

### 3. 個々のポリマー分子, それらの集合および 希薄ポリマー溶液に関する術語の定義(1988)\*

#### 前 文

この勧告は, 高分子科学における重要な術語の定義を扱っている高分子命名法委員会によって行われた一連の勧告のうちの一部である [1-3]. またこれは, 今後行われる高分子の分野においてとくに物理化学的な術語を扱ういくつかの勧告のなかで最初のものである. ここで示された勧告は, 個々のポリマー分子, それらの集合および希薄ポリマー溶液のような高分子の物理化学の重要な分野を扱っている. それらのなかには分子量, 平均分子量, 分布関数, 回転半径, フローリー-ハギンスの理論, 溶液粘度, ポリマー分子による放射光の散乱, 分別などに対して勧告された術語が含まれている.

読者はとくに, 相対分子質量と組成に関してそれぞれ均一または不均一な分子からなるポリマーを表している新しい術語, “均一ポリマー” と “不均一ポリマー” に注目していただきたい. これらの術語は, 広く用いられてはいるが漠然としており, 自己矛盾をもつ術語, “単分散ポリマー” と “多分散ポリマー” に置き換わるものである.

#### 1. 個々のポリマー分子 (Individual Macromolecules)

術 語	定 義
1.1 相対分子質量 (relative molecular mass) 分子量 (molecular weight)	推奨記号: $M_r$ 物質の式単位当たりの平均質量と核種 $^{12}\text{C}$ の原子の質量の $1/12$ との比をいう. (注) 定義 1.2 参照.
1.2 モル質量 (molar mass)	推奨記号: $M$ 質量を物質質量で割ったものをいう. (注) 1. モル質量の単位は, 通常 $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ または $\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ である. 高分子科学では物質のモル質量の数値と相対分子質量の数値が等しくなるので, 単位としては $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ が勧告されている. 2. 相対分子質量 (分子量) は, 単なる数値であり, いかなる単位も用いてはならない. 3. 原子質量単位の場合と同様に, 質量の単位として dalton を用いることは好ましくない.

\* 本勧告のための原稿は P. Kratochvíl 委員 (Czechoslovakia) および U. W. Suter 委員 (Switzerland) からなるワーキンググループにより作成された.

原報は, *Pure Appl. Chem.* **61**, 211-241 (1989) に掲載されている.

## 術 語

## 1.3 重合度

(degree of polymerization)

## 1.4 熱力学的等価球

(thermodynamically equivalent sphere)

## 1.5 分子内近距離相互作用

(short-range intramolecular interaction)

## 1.6 分子内遠距離相互作用

(long-range intramolecular interaction)

## 1.7 非摂動広がり

(unperturbed dimensions)

## 1.8 摂動広がり

(perturbed dimensions)

## 定 義

4. 術語“モル (molar)”および“分子 (molecular)”は、錯体、凝集体 (aggregates)、ミセルなどのように2個以上の分子からなる粒子に対して用いてもよい。

5. 混乱のおそれがないときは、相対分子質量に対して勧告されている記号  $M_r$  の添字  $r$  は省略してもよい。

推奨記号： $X$

推奨略号：DP

ポリマー1分子中に含まれるモノマー単位の数を用いる。

実在のポリマー分子と同じ排除体積 (定義3.1.9 参照) をもち、他の球が侵入できない球を用いる。

分子鎖に沿った連鎖中で近傍に位置する原子または原子団あるいはその両者による立体的な、またはその他の相互作用を用いる。

(注)

1. 相互作用を及ぼし合う原子または原子団は、典型的には分子鎖中の10個以内の連続した結合によって隔てられている。

2. 混乱のおそれがないときは、“分子内 (intramolecular)”を省略してもよい。

分子鎖にそって連鎖中で遠く離れたセグメント<sup>†</sup>が、分子が屈曲したときに、たまたま互いに接近しておよぼす相互作用を用いる。

(注)

1. この種の相互作用は、セグメント-セグメント間ならびにセグメント-溶媒分子間の相互作用を反映するセグメントの排除体積 (定義3.1.8 参照) に密接に関係している。

2. 混乱のおそれがないときは、“分子内”を省略してもよい。

シート状態 (定義3.1.5 参照) にある実在のポリマー分子のランダムコイル (定義1.15 参照) の広がりをいう。

シート状態 (定義3.1.5 参照) ではない実在のポリマー分子のランダムコイル (定義1.15 参照) の広が

† (訳者注) ここでいくつかの構成単位からなるポリマー鎖の一部をセグメントという。

## 術 語

### 1.9 回転半径

(radius of gyration)

## 定 義

りをいう。

推奨記号： $s$ ,  $\langle s^2 \rangle^{1/2}$

粒子の大きさをその形に関係なく特徴づけるパラメータをいう。質量中心からそれぞれ  $r_i$  の距離にある、質量  $m_i$  の質量要素からなる剛直な粒子に対しては、すべての質量要素に対して  $r_i^2$  の質量平均の平方根として定義される。すなわち、

$$s = \left( \frac{\sum_i m_i r_i^2}{\sum_i m_i} \right)^{1/2}$$

剛直でない粒子に対しては、すべての配座についての平均をとる。すなわち、

$$\langle s^2 \rangle^{1/2} = \left\langle \left( \frac{\sum_i m_i r_i^2}{\sum_i m_i} \right)^{1/2} \right\rangle$$

である。

(注)

非摂動広がり (定義 1.7 参照) であることを示すためには、 $\langle s^2 \rangle_0^{1/2}$  のように、下つき添字ゼロを用いる。

### 1.10 末端間ベクトル

(end-to-end vector)

推奨記号： $r$

ある配座をとった線状ポリマー鎖の両末端を結ぶベクトルをいう。

### 1.11 末端間距離

(end-to-end distance)

推奨記号： $r$

末端間ベクトル (定義 1.10 参照) の長さをいう。

### 1.12 根平均 2 乗末端間距離

(root-mean-square end-to-end distance)

推奨記号： $\langle r^2 \rangle^{1/2}$

分子鎖のすべての配座について平均した線状ポリマー鎖の末端間距離 (定義 1.11 参照) の 2 乗平均の平方根をいう。それぞれ長さ  $L$  の  $N$  個のセグメントからなる自由連結鎖 (定義 1.16 参照) に対しては

$$\langle r^2 \rangle^{1/2} = N^{1/2} \cdot L \text{ となる。}$$

(注)

