

超遠心機による分子量測定

須藤 卓郎* 黒崎 重彦*

Molecular Weight Measurement of the Ultracentrifuge

By Takurō Sudō and Shigehiko Kurosaki

Central Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Abstract

Although it is well known that the ultracentrifuge affords a most effective means for the study of various polymers, Japan lags far behind other countries in Europe and America in its development. Accordingly the reports of the researches have scarcely been found till recent years.

The writers have recently made researches on the application of the ultracentrifuge using the instrument newly developed by the Hitachi Central Research Laboratory. And as a result of the studies, measurements of sedimentation constant of more than 1 Svedberg's unit were made possible under the centrifugal force of more than $100,000 \times g$.

In this paper, the measuring method of molecular weight of polymers by means of the ultracentrifuge is introduced with some results of practical measurements.

〔I〕 緒 言

高分子の研究手段として、超遠心機がすぐれた特長を有することは、既によく知られている処である。然るに遺憾ながら我国に於ては、装置に関する研究が甚だ立ちおくれていたために、極く最近までこの方面の研究は皆無に近い状態であつた。最近に至つて、日立製作所中央研究所に於けるこの種装置の研究が進行し、 $100,000 g$ 以上の遠心力のもとで、1 S 程度以上のものについて、沈降定数の測定が可能となり、高分子研究への応用の道が開かれるに至つた。本報告では分子量の測定法を中心として、主として実際的事項に就いて記述し、尙二三の測定結果を報告する。この方面の研究に多少なりとも参考になれば幸である。

〔II〕 沈降拡散に関する理論の大要⁽¹⁾⁽²⁾

(1) 沈降速度法による分子量の決定

今回転の角速度を ω とし、回転軸から r の距離にある溶質粒子に作用する遠心力が、粒子の溶媒から受ける摩擦力 $f \cdot dr/dt$ とつり合うものとして次式が得られる。

$$f = \frac{M(1 - V\rho_0)}{NS} \dots\dots\dots (1)$$

ここに f は粒子の摩擦定数、 M は分子量、 V は粒子の比容、 ρ_0 は溶媒の密度、 N はアヴォガドロ数である。

S は

$$S = \frac{dr/dt}{\omega^2 r} \dots\dots\dots (2)$$

で定義される時間の次元をもつ量で、沈降定数と呼ばれている。その物理的意味は、単位の遠心力が作用した場合の沈降速度に他ならず、通常 10^{-13} を単位として表わす習慣である。

又一方稀薄溶液に対しては

$$D = \frac{kT}{Nf} \dots\dots\dots (3)$$

なる関係が成立する。ここに D は拡散定数、 k はボルツマンの定数、 T は絶対温度である。(1)(3) 両式から次式が導かれ、 S 及び D が測定出来れば、分子の形状に無関係に分子量が求められる訳である。

$$M = \frac{RTS}{D(1 - V\rho_0)} \dots\dots\dots (4)$$

S は後述する如く、超遠心機によつてメニスカスの移動速度 dr/dt から実測出来るわけで、このように沈降定数を測定して分子量を求める方法を沈降速度法という。

又沈降に伴つて生ずる溶液と溶媒との境界面附近に於ては、沈降現象と同時に拡散現象が存在する。拡散によ

* 日立製作所中央研究所

る濃度分布は周知の如く次式で表現出来る。

$$C = \frac{1}{2} C_0 \left[1 - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\xi} e^{-\xi^2} d\xi \right] \dots\dots\dots (5)$$

但し $\xi = \frac{x}{\sqrt{4Dt}} \dots\dots\dots (6)$

この式に於て、各粒子が沈降現象を伴うとすれば、 $x=0$ の点は、時間と共に超遠心機ローターの半径線上を外方に移動し、その運動の様子は(2)式で律せられる。又 C_0 に相当する初期濃度も、沈降が進むにつれて変化して行くので、これらを考慮に入れて書き直せば、沈降拡散による濃度の時間的変化及び濃度分布は次式によつて表わされる。

$$C = \frac{1}{2} C_1 \left[1 - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\xi} e^{-\xi^2} d\xi \right] \dots\dots\dots (7)$$

$$C_1 = C_0 e^{-2\omega^2 st} \dots\dots\dots (8)$$

$$\xi = \frac{r_0 e^{\omega^2 st} - r}{\sqrt{4Dt}} \dots\dots\dots (9)$$

従つてメニスカスの移動速度から S が判り、又その界面のくずれ方から D が求められるので、超遠心機に附屬した光学系によつて、濃度分布を代表する沈降図形が得られれば、その時間変化から S と D 、従つて M が求められる筈である。

以上は溶質粒子が分子量及び形状に関して均一であると仮定し、且つ分子相互間の作用を無視した場合であつて、実際には後述する如く、事柄はそれ程簡単ではない。

(2) 沈降平衡法

超遠心機を十分長時間連続運転し、遠心力による溶質の沈降 $S\omega^2 rC$ と、拡散による溶質の逆向流れ $D \cdot dc/dr$ が釣り合うに至ると、も早や濃度分布は時間に無関係になつて平衡に達する。その際は容易に次式が導かれる。

$$M = \frac{2RT \log C_2/C_1}{(1 - V\rho_0)\omega^2(r_2^2 - r_1^2)} \dots\dots\dots (10)$$

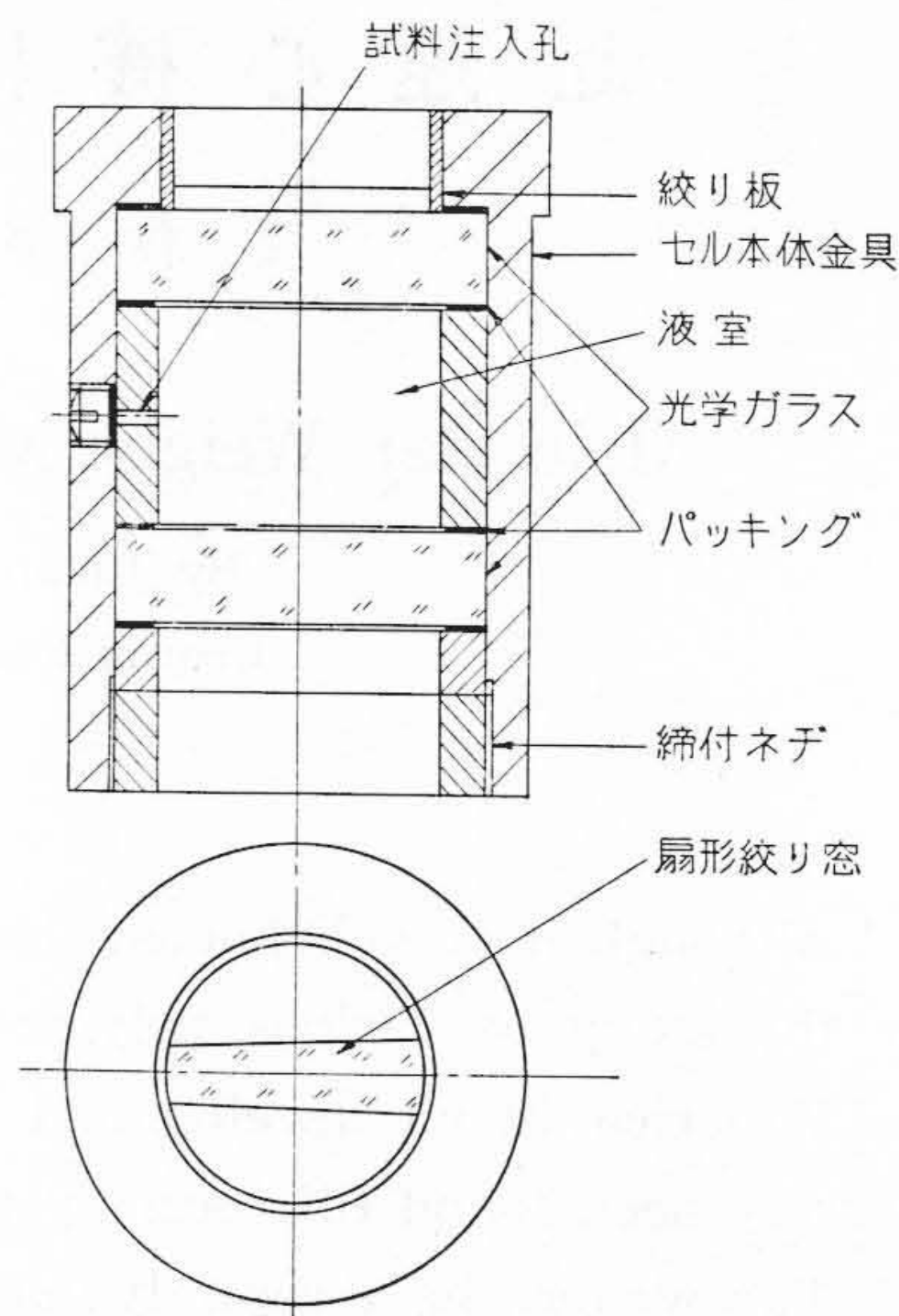
即ち任意の二点 r_1, r_2 の濃度比を求めて M を算出することが出来る。この方法は沈降平衡法と呼ばれるものであるが、一般には平衡に達するまでに長時間を必要とするのであまり行われないうが、例えば数千程度の極く低い分子量の測定に用いて有利である。

