid equilibria at high pressure by vapor circulating method. A special feature of the apparatus was the equilibrium cell. The liquid surface in the equilibrium cell was detected with floating magnetic needle coupled with outside coils. Vapor-liquid equilibrium data for hydrogen-carbon dioxide system at 0°C were obtained by the apparatus up to 370 atm. and the data of nitrogen-carbon dioxide system at 0°C were also obtained. Estimation of the vapor-liquid equilibrium was carried out by the BWR method using generalized constants. The results of calculation were not so good. But it was ascertained that the method is useful when the BWR constants are not available.

Flow of Fluid in Gas-Bubble Columns, Terukatsu Miyauchi and Chia-Nan Shyu (Univ. of Tokyo)

Kagaku Kōgaku, **34**, 957~964 (1970)

The radial distribution of gas hold up and the circulations of liquid were measured by a sampling method in a gas-bubble column of 10 cm diameter.

A theory of circulation is presented, which assumes a dual structure of turbulent core flow and a laminar wall sublayer.

Experimental results are used in the theory to calculate the effective turbulent viscosity in the column. Some other data are discussed by the theory to show the effect of column diameter on the viscosity and the liquid circulation.

The Calculation of Over-all Volumetric Enthalpy Transfer Coefficient in Cross-flow Cooling Towers, Y. Hayashi and E. Hirai (Kanazawa Univ.)

Kagaku Kōgaku, **34**, 965~971 (1970)

This paper proposes two analytical methods to obtain the over-all volumetric enthalpy transfer coefficients in cross-flow cooling towers with the idea of cross-flow heat exchangers, assuming that the actual saturated enthalpy of the air can be numerically determined as the first degree in temperature and the numerical values calculated by these two methods is compared with the values of the graphical method reported by Uchida.

As the result, authors find that the methods reported in this paper are considerably reasonable and further it becomes clear that the numerical values of over-all volumetric enthalpy transfer coefficient for cross-flow cooling towers can be calculated more easily by these two methods than by the past methods.

Experimental Study on Mass Transfer within Pressed Shaped Porous Solid—Drying Rate of Various Liquids Contained in Silica-alumina Catalyst—, Shigeaki Kasaoka, Kuniaki Nitta, Yusaku Sakata and Nariaki Murao (Okayama Univ.)

Kagaku Kōgaku, **34**, 972~978 (1970)

An experimental investigation of the Fick model for diffusion has been made of a liquid phase transfer within porous solids of different shape-sizes.

The respective speci of alcohols, hydrocarbons, water and carbon tetrachloride was impregnated and contained uniformly in the pores of cylindrical or ring type silica-aluminas.

The transfer (drying) rates were measured using the thermobalance in constant air flow and low temperature (25 to 70°C), under which the vapor pressure was markedly low and the external mass transfer resistance was almost negligible.

It was confirmed that these rates obey the unsteady state diffusion model macroscopically under constant overall effective diffusivity, D_e except for the case of water transfer, and that this procedure is simple and accurate for the estimation of D_e , the characteristics of pore structures.