1. 非摂動広がり (定義 1.7 参照) であることを示すためには、 $\langle r^2 \rangle_0^{1/2}$  のように、下つき添字ゼロを用いる。

2. この術語を繰返し用いて、混乱のおそれがないときは、省略した名称“末端間距離”を用いてもよい。

### 1.13 特性比

(characteristic ratio)

推奨記号： $C_N$  ( $N \rightarrow \infty$  のとき,  $C_\infty$ )

シータ状態 (定義 3.1.5 参照) にある線状ポリマー鎖

## 術 語

## 定 義

の平均2乗末端間距離 (定義1.12参照)  $\langle r^2 \rangle_0$  と  $N \cdot L^2$  の比をいい, ここで,  $N$  は主鎖中でその長さ  $L$  が時間的に変わらない剛直な部分の数である. もしもすべての剛直な部分の長さが等しくないならば,  $L$  の2乗平均の値を用いる. すなわち,

$$L^2 = \sum_i \overline{L_i^2} / N$$

である.

(注)

簡単な単条鎖 (single-strand chains) では, 結合を剛直な部分とみなしている.

1.14 経路長  
(contour length)

線状ポリマー鎖の末端間距離 (定義1.11参照) の最大値をいう.

(注)

1. 単条ポリマー分子に対しては, 通常この術語はすべてトランスの配座をとって伸びた鎖の末端間距離を意味している. 複雑な構造のポリマーに対しては, 経路長のだいたいの値しかわからない.

2. 単条ポリマー分子のすべての骨格結合の長さの合計を“経路長”と呼ぶことがある. この術語をこのような意味で用いることは好ましくない.

1.15 ランダムコイル  
(random coil)  
統計コイル  
(statistical coil)

多数のセグメントからなる鎖状分子 (chain molecule) の空間的な配列の集まり全体で, 配座に影響を及ぼすような外部からの束縛がない条件下でセグメント相互の配向が時間とともにランダムに変化するものをいう.

(注)

鎖状分子の溶液がシート状態 (定義3.1.5参照) でないならば, セグメント相互の配向は近似的にのみランダムに変化する.

1.16 自由連結鎖  
(freely jointed chain)

均一な長さをもった無限に細い (thin) 直線状のセグメントからなる仮想的な直鎖状分子 (linear chain molecule) で, それぞれのセグメントが, 空間ですべての配向を, その隣接したセグメントから独立に, 同じ確率で取ることができるものをいう.

(注)

すべてのセグメントの長さが均一ではないモデルに対しては, “酔歩鎖 (random-walk chain)” の名称が用

## 術 語

## 定 義

- 1.17 等価鎖  
(equivalent chain)
- 1.18 統計セグメント  
(statistical segment)
- 1.19 自由回転鎖  
(freely rotating chain)
- 1.20 立体因子  
(steric factor)
- 1.21 みみず状鎖  
(worm-like chain)  
連続屈曲鎖  
(continuously curved chain)
- 1.22 持続長  
(persistence length)

いられている。

シート状態 (定義 3.1.5 参照) にある実在のポリマー鎖と同じ平均 2 乗末端間距離 (定義 1.11 参照) と経路長 (定義 1.14 参照) をもった, 仮想的な自由連結鎖 (定義 1.16 参照) をいう。

ある性質について, 自由連結鎖 (定義 1.16 参照) のセグメントと実際と同じ挙動を示す実在のポリマー鎖のセグメントをいう。

一定の結合角で結合した, 長さが一定で無限に細い多数個の直線状セグメント (または結合) からなり, 結合のねじれ角がすべての値を同じ確率で取ることができる, 近距離相互作用も遠距離相互作用 (定義 1.5 および 1.6 参照) もない仮想的な直鎖状分子をいう。

推奨記号:  $\sigma$

非摂動広がり (定義 1.7 参照) をもったポリマー鎖の根 2 乗平均末端間距離 (定義 1.12 参照)  $\langle r^2 \rangle_0^{1/2}$  と同じ構造をもった自由回転鎖 (定義 1.19 参照) の根 2 乗平均末端間距離  $\langle r_2 \rangle_{0,f}^{1/2}$  との比  $(\langle r^2 \rangle_0 / \langle r^2 \rangle_{0,f})^{1/2}$  の鎖長無限大の極限值をいう。

(注)

立体因子は自由回転に対する障害の効果を反映している。

連続的に湾曲 (curvature) した無限に細い鎖からなる仮想的な線状ポリマー分子をいう。任意の点における湾曲の方向はランダムである。

(注)

1. このモデルは剛直な棒状からランダムコイル (定義 1.15 参照) まで, 鎖のかたさの程度の異なったあらゆる鎖を表し, とくに剛直な鎖を表すのに都合がよい。

2. 文献においては, この鎖はときにはポロド-クラトキー鎖 (Porod-Kratky chain) と呼ばれている。

推奨記号:  $a$

鎖を曲線とみなした場合, 鎖の一方の端における鎖の接線上への末端間ベクトル (定義 1.10 参照) の射影の

## 術 語

## 定 義

長さの平均値の、鎖長無限大の極限における値をいう。  
(注)

持続長はみみず状鎖 (定義 1.21 参照) の基本的な特性である。

1.23 短鎖分枝  
(short-chain branch)

ポリマー鎖から伸びているオリゴマー程度の枝をいう。

1.24 長鎖分枝  
(long-chain branch)

ポリマー鎖から伸びている高分子量の枝をいう。

1.25 枝分かれ指標  
(branching index)

推奨記号:  $g$

溶液中における枝分かれポリマー分子の広がりに対する長鎖分枝 (定義 1.24 参照) の影響をいい、枝分かれ分子の根平均 2 乗回転半径  $\langle s_b^2 \rangle$  (定義 1.9 参照) と、同じ溶媒中、同じ温度で同じ相対分子質量 (定義 1.1 参照) をもっている分岐していない線状分子の根平均 2 乗回転半径  $\langle s^2 \rangle$  との比として定義される。すなわち、 $g = \langle s_b^2 \rangle / \langle s^2 \rangle$  である。

1.26 網目構造  
(network)

それぞれの構成単位が、互いに他の構成単位や巨視的な相の境界とその構造を貫く多数の永久的な経路によって結合している、高度に分岐した高分子構造をいい、その経路の数は間にはいつている結合の平均数とともに増加する。これらの経路は、平均的にはこの構造と同程度の大きさがある。

(注)