〔III〕 沈降定数の測定法

(1) 測定装置の説明⁽³⁾

a. セルの構造 超遠心機全体の構成に関する説明は他の機会に譲り、測定に必要な部分のみの説明に止める。

先ず測定に用いられるコマ形ローターに装着せられる試料用セルの構造は第1図に示す如き形をしている。溶質粒子の対流を防止するために扇形の孔を穿つた液室の両面は、薄く且つ一様の厚みを有するパッキングを介し

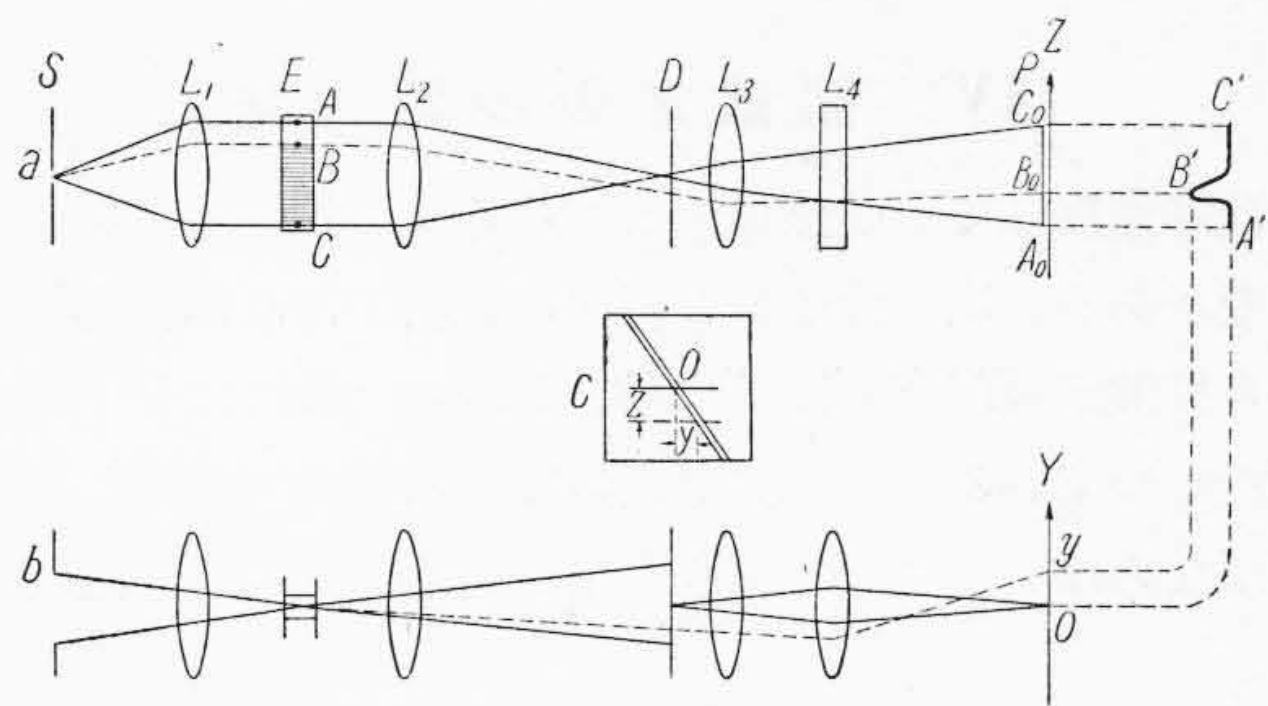


第1図 セルの構造

Fig. 1. Construction of the Cell

て、二枚の光学ガラスで密着され、それら全体がセル本体金具の内部に強く締付けられる。試料溶液はセル本体から液室に貫通している注入孔を通じて、注射針によつて注入される。ローターが数万回の高速で回転すると、液室の底部にかかる液圧は、100~300 気圧に達するので、パッキングを通じて、或は液室を構成する材料に欠陥がある場合はそれを貫通して測定中の溶液が漏洩し、測定不能になることがまゝある。セルの分解組立は細心の注意を以てなされねばならぬ。又セルの上部には液室よりやや小さめの、正確に加工された扇形窓を有する絞り金具を設け、光の通路を規正する。絞り窓の大きさは長さ 15 mm, 中心部の横巾 3 mm で、セルがローターに装着された場合は、回転中心から 65 mm にセルの中心が位置するようになっている。

b. 測定用光学系について セル中の沈降物質の濃度分布とその時間的変化を写真に記録するための光学系としては、大別して吸収法と屈折法の二方法がある。我々の場合は、屈折法のうちでも直視型ともいふべき円筒レンズ法を用いているので、その原理について説明を加える。第2図に示した原理図について説明すれば、先づ S は沈降方向に直角な直線スリットで、これを出た光はコリメーティングレンズ L_1 及びヴィウインレンズ L_2 によつて、ダイアゴナルスリット D 上に結像する。 D の細隙を通過した光はカメラレンズ L_3 及び円筒レンズ L_4 を経て、乾板 P 上に達するが、その際 L_3 はセル E の像を、 L_4 はダイアゴナルスリット D の像をそれぞれ乾板上に結像するように調整してある。



第2図 測定用光学系構成図

Fig. 2. Skeleton Diagram of Optical System

さて立面図 a について、セル E 中の屈折率が一様であるとすれば、乾板上には一本の棒状の像となるが、沈降によつて屈折率勾配が生ずると、その点 B を通過した光は、屈折率勾配に比例して下方にまげられ、D 上の第一スリット S の像は、c 図に示す如く本来の像位置よりも、Z だけ下つた位置に結像される。ところが D のスリットは或る角度だけ傾けられてあるため、左方へぬける光は中心から Y だけずれた位置を通過して行くので、平面図 b に見る如く、その光は円筒レンズ L_4 の作用により、乾板上で中心よりも y だけずれた位置に達する。即ち屈折率勾配の程度は、乾板上に於ては Y 軸の座標によつて示されることになる。又一方 a 図に於いて、B を通過した光が乾板の Z 座標上のどの点に来るかについては、この場合は円筒レンズの作用を受けずに L_3 の作用のみに関するが故に、セル中の B 点の位置に対応した B_0 点に来る。従つて乾板上に見られる綜合図形は $A'-B'-C'$ の如きものとなる。