通常、そしてゴム弾性を示すすべての系においては、異なった経路の数はきわめて多い。しかし、ほとんどの場合は 1 つの経路によってのみ結合しているいくつかの構成単位が存在する。ときには多重経路がまったくない構造も網目構造と呼ばれてきた。

1.27 ミクロゲル  
(microgel)

微視的な大きさの網目構造をいう。

1.28 共重合体ミセル  
(copolymer micelle)

選択溶媒 (定義 3.1.14 参照) 中で 1 種またはそれ以上のブロックまたはグラフトコポリマー分子によって形成されたミセルをいう。

## 2. ポリマー分子の集合 (Assemblies of Macromolecules)

### 術 語

### 定 義

#### 2.1 組成不均一性

(compositional heterogeneity)

通常、コポリマーに見いだされる分子間の元素組成の変動をいう。

#### 2.2 構成不均一性

(constitutional heterogeneity)

元素組成に関しては均一な分子よりなるポリマー中での、分子間の構成の形の変動をいう。

(注)

一例は、線状分子と枝分かれ分子からなるポリマーであり、もうひとつの例は、2つの構造異性の構成単位からなる統計コポリマーである。

#### 2.3 均一ポリマー

(uniform polymer)

単分散ポリマー

(monodisperse polymer)

相対分子質量 (定義 1.1 参照) と構成に関して均一な分子からなるポリマーをいう。

(注)

1. すべての分子鎖が均一な相対分子質量をもつが、線状鎖と枝分かれ鎖との混合物からなるポリマーは均一ではない。

2. 相対分子質量と元素組成は均一であるが、複数の種類の単量体単位からなり、その連鎖配列が異なった線状分子からなるコポリマーは、均一ではない (たとえば、単量体単位の無秩序配列とブロック配列の分子からなるコポリマー)。

3. 相対分子質量か構成のどちらか一方のみに関して均一なポリマーは、適切な修飾語句を付けるならば、“均一”と呼んでもよい (たとえば、“相対分子質量に関して均一なポリマー”)。

4. 形容詞“単分散”と“多分散” (定義 2.4 参照) は、漠然としており、自己矛盾的であるにもかかわらず、文献に深く根づいている。それらは普通に用いられており、明らかに、もっと満足すべき術語が望ましいにもかかわらず、これからもある期間用い続けられると思われる。可能な代替語を広く探した結果、新しい術語“均一”と“不均一” (定義 2.4 参照) が選択されて、現在ではこれらが好ましい形容詞である。

#### 2.4 不均一ポリマー

(non-uniform polymer)

多分散ポリマー

(polydisperse polymer)

相対分子質量 (定義 1.1 参照) または構成あるいはその両方に関して不均一な分子からなるポリマーをいう。

(注)

定義 2.3 の注を参照せよ。

## 術 語

## 2.5 平均モル質量

(molar-mass average)

平均相対分子質量/平均分子量

(relative molecular-mass average/  
molecular-weight average)

## 2.6 数平均モル質量

(number-average molar mass)

数平均相対分子質量

(number-average relative molecular  
mass)

数平均分子量

(number-average molecular weight)

## 2.7 質量平均モル質量

(mass-average molar mass)

質量平均相対分子質量

(mass-average relative molecular  
mass)

重量平均分子量

(weight-average molecular weight)

## 定 義

推奨記号：それぞれ， $\bar{M}_k$  および  $\bar{M}_{r,k}$ 両方の記号において， $k$  は平均の種類を指定する。

ある不均一ポリマーについてのモル質量（定義 1.2 参照）あるいは相対分子質量（分子量）（定義 1.1 参照）のなんらかの平均をいう。

(注)

1. 原理的には，無限の種類のもル質量の平均を定義できるが，実験的には，ほんの二，三の平均だけを直接決めることができる。もっとも重要な平均はその分布関数（定義 2.13 参照）の単純なモーメントによって定義され，浸透圧，光散乱，沈降平衡のような熱力学的に平衡にある系に適用される方法によって得られる。流体力学的方法はより複雑な平均モル質量を与える。

2. どんな平均モル質量も，質量分率あるいはモル分率によって定義できる。この勧告においては二，三の重要な平均モル質量だけが，モル質量  $M_i$  の分子種の質量分率  $w_i$  によって与えられる。これらの定義は，実験的な平均モル質量の決定ともっとも密接に結びついている。

推奨記号： $\bar{M}_n$ 

$$\bar{M}_n = \frac{1}{\sum_i (w_i/M_i)}$$

推奨記号： $\bar{M}_{r,n}$ 

$$\bar{M}_{r,n} = \frac{1}{\sum_i (w_i/M_{r,i})}$$

記号の説明は定義 2.5 を参照せよ。

推奨記号： $\bar{M}_w$ 

$$\bar{M}_w = \sum_i w_i M_i$$

推奨記号： $\bar{M}_{r,w}$ 

$$\bar{M}_{r,w} = \sum_i w_i M_{r,i}$$

記号の説明は定義 2.5 を参照せよ。



## 術 語

## 2.8 z 平均モル質量†

(z-average molar mass)

z 平均相対分子質量

(z-average relative molecular mass)

z 平均分子量

(z-average molecular weight)

## 2.9 (z+1) 平均モル質量

[(z+1)-average molar mass]

(z+1) 平均相対分子質量

[(z+1)-average relative molecular mass]

(z+1) 平均分子量

[(z+1)-average molecular weight]

## 2.10 粘度平均モル質量

(viscosity-average molar mass)

粘度平均相対分子質量

(viscosity-average relative molecular mass)

粘度平均分子量

(viscosity-average molecular weight)

## 2.11 見かけのモル質量

(apparent molar mass)

## 定 義

推奨記号： $\bar{M}_z$ 

$$\bar{M}_z = \frac{\sum_i w_i M_i^z}{\sum_i w_i M_i}$$

推奨記号： $\bar{M}_{r,z}$ 

$$\bar{M}_{r,z} = \frac{\sum_i w_i M_{r,i}^z}{\sum_i w_i M_{r,i}}$$

記号の説明は定義 2.5 を参照せよ。

推奨記号： $\bar{M}_{z+1}$ 

$$\bar{M}_{z+1} = \frac{\sum_i w_i M_i^{z+1}}{\sum_i w_i M_i^z}$$

推奨記号： $\bar{M}_{r,z+1}$ 

$$\bar{M}_{r,z+1} = \frac{\sum_i w_i M_{r,i}^{z+1}}{\sum_i w_i M_{r,i}^z}$$

記号の説明は定義 2.5 を参照せよ。

推奨記号： $\bar{M}_v$ 

$$\bar{M}_v = \left[ \frac{\sum_i w_i M_i^a}{\sum_i w_i M_i} \right]^{1/a}$$

推奨記号： $\bar{M}_{r,v}$ 

$$\bar{M}_{r,v} = \left[ \frac{\sum_i w_i M_{r,i}^a}{\sum_i w_i M_{r,i}} \right]^{1/a}$$

ここで、 $a$  はマーク-ホーウィンク式 (定義 3.2.25 参照),  $[\eta] = K \cdot M_r^a$  の指数である<sup>‡</sup>。他の記号の説明は定義 2.5 を参照せよ。

(注)

指数  $a$  は分布関数 (定義 2.16-2.20 参照) のあるものの調節パラメーターや持続長 (定義 1.22 参照) と同一ではない。

推奨記号： $M_{app}$ 

† (訳者注) z 平均モル質量は、通常、超遠心機を用いた沈降平衡法 (定義 3.2.13 参照) で決定されるので、遠心機のドイツ語 Zentrifuge の頭文字を用いて、この平均を表すことになっている。

‡ (訳者注) 原著では  $[\eta] = K \cdot M^a$  となっているが、定義 3.2.25 では  $M_r$  と下つきの  $r$  がついており、その注では、 $M_r$  が推奨されているので、それに合わせて  $M_r$  とした。

## 術 語

見かけの相対分子質量  
(apparent relative molecular mass)  
見かけの分子量  
(apparent molecular weight)

## 定 義

推奨記号： $M_{r,app}$   
有限のポリマー濃度，会合，選択溶媒和，組成不均一性（定義 2.1 参照），構成不均一性（定義 2.2 参照）などに関する適切な補正を行うことなしに実験データから計算されたモル質量，相対分子質量，あるいは分子量をいう。

2.12 平均重合度  
(average degree of polymerization)

推奨記号： $\bar{X}_k$   
ここで  $k$  は平均の種類を指定する。あるポリマーについての重合度（定義 1.3 参照）のなんらかの平均をいう。

(注)

定義 2.5 - 2.10 は，その式の中の  $M$  を  $X$  に置き換えたとき，直接に重合度の平均に適用できる。

2.13 分布関数  
(distribution function)

1つあるいは複数の無作為変数（random variables）に関してある特定の値あるいは値の範囲をもつ高分子物質の相対量を与える規格化された関数をいう。

(注)

1. 分布関数は離散的（discrete），すなわち，その無作為変数の特定のいくつかの値だけをとってもよい。

あるいは，ある与えられた範囲において分布関数は連続的（continuous），すなわち，その無作為変数のどんな中間の値をとってもよい。高分子科学におけるほとんどの分布は，本質的に離散的であるが，しばしば便宜的に連続であると見なされ，本来的に連続的な分布関数が用いられる。

2. 分布関数は，積分的（あるいは累積的）[integral (or cumulative)] であってもよい，すなわち，その無作為変数がある与えられた値に等しいか，それよりも小さいような部分の母集団内での割合を与えてもよい。あるいは，分布関数は微分（differential）分布関数 [あるいは確率密度関数（probability density functions）] であってもよい，すなわち，その無作為変数がある与えられた値の範囲の（多分，無限小の）間隔の中にあるような部分の母集団内での（多分，無限小の）割合を与えてもよい。

3. 規格化は次のことを必要とする：(i) 離散微分分布関数に関しては，その無作為変数のすべての可能な

## 術 語

2.14 数分布関数  
(number-distribution function)

2.15 質量分布関数  
(mass-distribution function)  
重量分布関数  
(weight-distribution function)

2.16 シュルツ-ジム分布  
(Schulz-Zimm distribution)

2.17 最確分布  
(most probable distribution)

2.18 ポアソン分布  
(Poisson distribution)

## 定 義

値についての関数値の総和は1である。(ii) 連続微分分布関数に関しては、その無作為変数の全範囲にわたっての積分は1である。(iii) 積分(累積)分布関数に関しては、その無作為変数の上限における値は1である。

ある無作為変数に関してある特定の値あるいはある値の範囲をもつ物質の相対量をモル分率で表した分布関数(定義2.13参照)をいう。

ある無作為変数に関してある特定の値あるいはある値の範囲をもつ物質の相対量を質量分率で表した分布関数(定義2.13参照)をいう。

次式の微分質量分布関数(定義2.15参照)で示される連続分布をいう。

$$f_w(x) dx = \frac{a^{b+1}}{\Gamma(b+1)} x^b \exp(-ax) dx^\dagger$$

ここで  $x$  は、相対分子質量(定義1.1参照)や重合度(定義1.3参照)のような鎖長を示すパラメーターであり、 $a$  と  $b$  は正の調節パラメーターで、 $\Gamma(b+1)$  は  $(b+1)$  のガンマ関数である。

次式の微分質量分布関数(定義2.15参照)で示される離散分布をいう。

$$f_w(x) = a^2 x(1-a)^{x-1}$$

記号の説明は定義2.16を参照せよ。

(注)

1.  $x$  の大きな値に関しては、最確分布は、シュルツ-ジム分布(定義2.16参照)の  $b=1$  という特別な場合に収束する。
2. 文献において、この分布は、しばしば、フローリー分布(Flory distribution)あるいはシュルツ-フローリー分布(Schulz-Flory distribution)と呼ばれる。

次式の微分質量分布関数(定義2.15参照)で示される離散分布をいう。

$$f_w(x) = \frac{x}{a+1} \frac{e^{-a} a^{x-1}}{(x-1)!}$$

† (訳者注) 原著では、 $f_w(w)$ と誤って記載されているので、 $f_w(x)$ と改めた。

術 語	定 義
	記号の説明は定義 2.16 を参照せよ.
2.19 タング分布 (Tung distribution)	<p>次式の微分質量分布関数 (定義 2.15 参照) で示される連続分布をいう.</p> $f_w(x) dx = abx^{b-1} \exp(-ax^b) dx^\dagger$ <p>記号の説明は定義 2.16 を参照せよ.</p>
2.20 対数正規分布 (logarithmic normal distribution)	<p>次式の微分質量分布関数 (定義 2.15 参照) で示される連続分布をいう.</p> $f_w(x) dx = \frac{1}{a\sqrt{\pi x}} \exp\left(-\frac{1}{a^2} \ln^2 \frac{x}{b}\right) dx$ <p>記号の説明は定義 2.16 を参照せよ.</p>
2.21 分子量分布補正 (polymolecularity correction)	<p>相対分子質量に関して不均一なポリマーから得られたある物理的性質とモル質量 (定義 1.2 参照) あるいは相対分子質量 (定義 1.1 参照) の間の関係に対して, 相対分子質量に関して厳密に均一なポリマーについて相当する関係を得るために適用される補正をいう.</p>