結局乾板上の Z 軸は液の位置 ABC に比例し、又 Y 座標は屈折率勾配 dn/dx の大いさに比例する。よつて濃度勾配と屈折率勾配とが相似なものであるとすれば、乾板上の像は濃度勾配 dc/dx を代表するものと看做してよい。

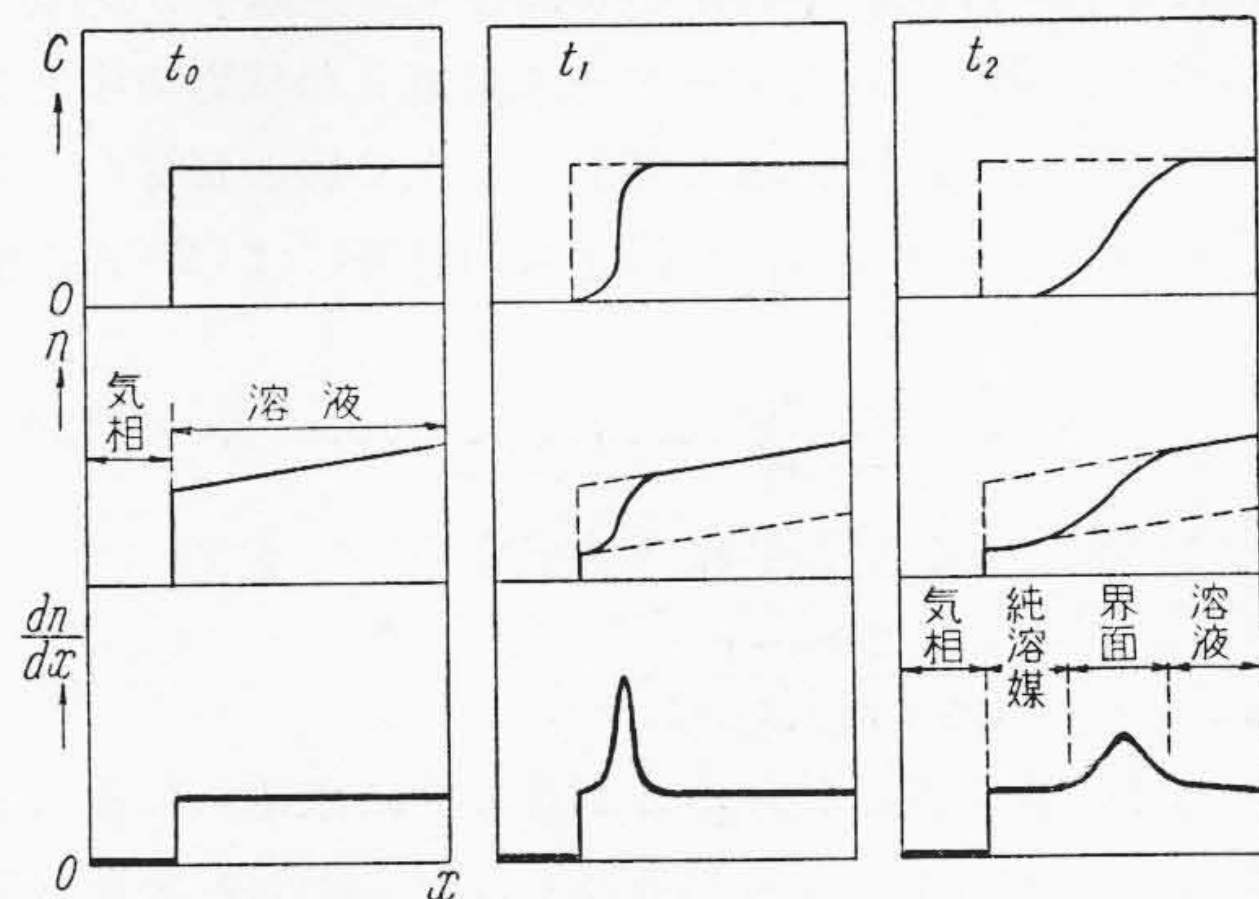
尙上記の原理に基づいて実際に撮影を行う場合は、勿論ローターの回転中に行うわけであつて、ローターは極めて静かに回転していることが絶対に必要である。又第一スリット S の細隙を通過する光は、更にローターの回転のために、その 0.75% が利用出来るに過ぎない。従つて光源には高輝度のものが要求せられ、現在は超高压水銀灯が使用せられているが、それでも尙感光時間は数十秒を要する程度である。

(2) 沈降図形の説明

セルの液室が扇形をしているため、界面が r_0 から r_1 に移るとその濃度は

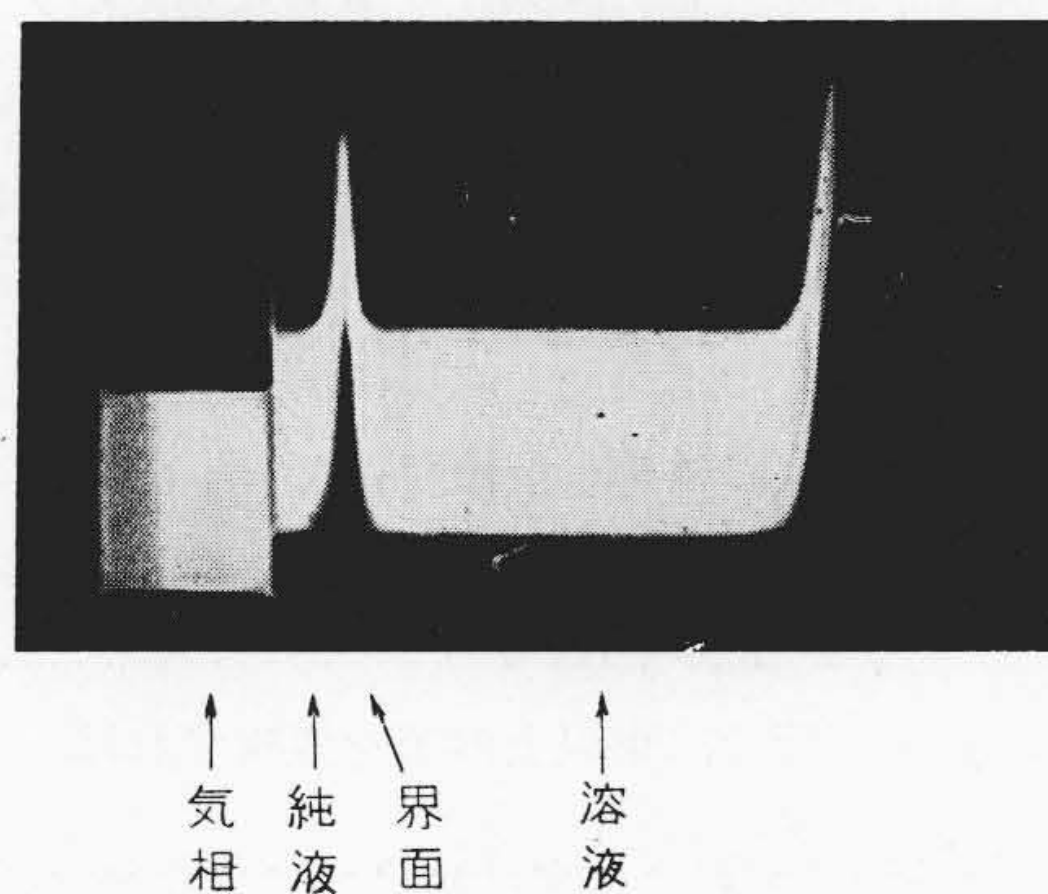
$$Cr = C_0(r_0/r)^2 \dots\dots\dots (11)$$