### 3. 希薄ポリマー溶液 (Dilute Polymer Solutions)

#### 3.1 一般的な用語および熱力学的な用語 (General and thermodynamic terms)

術 語	定 義
3.1.1 希薄溶液 (dilute solution)	<p>溶質分子または粒子によって占められている領域 (domain) の体積の総計が溶液の全体積よりも充分に小さい溶液をいう.</p> <p>(注)</p> <p>術語“領域”は, 分子または粒子を, その平均的な形で含んでいるもっとも小さい凸面体を指す.</p>
3.1.2 交差濃度 (cross-over concentration)	<p>推奨記号: <math>c^*</math></p> <p>溶液中で溶質分子または粒子によって占められている領域の体積の総計がその溶液の全体積にはほぼ等しい濃度域をいう.</p> <p>(注)</p> <p>術語“領域”の意味については定義 3.1.1 の注を参照.</p>
3.1.3 高分子-溶媒相互作用 (polymer-solvent interaction)	<p>溶液中のポリマー分子と溶媒分子の間のすべての分子間相互作用の効果の総計をいい, 混合のギブズおよびヘルムホルツのエネルギー (Gibbs and Helmholtz</p>

† (訳者注) 原著では  $\exp(ax^b) dx$  と誤って記載されているので  $\exp(-ax^b) dx$  と改めた.

## 術 語

3.1.4 溶媒の質  
(quality of solvent)  
溶媒の熱力学的特性  
(thermodynamic quality of solvent)

3.1.5 シータ状態  
(theta state)

3.1.6 シータ温度  
(theta temperature)

3.1.7 ビリアル係数  
(virial coefficients)  
化学ポテンシャルのビリアル係数  
(virial coefficients of the chemical potential)

## 定 義

energy) に反映される。

高分子-溶媒相互作用 (定義 3.1.3 参照) の定性的な特性をいう。“より良 (better)” 溶媒中のポリマーの溶液は“より貧 (poorer)” 溶媒中の同じポリマーの溶液よりも大きい第 2 ビリアル係数 (定義 3.1.7 参照) の値を示すことを特徴とする。

第 2 ビリアル係数 (定義 3.1.7 参照) の値がゼロとなるポリマー溶液の状態をいう。

(注)

1. いくつかの点で、シータ状態のポリマー溶液は理想溶液に似ており、シータ状態を擬理想状態 (pseudo-ideal state) と呼ぶことがある。しかし、シータ状態の溶液が理想溶液と同じであるとはならない。

2. 文献中では、シータ状態は“ $\theta$  状態”と記載されることもある。

3. このときの溶媒を“シータ溶媒 (theta solvent)”ともいう。

4. ポリマーのモル質量が高いと仮定する。

溶液がシータ状態 (定義 3.1.5 参照) をとる温度をいう。

(注)

文献中では、シータ温度は“ $\theta$  温度”と記載されることもある。

推奨記号:  $A_i$ , ここで  $i=1, 2$ , などである。

溶媒の化学ポテンシャル  $\mu_s$  を溶質の質量濃度  $c$  のべき級数に展開したときの係数をいう。すなわち,

$$\mu_s - \mu_s^0 = -\pi V_s = -RTV_s(A_1c + A_2c^2 + A_3c^3 + \dots)$$

ここで  $\mu_s^0$  は、系の温度と大気圧での基準状態における溶媒の化学ポテンシャル、 $\pi$  は浸透圧、そして  $V_s$  は溶媒の部分モル体積である。溶媒が 2 成分以上からなる場合には、この定義はすべての溶媒成分に対してあてはまる。第 1 ビリアル係数は数平均モル質量 (定義 2.6 参照) の逆数、すなわち  $A_1 = 1/\bar{M}_n$  である。第 2 および高次のビリアル係数、 $A_2, A_3, \dots$  は、いず

## 術 語

3.1.8 セグメントの排除体積  
(excluded volume of a segment)3.1.9 ポリマー分子の排除体積  
(excluded volume of a  
macromolecule)3.1.10 膨張係数  
(expansion factor)

## 定 義

れも高分子-溶媒間 (定義 3.1.3 参照) と高分子-高分子間の相互作用を特徴的に表す。

(注)

係数  $RT$  はビリアル係数中に含まれることもある。

溶液中のポリマー分子のセグメントが他のセグメント、すなわち同じポリマー分子に属しているものならびに他のポリマー分子に属しているものを有効に排除する体積をいう。

(注)

セグメントの排除体積は溶媒とポリマーの混合のギブズおよびヘルムホルツのエネルギー、すなわち溶媒の熱力学的特性 (定義 3.1.4 参照) によってきまり、セグメントの幾何学的な体積の尺度ではない。

希薄溶液中のポリマー分子が他のポリマー分子を有効に排除する体積をいう。

(注)

ポリマー分子の排除体積は溶媒とポリマー分子の混合のギブズおよびヘルムホルツのエネルギー、すなわち溶媒の熱力学的特性 (定義 3.1.4 参照) によってきまり、そのポリマー分子の幾何学的な体積の尺度ではない。

推奨記号:  $\alpha_r$ ,  $\alpha_s$ ,  $\alpha_\eta$

ある温度における、ある溶媒中でのポリマー分子の広がり特性と、同じ温度におけるシータ状態 (定義 3.1.5 参照) でのその広がり特性との比をいう。もっともよく用いられる膨張係数は平均 2 乗末端間距離 (定義 1.12 参照) の膨張係数、 $\alpha_r = (\langle r^2 \rangle / \langle r^2 \rangle_0)^{1/2}$ 、回転半径の膨張係数  $\alpha_s = (\langle s^2 \rangle / \langle s^2 \rangle_0)^{1/2}$ 、粘度膨張係数、 $\alpha_\eta = ([\eta] / [\eta]_\theta)^{1/3}$  であり、ここで  $[\eta]$  と  $[\eta]_\theta$  は、それぞれある溶媒中および同じ温度におけるシータ状態での固有粘度 (定義 3.2.21 参照) である。