に従つて C_0 より C_r に変化する。沈降が進んで r が



第3図 沈降拡散の説明図

Fig. 3. Principle of Sedimentation and Diffusion



第4図 沈降図形

Fig. 4. Pattern of Sedimentation

大になると濃度が減少し、濃度依存性のために一般には S が増大する傾向にある。このことは或る試料を測定する場合、セル中の界面の位置によつて沈降定数が変化することで、その程度は普通観測に表われて来る程である。又溶液中の或る点の濃度の時間変化も従つて前掲(8)式の通りとなるが、この影響は通常殆ど無視出来る程度である。これらの点を考慮すれば、沈降拡散に伴うセル中の濃度分布は第3図上列に掲げた経過をとつて変化すると見てよい。

次に屈折率分布について考えれば、強大な遠心力のために溶媒は液室の底部に近づく程大なる圧縮を受け、従つて溶媒それ自体の屈折率もセル中では直線的に変化する。結局濃度分布に基づく屈折率分布がそれに相加わるため、図中中列に示す如き分布をとることになる。従つて乾板上に結像されたものは図中下段に示す如き経過となる。第4図は実際に得られたものの一例である。

(3) 沈降図形から沈降定数の算出法

乾板上の像について、基線の回転中心に近い一端より、沈降のメニスカスまでの距離を各時間毎の像について実測し、光学系の拡大率で除して実距離を算出する。沈降

定数の計算には回転中心から界面までの距離 r が必要であるので、別にセルをローターに装着した状態で中心から絞り窓までの最短距離を実測して上の値と加算し、各時間毎の r を算出する。沈降定数の計算には (2) 式を積分して

$$S = \frac{\log(r_2/r_1)}{(t_2 - t_1)\omega^2} \dots \dots \dots (12)$$

で与えられるが、近似的には次式を用いてもよい。

$$S = \frac{2(r_2 - r_1)}{(r_2 + r_1)(t_2 - t_1)\omega^2} \dots \dots \dots (13)$$

かくして、各位置に於ける S が各独立に求められることになるが、この式からも判る通り、測定中回転数を一定に保持することが測定精度を上げる上にも重要である。

(4) 沈降定数の濃度依存性

前述の通り沈降が進むにつれて濃度減少が起るので、(13) 式によつて得られる値は、セルの外方へ行くに従つて多少増加する傾向にある。このことは濃度が大になると溶質分子の相互作用のために S が小さくなることを表わしている。一般には濃度を次第に減少させつゝ S の値を測定し、濃度零に外挿した値を以て S_0 とすべきである。鎖状高分子では $C \rightarrow 0$ の f の値を f_0 とすれば

$$f = f_0(1 + k_s C + K_s' C^2 + \dots) \dots \dots \dots (14)$$

となり、稀薄溶液で二乗以上の項を無視すれば

$$S = \frac{S_0}{1 + k_s C} \dots \dots \dots (15)$$

なる関係が成立することが経験的に知られている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。即ち $1/S$ と濃度 C との間には直線関係が成立し、 S_0 は $1/S - C$ の直線グラフを $C \rightarrow 0$ に外挿した時の $1/S$ 値から求められる。

何れにしても超遠心機では、液柱の各位置によつて圧力が異なり、従つて f も変化するので、観測された S を定数とすることは、厳密な意味では問題がある。

(5) 沈降定数に対する温度補正

S は一般に又温度の上昇と共に大きくなる。従つて分子量を決定するには、 S を或る標準温度に換算する必要がある。通常 20°C が標準にとられ、この時の換算式は次の通りである。

$$S_{20} = \frac{\eta_t(1/V - \rho_{20})}{\eta_{20}(1/V - \rho_t)} \times S_t \dots \dots \dots (16)$$

ここに S_t , η_t , ρ_t は、それぞれ温度 t に於ける沈降定数、粘度並びに溶媒の比重である。温度による S の変化はかなり大きく、例えばポリスチレンのベンゼン溶液では 1°C の温度差で 3.5% 程度変化する。従つて測定中セルの温度を測定することは正確を期する上からも重要であるが、回転中に温度を測定することは非常に困難である。現状では運転前後のローター室内の温度を測定しているが、ローター室は真空になつていたので、両者の差は $2 \sim 3^\circ\text{C}$ 程度である。

〔IV〕 拡散定数の測定法

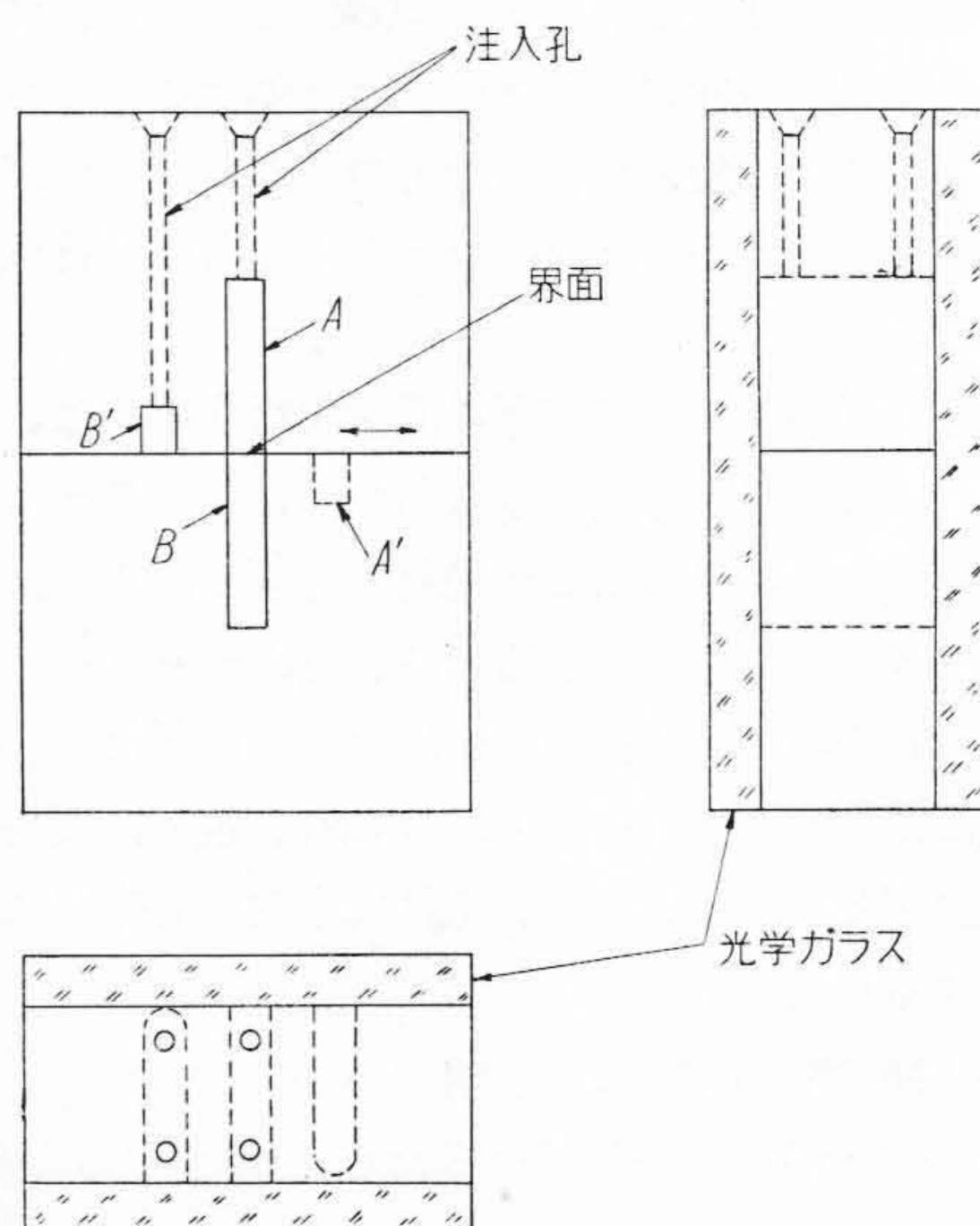
沈降速度法で分子量を決定する際には拡散定数を知る必要がある。均一分子量を有する試料であれば沈降図形から拡散定数が直ちに求められるが、一般には分子量分布をもっているもので、拡散定数は別な方法で測定しなければならない。こゝで我々の用いた方法について説明する。

(1) 測定装置⁽⁶⁾

新たにノイラート型のセルを製作し、日立チゼリウス装置の恒温槽内に入れて拡散定数を測定した。その概略の構造を第 5 図に示す。セルの要部は 2 枚の厚い光学ガラス板と、それにはさまれている 2 箇の金属ブロックから成り、それらは互に厳密にすり合せが施されてある。使用法ははじめ A と A' , B と B' が合致する位置におき、上部の注入孔を通じて濃度の異なる二液を満たす。然る後静かに上部のブロックをすべらせて図の位置に持ち来すと、必要な鋭い界面が生成される。拡散像は前述の超遠心機の光学手段と全く同一の原理で濃度勾配曲線が乾板に記録される。測定は 3~4 時間或はそれ以上に亘つて行われるが、その間温度変化と動揺には最も注意が必要である。我々の場合は二重の恒温槽を利用し、外槽に 20°C の水をガーポンプで循環させ、 $0.02 \sim 0.03^\circ\text{C}$ の範囲に保持して実験を行つた。

(2) 拡散定数の算出法

かくして得られた拡散の図形は、前掲(5)式に示す如きガウスの正規分布曲線には決してならず、特に鎖状高分子では著しくづれる。従つて変曲点法、面積法或は逐次



第 5 図 ノイラート型セルの構造

Fig. 5. Construction of the Neurath's Cell

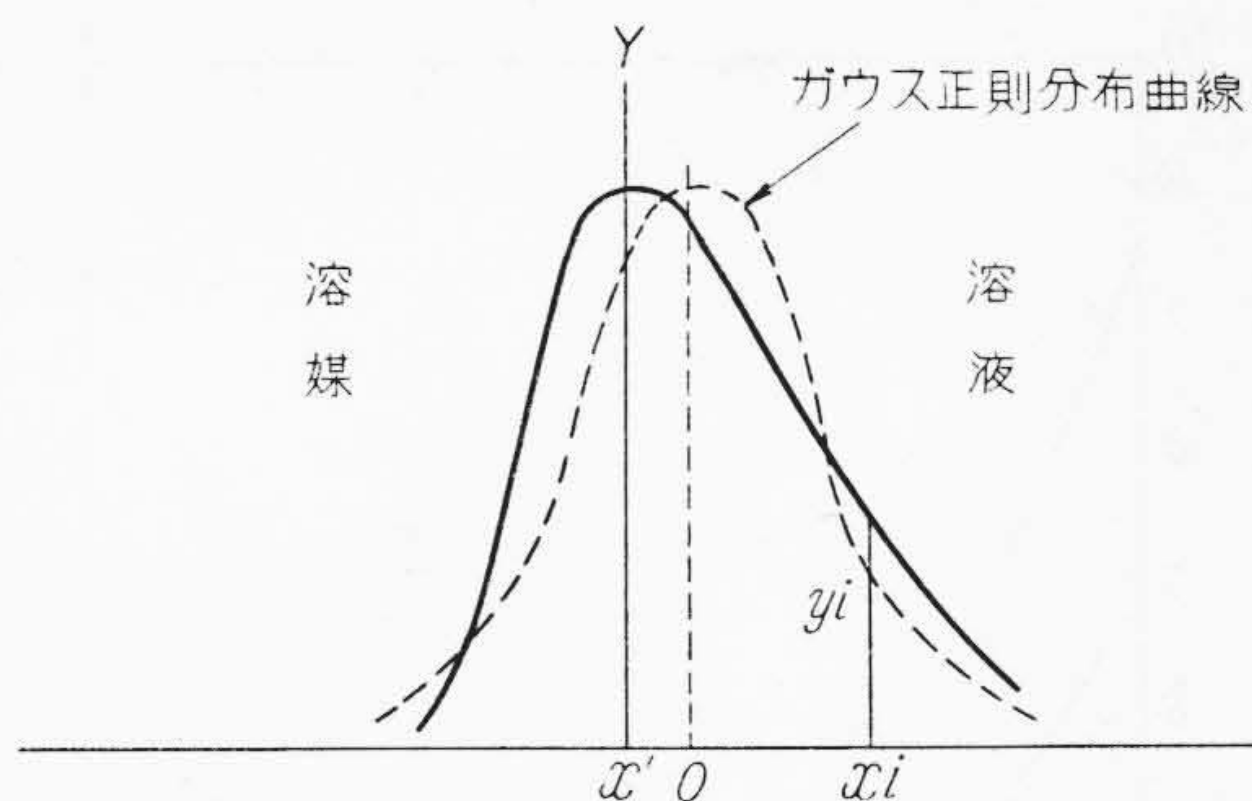


図6 第 モーメント法による D_m の計算法説明図

Fig. 6. Calculating Diagram of D_m by Means of Moment Method

解析法などで D を求めることが出来ない。そこで Lamm のモーメント法を使用する必要があるが、これについて概略述べる。これは乾枚上に得られた拡散図形を方眼紙上に移し、第6図に示す如き濃度勾配曲線について、原点の二次能率 μ_0^2 を求め

$$D_m = \frac{\mu_0^2}{2t} \cdot \frac{1}{G^2} \dots\dots\dots (17)$$

の式により D_m を求める方法であつて、 D の濃度平均値が得られる訳である。ここに G は液柱方向の写真の倍率であり、 t は拡散時間である。 $x=0$ の原点は知られていないため、図の Y の極大点に相当する x' を原点にとり、方眼紙上で一次能率 μ_1' 及び二次能率 μ_2' を次式の如く求め、これらから μ_0^2 を導き出す。