(注)

異なった広がり特性によって定義された膨張係数は正確には等しくなく、相対的な分子質量の関数として必ずしも一定の比を有するとは限らない。

## 術 語

3.1.11 フローリー-ハギンス理論  
(Flory-Huggins theory)

3.1.12  $\chi$  パラメーター  
( $\chi$  parameter)

3.1.13 選択吸着  
(preferential sorption, selective sorption)

3.1.14 選択溶媒  
(selective solvent)

3.1.15 協同溶解現象  
(co-solvency)

3.1.16 (ポリマーの) 溶解性パラメーター  
[solubility parameter (of a polymer)]

## 定 義

最初に Flory と Huggins によって独立に提出されたポリマーの熱力学の理論をいい、溶液の熱力学的特性値が、配置の組み合わせによる混合エントロピーという簡単な概念と換算されたギブズエネルギーパラメーターである“ $\chi$ パラメーター”(定義3.1.12 参照)とから導かれる。

推奨記号： $\chi$

フローリー-ハギンス理論(定義3.1.11 参照)で用いられる数値パラメーターをいい、主として配置の組み合わせによる以外の混合のエントロピーと混合のエントルピーの寄与を説明する。

多成分溶媒のポリマー溶液中や多成分溶媒によって膨潤させたポリマー網目構造(定義1.26 参照)中で起こる平衡現象をいい、ポリマーを含んでいる領域と、その領域と熱力学的な平衡にある純粋溶媒とでは、溶媒組成に差が生ずる。

ポリマーの混合物中の少なくとも1つの成分に対して、またはブロックもしくはグラフトポリマーの少なくとも1つのブロックに対しては溶媒であるが、他の成分もしくはブロックに対しては非溶媒である媒体をいう。

その各成分自体はそのポリマーに対する非溶媒であるような多成分からなる溶媒中へのポリマーの溶解をいう。

推奨記号： $\delta$

ポリマーのある溶媒への溶解性を予測するときに用いられるポリマーの特性をいう。

(注)

1. 低分子量の物質に対して、溶解性パラメーターの値はしばしば蒸発のエントルピーから求められる。ポリマーに対しては、その溶液の固有粘度(定義3.2.21 参照)がもっとも高くなる溶媒またはそのポリマーの網目構造(定義1.26 参照)がもっとも膨潤する溶媒の溶解性パラメーターの値が用いられる。

2. 溶解性パラメーターは通常  $(\text{cal}\cdot\text{cm}^{-3})^{1/2}$ 、または好ましくは  $(\text{J}\cdot\text{cm}^{-3})^{1/2}$  の単位で表し、必ず単位が与えられねばならない。  $1 (\text{cal}\cdot\text{cm}^{-3})^{1/2} \approx 2.05 (\text{J}\cdot\text{cm}^{-3})^{1/2}$  である。

術 語	定 義
3.1.17 等密度の (isopycnic)	同じ部分比体積をもった多成分系の成分を記述する形容詞である。
<b>3.2 輸送現象に関する性質 (Transport properties)</b>	
術 語	定 義
3.2.1 摩擦係数 (frictional coefficient)	推奨記号： $f$ 粘性流体中の粒子の運動に抵抗する摩擦力 $F$ とその流体に対するこの粒子の速度 $u$ とを関係づけるテンソルをいう。 (注) 等方性粘性流体中の孤立した球形粒子の場合は、 $f$ は定数で $F = fu$ である。
3.2.2 流体力学的等価球 (hydrodynamically equivalent sphere)	流体場において実在のポリマー分子と同じ摩擦効果を示し、まわりの媒体が浸透しない仮想的な球をいう。 (注) 流体力学的等価球の大きさは、たとえば拡散と粘性流動とに対してのように、そのポリマー分子の異なるタイプの運動に対しては異なることがある。
3.2.3 流体力学的体積 (hydrodynamic volume)	流体力学的等価球の体積 (定義 3.2.2 参照) をいう。
3.2.4 棒-ビーズ模型 (bead-rod model)	ビーズをつないで構成した鎖状ポリマー分子の流体力学的性質をシミュレートするモデルで、それぞれのビーズはまわりの媒体の流れに対し流体力学的抵抗を与え、次のビーズとは流体力学的抵抗を与えない棒でつながれている。その棒の相互配向は無秩序である。
3.2.5 ばね-ビーズ模型 (bead-spring model)	ビーズをつないで構成した鎖状ポリマー分子の流体力学的性質をシミュレートするモデルで、それぞれのビーズはまわりの媒体の流れに対し流体力学的抵抗を与え、次のビーズとは摩擦的相互作用には寄与しないが鎖の弾性的・変形的性質に関与するばねでつながれている。そのばねの相互配向は無秩序である。
3.2.6 素抜け (freely draining)	鎖状ポリマー分子中のセグメントが媒体中で動くときに、摩擦効果が小さいために、あるセグメント近傍の流体力学場がその他のセグメントの存在によって影響されないような場合の鎖状ポリマー分子を表す形容詞である。したがって、溶媒は素抜けポリマー分子 (freely



## 術 語

3.2.7 非素抜け  
(non-draining)

3.2.8 部分素抜け  
(partially draining)

3.2.9 流動複屈折  
(streaming birefringence, flow  
birefringence)

3.2.10 回転拡散  
(rotational diffusion)

3.2.11 沈降係数  
(sedimentation coefficient)

3.2.12 沈降平衡  
(sedimentation equilibrium)

## 定 義

draining macromolecule) で占められた領域によって実質上乱されずに流れることができる。

流体力学場においてあたかも、そのポリマー分子の占める領域内の溶媒がそのポリマー分子に対して実質上動かないかのように振舞う鎖状ポリマー分子を表す形容詞である。

流体力学場においてあたかも、そのポリマー分子の占める領域内の溶媒がそのポリマー分子に対してその外側のへりから内側へ順次より動かなくなるかのように振舞う鎖状ポリマー分子を表す形容詞である。

(注)

素抜け (定義3.2.6参照) ポリマー分子と非素抜け (定義3.2.7参照) ポリマー分子 (non-draining macromolecule) は部分素抜けポリマー分子 (partially draining macromolecule) の概念の2つの極限である。

分子あるいは粒子の非無秩序的配向のために、光学的異方性であるか、非等寸法であるかあるいは変形可能な分子または粒子の液体、溶液、そして分散系において、流動によってひき起こされる複屈折をいう。

分子あるいは粒子が全体として示す配向の平衡統計分布を維持または回復する過程をいう。

(注)

回転拡散は、空間中の位置の平衡統計分布を維持または回復する並進拡散 (translational diffusion) と対比することができる。

推奨記号： $s$

遠心力場での粒子の移動を特徴づけるパラメーターをいい、単位遠心加速度当たりの移動速度  $u$ 、すなわち  $s = u / (r \cdot \omega^2)$  と定義される。ここで、 $\omega$  は角速度、 $r$  は回転中心からの距離である。

(注)

$10^{-13}$  秒を単位とするのが便利である。この単位は“svedberg” と呼ばれるが SI 単位ではない。

遠心力場で達成される平衡をいう。そのとき遠心力に垂直な平面を横切るいかなる成分の正味の流束もない。

術 語	定 義
3.2.13 沈降平衡 (法) [equilibrium sedimentation (method)]	沈降平衡 (定義 3.2.12 参照) において, 希薄な溶液あるいは分散系中の溶質または分散成分の遠心セルに沿った方向の濃度分布を測定する方法をいい, その結果はモル質量 (定義 1.2 参照) またはその分布あるいはそれら両者で説明される.
3.2.14 沈降速度法 (sedimentation velocity method)	溶質成分または分散粒子の移動速度を測定する方法で, その結果は沈降係数 (定義 3.2.11 参照) で表される.
3.2.15 アーチポールド法 (Archibald's method)	メニスカス部と遠心セルの底では動径方向に垂直な平面を横切る溶質の流束はないという事実に基づく沈降法をいい, 系全体としては平衡から離れていても, そこでは常に沈降平衡 (定義 3.2.12 参照) を特徴づける方程式が適用できる. (注) “沈降平衡への接近” という術語をアーチポールド法に対して使用することは, 一般的な意味をもってしまうので, 好ましくない.
3.2.16 密度勾配場における沈降平衡 (equilibrium sedimentation in a density gradient)	遠心場に密度勾配を形成する多成分溶媒を用いた沈降平衡の手法 (定義 3.2.13 参照) をいう.
3.2.17 相対粘度 (relative viscosity) 粘度比 (viscosity ratio)	推奨記号: $\eta_r$ 溶液粘度 $\eta$ の溶媒粘度 $\eta_s$ に対する比, すなわち $\eta_r = \eta/\eta_s$ をいう.
3.2.18 相対粘度増分 (relative viscosity increment)	推奨記号: $\eta_i$ 溶液粘度と溶媒粘度の差の溶媒粘度に対する比, すなわち $\eta_i = (\eta - \eta_s)/\eta_s$ をいう. 記号の説明は定義 3.2.17 を参照せよ. (注) この量に対する“比粘度 (specific viscosity)” という術語の使用は, 相対粘度増分はある単位量当たりの量 (specific quantity) としての属性をもっていないので, 好ましくない.
3.2.19 還元粘度 (reduced viscosity) 粘度数 (viscosity number)	相対粘度増分 (定義 3.2.18 参照) のそのポリマーの質量濃度 $c$ に対する比, すなわち $\eta_i/c$ をいう. (注) 1. 単位を指定しなければならない. $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ を推

術 語

3.2.20 インヘレント粘度  
(inherent viscosity)  
対数粘度数  
(logarithmic viscosity number)

3.2.21 固有粘度  
(intrinsic viscosity)  
極限粘度数  
(limiting viscosity number)

3.2.22 ハギンス式  
(Huggins equation)

3.2.23 ハギンス係数  
(Huggins coefficient)

3.2.24 粘度関数  
(viscosity function)

定 義

奨する。

2. この量と定義 3.2.20 と 3.2.21 の量は粘度でも単なる数値でもない。これらの術語は伝統的な名称と見なすべきである。同義の術語によるいかなる置き換えも高分子の文献に不必要な混乱を招くであろう。

推奨記号：それぞれ,  $\eta_{inh}$ ,  $\eta_{ln}$

相対粘度 (定義 3.2.17 参照) の自然対数の, そのポリマーの質量濃度  $c$  に対する比, すなわち

$$\eta_{inh} \equiv \eta_{ln} = (\ln \eta_r)/c$$

をいう。

(注)

定義 3.2.19 の (注) を参照せよ。

推奨記号： $[\eta]$

還元粘度 (定義 3.2.19 参照) またはインヘレント粘度 (定義 3.2.20 参照) の, ポリマーの無限希釈における極限值, すなわち

$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} (\eta_i/c) = \lim_{c \rightarrow 0} \eta_{inh}$$

をいう。

(注)

1. この術語は文献中ではスタウディングー指数 (Staudinger index) としても知られている。

2. 定義 3.2.19 の (注) を参照せよ。

希薄ポリマー溶液 (定義 3.1.1 参照) に対する還元粘度 (定義 3.2.19 参照)  $\eta_i/c$  のポリマーの質量濃度依存性を記述する式で,

$$\eta_i/c = [\eta] + k_H [\eta]^2 c$$

をいう。ここで  $k_H$  はハギンス係数 (定義 3.2.23 参照),  $[\eta]$  は固有粘度 (定義 3.2.21 参照) である。

推奨記号： $k_H$

ハギンス式 (定義 3.2.22 参照) 中のパラメーターをいう。

推奨記号： $\Phi$

鎖状ポリマー分子の固有粘度 (定義 3.2.21 参照), 回転半径 (定義 1.9 参照), モル質量 (定義 1.2 参照) を

$$[\eta] = \Phi 6^{3/2} \langle s^2 \rangle^{3/2} / M$$

## 術 語

3.2.25 マーク-ホーウィnk式  
(Mark-Houwink equation)

## 定 義

の式で結びつける係数をいう。

(注)

粘度関数はしばしばフローリー定数 (Flory constant) と呼ばれる。

ポリマーの固有粘度 (定義 3.2.21 参照) の相対分子質量 (分子量) (定義 1.1 参照) 依存性を記述する式をいい、

$$[\eta] = K \cdot M_r^a$$

の形をもつ。ここで  $K$ ,  $a$  は定数で、それらの値は温度はもちろん、ポリマーと溶媒の性質にも依存する。

$M_r$  は通常、平均相対分子質量 (定義 2.5 参照) の 1 つである。

(注)