$$\mu_1' = \frac{\sum_{i=-\infty}^{+\infty} x_i y_i}{A} \dots\dots\dots (18)$$

$$\mu_2' = \frac{\sum_{i=-\infty}^{+\infty} x_i^2 y_i}{A} \dots\dots\dots (19)$$

$$\mu_0^2 = \{\mu_2' - (\mu_1')^2\} \times 0.01 \dots\dots\dots (20)$$

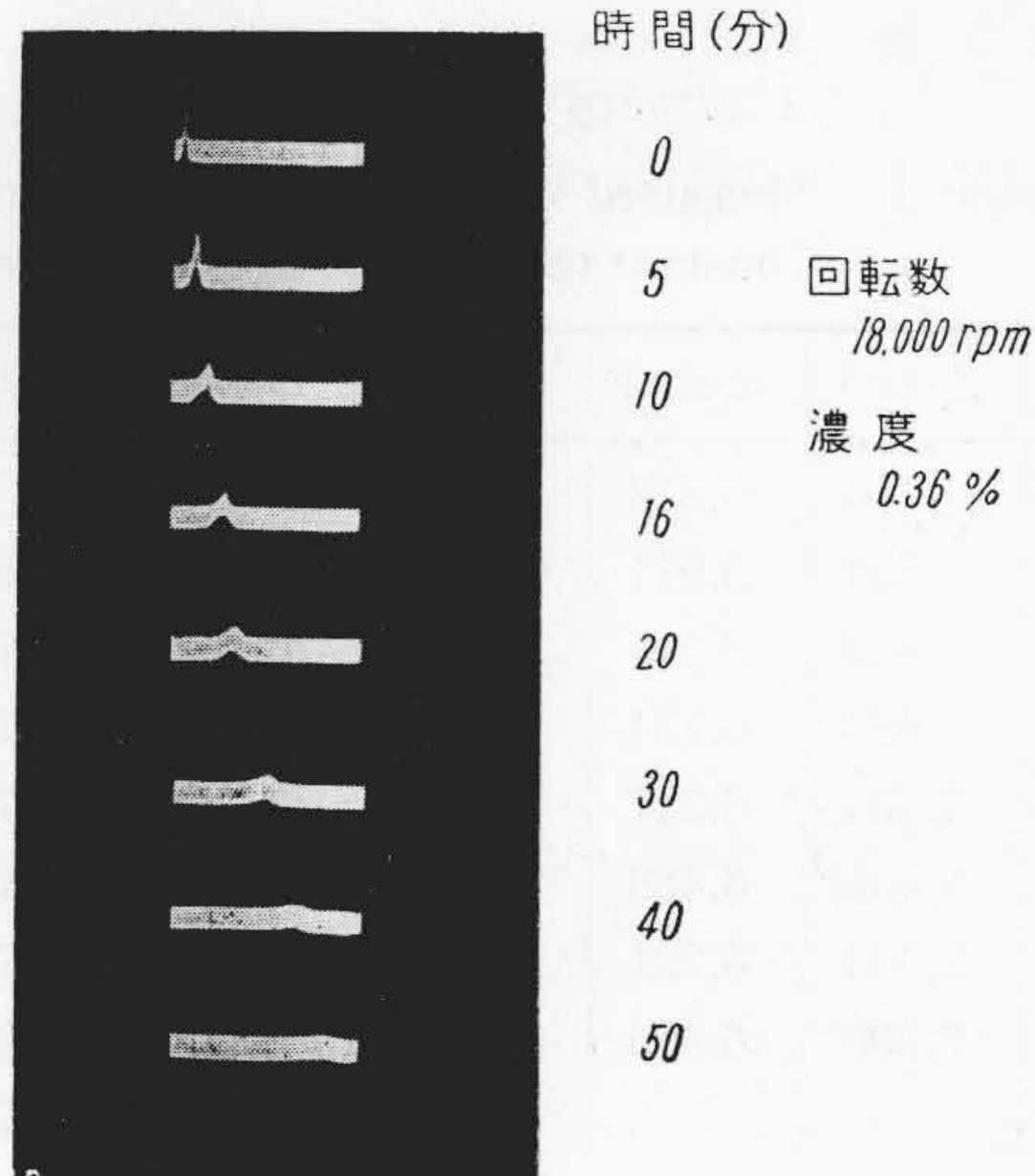
ここに A は曲線下の面積、(20) 式の 0.01 は方眼紙に移したための倍率補正である。

(3) 拡散定数の濃度依存性

C なる濃度に於ける D と、 $C \rightarrow 0$ に於ける D_0 との間には、稀薄溶液である限りは Singer⁽⁷⁾ のいう如く

$$D = D_0(1 + k_D C) \dots\dots\dots (21)$$

なる直線関係が成立する。しかし乍ら 0.5 g/100 cc 以下の稀薄溶液で D を実測し、信頼し得る値を得ることは実験的に極めて困難で、 S_0 の如く外挿法で D_0 を求めることは難しい。しかし S_0 の場合と異り、拡散定数の場合には或る濃度の D から数式的に D_0 を求めることが出来る。この計算法で通常使用されるのは Gralén の方法であるが⁽⁸⁾、最近稲垣、西島両氏の提案された方法によれば⁽⁹⁾、三次能率を用いて統計的な Skewness (歪み) を



第7図 タバコモザイクウイルスの沈降図形

Fig. 7. Sedimentation Pattern of Tobacco Mosaic Virus

計算し、濃度零に於ける拡散定数 D_0 を算出することが出来る。即ち第6図について x' のまわりの三次能率を求め次式で k_1 を計算する。

$$k_1 = 3.44 \{ \mu_3 / C \sqrt{\mu_2^3} \} \dots\dots\dots (22)$$

k_1 は (21) 式の k_D をかきかえてディメンションレスにしたものに相当する。

又 D_m は濃度に関する D の平均値に相当するものであるから

$$D_m = D_0 \left(1 + \frac{k_1}{2} \right) \dots\dots\dots (23)$$

(22) 式から求めた k_1 を (23) 式に入れて D_0 を求めるわけである。

[V] 沈降定数及び分子量の実測例

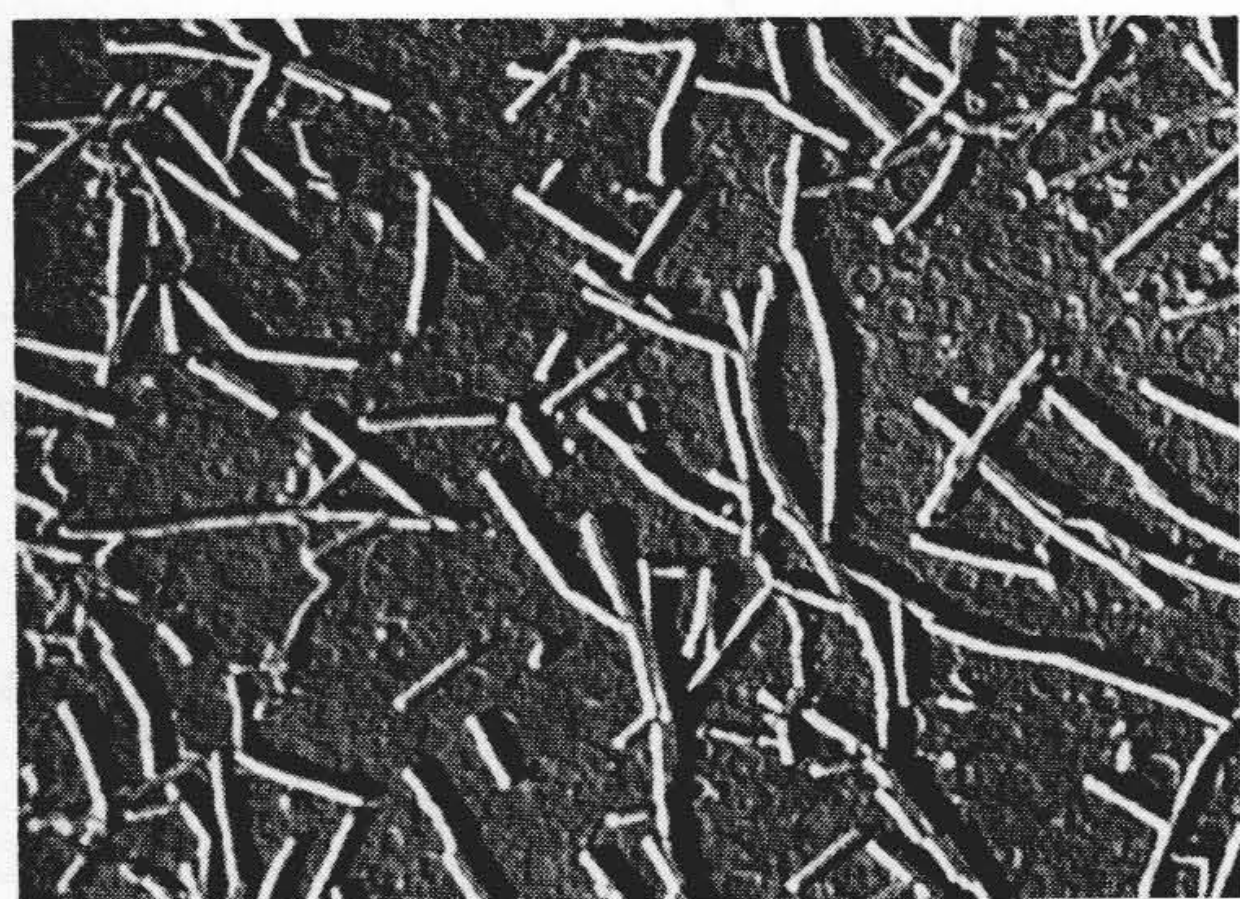
(1) タバコモザイクウイルスの単一濃度に於ける実測値

試料は理工研渡辺格博士の調製になるもので、0.01 M 磷酸塩緩衝液に 0.36% の濃度にとけているものを使用した。回転数 18,000 r.p.m. で撮影した沈降図形は第7図の如くである。これによつて算出したセル中の各位置に於ける S の値は第1表(次頁参照)に掲げてある。前述した如く位置による S の変化が認められる。

又第7図で山の高さが急激にブロードになつて行くことについては、拡散と不均一性の両者が原因し、これが主として拡散に帰因するか、分子量分布に帰因するかは回転数をかえて実験することによつて区別出来る。即ち拡散現象は、測定時間の長短によつて決定されるに対して、不均一性に原因するものであるならば沈降距離によつて山の形が決り、そのため一定距離を沈降させれば、

第 1 表 タバコモザイクウイルス
の沈降定数実測値Table 1. Measured Values of Sedimentation
Constant on Tobacco Mosaic Virus

	$t(\text{sec})$	$r(\text{cm})$	$\angle r$	$\angle t$	$S(\times 10^{-13})$
1	0	5.812			
2	300	5.911	0.099	300	158
3	600	6.019	0.108	300	170
4	960	6.154	0.135	360	174
5	1,200	6.247	0.093	240	176
6	1,800	6.489	0.242	600	178
7	2,400	6.731	0.242	600	173
8	3,000	6.996	0.268	600	184
平均					173

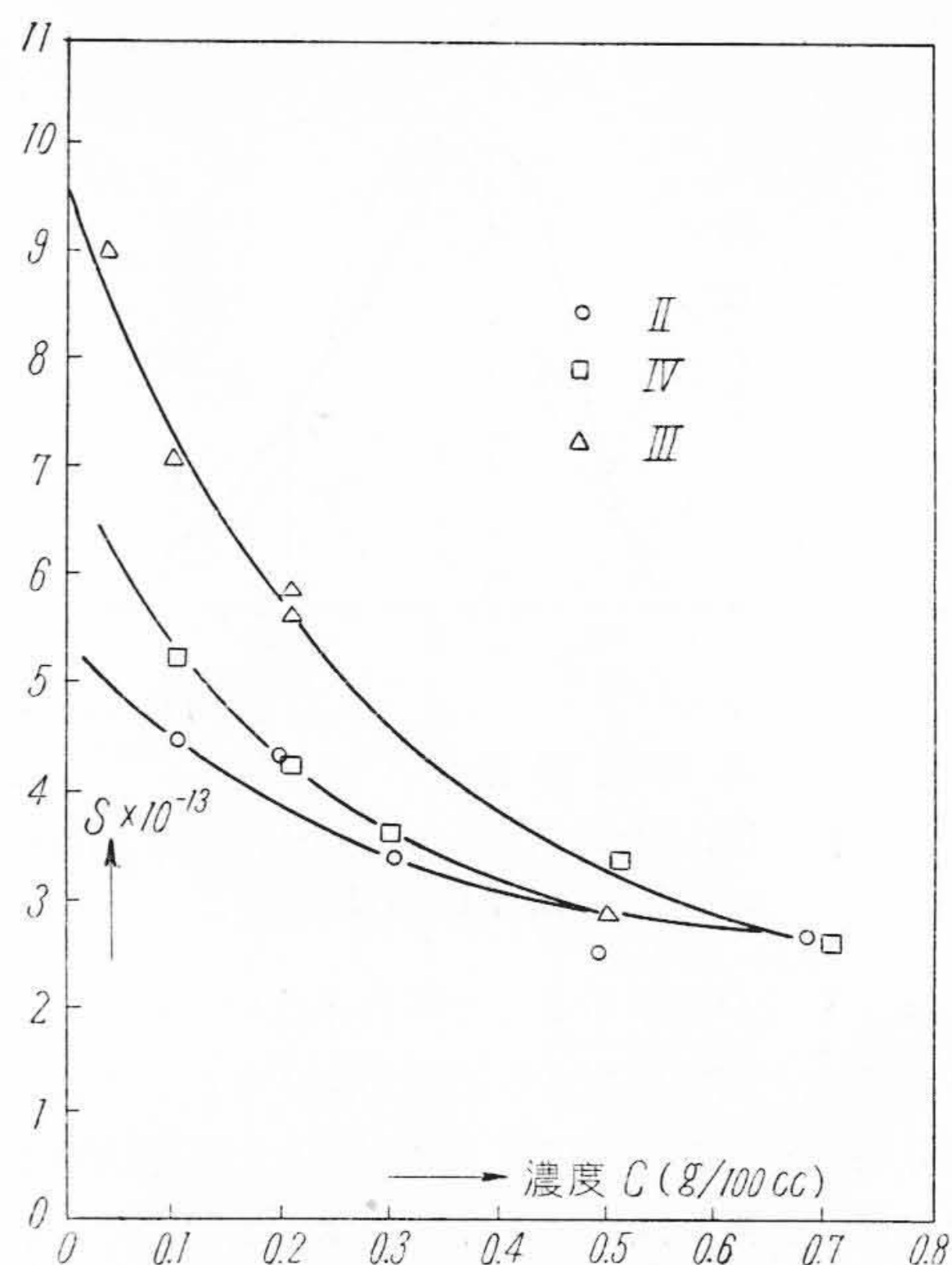
第 8 図 タバコモザイクウイルス
の電子顕微鏡写真Fig. 8. Electronmicroscopic View of Tobacco
Mosaic Virus

回転数、時間には関係なしに同一図形が得られるという理由に基づくわけである。今回の場合は不均一性に基づくことは明らかであつて、第 8 図に示した同一試料の電子顕微鏡写真からも覗い知ることが出来る。

(2) ポリスチレン(PS)のベンゼン溶液に ついての実験

実験結果並びに考察については何れ報告する機会があると思うので、こゝでは二三の結果を報告するに止める。

PS の三種のフラクションに就き各濃度に於て得られた値を図示すれば第 9 図の如く、鎖状高分子特有の濃度

第 9 図 ポリスチレンの濃度と沈降定数
との関係Fig. 9. Relation between Concentrations and
Sedimentation Constants of Polystyrene

依存性が明らかに見られる。測定は 30,000r.p.m. $\pm 0.4\%$ 重力に換算して 65,000 $\times g$ で行い、 S に対しては温度補正を行つた。沈降距離が僅かであつたので、位置による補正は行つていない。図から判る著しいことは、濃度が 0.5 g/100 cc 以上になると分子量の如何にかゝらず、 S の値が殆ど同一値で表われて来ることである。又低濃度では分子量の大なるもの程濃度による S の変化は急激である。結局 0.2 g/100 cc 以下の低濃度での測定に重要な意味があるので、光学系の性能としても低濃度で精度高く測定出来るものが必要である。

又前述の方法によつて D_0 を測定し、 D_0 , S_0 から M を算出した。又別に溶液の固有粘度を測定してこの値から、分子量を推定した。これらを第 2 表にまとめて掲げる。

表に見られる如く、各フラクションの固有粘度から、Pepper の式に基づいて推定された分子量に対して、沈降速度法から算出された値はかなり大きなものである。

第 2 表 ポリスチレンに関する測定値

Table 2. Measured Values on Polystyrene

フラクション	固有粘度	推定分子量	$S_0(\times 10^{-13})$	$D_0(\times 10^{-7})$	沈降速度法による M
II	1.06	270,000	5.22	2.05	380,000
IV	1.70	570,000	6.65	1.08	920,000
III	2.58	1,070,000	10.05	1.00	1,500,000

この傾向は Gralén が繊維素に対して行つた膨大な研究に於ても知られているところで、今まで平均分子量とされていたものは、過小な値であるということになつている。

〔IV〕 結 言

以上で測定法の説明を終るが、超遠心機の高分子への応用研究は未だその緒についたばかりであり、測定精度に於て未だ十分とはいえない。特に低濃度の沈降定数を高精度で測定するためには、現在の光学系では不満足である。今後これらの点について検討を加え、装置の改良と共にその応用を進めて行きたい考えである。これにより高分子化学の理論並びに実際に多少なり共貢献することを祈るものである。

終りに臨み本研究の機会をあたえられた当研究所々長菊田博士、豊田副所長をはじめとして、御指導をいただいた主任研究員浜田、湯本、河合、明山の諸博士の方々に厚く御礼申し上げますと共に、実験に当つた後藤保之所

員、実習員渡辺茂隆の両君の労を多とするものである。尚日立製作所日立電線工場久本博士から研究推進に対して援助をいただいている。併せて厚く感謝の意を表す。

又所外では東大理工研渡辺格助教授から試料並びに理論的な方面で御協力を得たことを記して感謝の意を表したい次第である。

参 考 文 献

- (1) Svedberg, Pederson: The Ultracentrifuge
- (2) 水島三一郎: 高分子物質
- (3) 須藤: 日立製作所中央研究所創立十周年記念論文集 (1952)
- (4) R. Singer and Gross: Helv. Chem. Acta. 17, 59 (1934)
- (5) M.A. Lauffer: JACS 66, 1195 (1944)
- (6) 渡辺、磯: 東大輻射研報 3, 4 (1948)
- (7) S.J. Singer: J. Chem. Phys. 15, 341 (1947)
- (8) 稲垣: 化学の領域 5, 175 (1951)
- (9) 稲垣、西島: 日化 72, 888 (1951)

第 34 卷

日 立 評 論

第 12 号

- | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|---------------------|
| ◎ 新潟県三面発電所工事並びに機器概要..... | 新潟県三面川開発建設部電気課
日立製作所・本店 | 田中重郎
吉山博吉 |
| ◎ 国鉄小千谷連絡送電線用搬送継電装置の人工故障試験..... | 日立製作所・日立国分分工場 | 川井晴雄 |
| ◎ Y-3G 型屋外用積算電力計..... | 日立製作所・日立国分分工場 | 宗像晋介 |
| ◎ 直視型質量分析計..... | 日立製作所・中央研究所 | 神原豊三夫
川口千夫 |
| ◎ 中短波送信用五極管及びビーム四極管の陽極電流特性..... | 日立製作所・茂原工場 | 中原富士朗
内田淳美 |
| ◎ 多数共同加入電話交換機の一方式..... | 日立製作所・戸塚工場 | 江森五郎 |
| ◎ 自動電話交換機の回路に現れる誘起電圧とその対策..... | 日立製作所・戸塚工場 | 三井忠夫
北村敏 |
| ◎ ケーブル起重機の計画と最近の実績(その一)..... | 日立製作所・亀有工場 | 赤木進 |
| ◎ 最近のケーブルクレン制御装置について..... | 日立製作所・日立工場 | 西根一郎
高根元 |
| ◎ 日立附爆ディーゼル機関車について..... | 日立製作所・笠戸工場 | 小野榮男
桑江和夫
伊達正 |
| ◎ 電源電圧の不均衡が三相誘導電動機の特性に及ぼす影響..... | 日立製作所・亀戸工場 | 伊藤達郎 |
| ◎ 交流二速度エレベータについて..... | 日立製作所・多賀工場 | 益江紀吉 |
| ◎ 刷子の欠損と新型電鉄用刷子保持器..... | 日立製作所・日立研究所
日立工場 | 武政隆一
桑原繁太郎 |
| ◎ 自動溶接の熔接に生ずるサルファークラックに関する研究..... | 日立製作所・笠戸工場 | 小林年夫 |
| ◎ アミロン被覆電線の特性..... | 日立製作所・日立電線工場 | 山本三郎
大内末夫 |

東京都千代田区丸ノ内1の4
(新丸ビル7階)

日 立 評 論 社

誌代一冊 ¥ 100 千 12
半年分 ¥ 430(送料共)
一年分 ¥ 840(送料共)

日立製作所社員の社外講演一覧 (昭和 27 年 9 月受付)

講演日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
11.1~2~3	物 理 学 会	水銀電弧の陽極電流密度の分布	日立研究所	木 村 鐘 吉
"	物 理 学 会	バツフルの孔を通過する水銀電弧に就て	日立研究所	木 村 鐘 吉
10.3	機 械 学 会	最近の大型鋳鋼鑄造技術に就て	水戸分工場	清 野 信 二
9.10	中央汽缶士協会	冷凍機の原理とその応用	本 店	山 岸 茂
10.25	電気、照明学会連合	絶縁油各国規格の比較	日立研究所	高 橋 治 男
9.11	中央汽缶士協会	日立製ターボ冷凍式の構造	栃木工場	関 川 務
9.12	能 率 協 会	時間設定の手段として WF を実務の上に導入する一つの方法	多賀工場	小 野 茂
11.2~3	金 属 学 会	Ar ^{II} 変態機構の磁気的研究 (第 5 報)	日立研究所	(小 野 健 二 根 本 正)
10.30~11.2	物 理 学 会	小型ベータートロンの試作	中央研究所	神 原 豊 三
"	物 理 学 会	G.M. 計数管の光感性防止に就て	中央研究所	今 井 宗 丸
9.18	電気学会 電気機器部門委員会	287.5 kV 制弧遮断器	日立工場	桑 山 正 俊
10.3~11.2	物 理 学 会	セレン整流器の正方向特性の温度依存性に就て	中央研究所	伴 野 正 美
"	物 理 学 会	炭化珪素単結晶の整流作用に就いて	中央研究所	河 島 茂
9.18	日立製作所	安来刃物鋼に就ての講演及び焼入指導	安来工場	矢 野 武 彦
9.23~24	東京産業安全協会	原 動 機 の 智 識	亀有工場	浅 見 利 雄
9.27	能 率 協 会	工場に於ける実験計画法運用の実際問題	茂原工場	宮 城 清 吉
11.20~22	日 本 化 学 会 高 分 子 学 会	重合体の収縮率と分子屈折の関係	日立研究所	鶴 田 四 郎
"	日 本 化 学 会 高 分 子 学 会	熱天秤による高分子物質の研究 (第 6 報) —ポリ醋酸ビニルの重合度と熱分解速度—	日立研究所	(井 上 比 呂 鶴 田 四 郎)
12.6~7	日 本 化 学 会 日本化学会関東支部 日 本 物 理 学 会	平行板プラストメーターによる瀝青質混和物の粘弾性の測定	日立研究所	中牟田 昌 治
9.18	電 気 学 会	超高压変圧器 (成出発電所 70,000 kVA 変圧器について)	日立工場	木 沢 修
10.30~11.1	日 本 分 析 化 学 会	鉄鋼中硫黄分析法の研究 (その 1)	中央研究所	(北 川 則 公 柴 田 夫)
11.14	電気学会九州支部	安定度を重視せる変圧器絶縁油の選択	日立研究所	高 橋 治 男
10.16	電子顕微鏡学会	電子顕微鏡軸上色収差の実験的研究	中央研究所	片 桐 信 二 郎
"	電子顕微鏡学会	電子顕微鏡軸外色収差の実験的研究	中央研究所	片 桐 信 二 郎
"	電子顕微鏡学会	色収差を補償した電子顕微鏡による厚い試料の観察	中央研究所	片 桐 信 二 郎
"	電子顕微鏡学会	軸 外 色 収 差 の 計 算 Theoretical Study of Chromatic Field Aberration	中央研究所	森 戸 望
9.19	関東信越地方工業技術連絡会議工芸部会	静電塗装法の応用	日立研究所	橋 本 清 隆
9.12	窒素工業懇話会	電気集塵装置の最近の進歩	日立研究所	橋 本 清 隆
11.15~16	電気学会東海支部	電 車 用 螢 光 放 電 灯	中央研究所	中 村 純之助