1. この式は (質量を物質量で割った単位をもつ) モル質量で使うよりは相対分子質量 (分子量) で使うことを推奨する。なぜならモル質量の場合、指数  $a$  が非整数の変数であるという性格上、定数  $K$  が扱いにくい可変な次元をもつことになるからである。

2. Kuhn と桜田もまた重要な寄与をしており、ときには、たとえば、クーン-マーク-ホーウィnk-桜田の式 (Kuhn-Mark-Houwink-Sakurada equation) のように彼らの名前を含める。

## 3.3 放射光の干渉性弾性散乱 (Coherent elastic scattering of radiation)

媒体を通過する放射線は減衰し一部分は散乱される。以下の定義は、入射ビームの減衰が散乱のみによって生じ、散乱量子 (scattering quanta) のエネルギーが入射ビーム (primary beam) の量子のエネルギーと同じで [弾性散乱 (elastic scattering)], 独立な散乱子間の位相の関係が保持されている [干渉性散乱 (coherent scattering)] 場合についてである。この勧告は光散乱 (light scattering; LS), 小角 X 線散乱 (small-angle x-ray scattering; SAXS), 小角中性子散乱 (small-angle neutron scattering; SANS) を扱う。光散乱では光の偏光が関係する。ここでは面偏光した光のみを考え、ビームの電気ベクトルが光源、試料、そして検出器を含む面に垂直であるとき垂直偏光 (vertically polarized; v) と呼び、電気ベクトルがその面上にあるときを水平偏光 (horizontally polarized; h) と呼ぶ。偏光していない光は v と h の光が同じ割合に混合したものと見なせる。

## 術 語

3.3.1 小粒子  
(small particle)

## 定 義

媒体中における放射光の波長より十分小さい粒子をいう。とくに、粒子の最大粒子径が用いた波長のおよそ

## 術 語

## 定 義

- 20分の1以下のものは小さい粒子とみなさなければならぬ。
- 3.3.2 大粒子  
(large particle)  
媒体中における放射光の波長と同じぐらいかまたはそれより大きい粒子をいう。とくに、その粒子の最大粒子径が用いた波長のおよそ20分の1を越える場合、粒子は大きいとして扱わなければならない。
- 3.3.3 散乱角  
(scattering angle, angle of observation)  
推奨記号： $\theta$   
入射ビームの進行方向と、散乱点と検出器を結ぶ直線との間の角度をいう。
- 3.3.4 散乱ベクトル  
(scattering vector)  
その長さがともに $2\pi/\lambda$ である入射ビームと散乱ビームの波伝播ベクトルの間のベクトル差をいう。ここで $\lambda$ は媒体中の散乱放射光の波長である。
- 3.3.5 散乱ベクトル長  
(length of the scattering vector)  
推奨記号： $q$   
散乱ベクトル（定義3.3.4参照）の長さは $q = (4\pi/\lambda) \cdot \sin(\theta/2)$ である。ここで $\lambda$ は媒体中の散乱放射光の波長、 $\theta$ は散乱角（定義3.3.3参照）である。
- 3.3.6 屈折率増分  
(refractive index increment)  
推奨記号： $\partial n/\partial C$   
溶質濃度  $C$  による溶液の屈折率  $n$  の変化をいう。  
(注)  
1. 溶質濃度は質量濃度、重量モル濃度または体積分率で表されることがもっとも多い。質量濃度または重量モル濃度で表すとき、対応する屈折率増分はそれぞれ比あるいは重量モル屈折率増分（specificあるいはmolal refractive index increments）と呼ばれる。  
2. 略さない名称を使用した後では、略称である屈折増分（refractive increment）を使ってもよい。
- 3.3.7 レイリー比  
(Rayleigh ratio)  
推奨記号： $R(\theta)$ ,  $R_\theta$   
散乱角  $\theta$ （定義3.3.3参照）における散乱強度を特徴づけるのに用いられる量をいい、 $R(\theta) = i_\theta r^2 / (I \cdot f \cdot V)$  で定義される。ここで  $I$  は入射放射光の強度、 $i_\theta$  は角度  $\theta$  で散乱点からの距離  $r$  において観測される全散乱放射光強度、そして  $V$  は散乱体積である。因子  $f$  は偏光現象を考慮したもので、用いる放射の種類に依存する。  
1. 光散乱に対しては、 $f$  は入射ビームの偏光に依存

## 術 語

## 定 義

し、垂直偏光については、 $f=1$ 、水平偏光については、 $f=\cos^2\theta$ 、偏光していない光に対しては、 $f=(1+\cos^2\theta)/2$ である。

2. 小角中性子散乱に対しては、 $f=1$ である。

3. 小角X線散乱に対しては、 $\theta < \text{約} 5^\circ$ のとき、 $f \approx 1$ 。

(注)

1.  $R(\theta)$ の次元は(長さ) $^{-1}$ 、一般に使われる単位は $\text{cm}^{-1}$ である。

2. 小角中性子散乱では、 $R(\theta)$ の代わりに断面積(cross-section)という術語がしばしば用いられる。この2つの量は同じである。

3.3.8 過剰レイリー比  
(excess Rayleigh ratio)

希薄溶液と純溶媒との間のレイリー比(定義3.3.7参照)の差をいう。

(注)

散乱強度がレイリー比に還元できないときは、希薄溶液の散乱強度と純溶媒のそれとの差を“過剰散乱(excess scattering)”と名づける。

3.3.9 濁り度  
(turbidity)

推奨記号： $\tau$

散乱による入射放射光の見かけの吸収をいう。

(注)

小粒子(定義3.3.1参照)に対しては、濁り度とレイリー比(定義3.3.7参照)の間には直接的な比例関係がある。

3.3.10 粒子散乱関数  
(particle scattering function)  
粒子散乱因子  
(particle scattering factor)

推奨記号： $P(\theta)$ ,  $P_\theta$

角度ゼロで散乱された放射光の強度に対する散乱角 $\theta$ (定義3.3.3参照)で散乱された放射光の強度の比、すなわち $P(\theta) \equiv R(\theta)/R(0)$ をいう。

3.3.11 ジムプロット  
(Zimm plot)

大粒子(定義3.3.2参照)からの散乱についてのデータの図的表現をいい、

$$\frac{Kc}{\Delta R(\theta)} = \frac{1}{\bar{M}_w P(\theta)} + 2A_2c + \dots$$

の式に対応し、質量平均モル質量(定義2.7参照) $\bar{M}_w$ 、化学ポテンシャルの第2ビリアル係数(定義3.1.7参照) $A_2$ 、そして(通常)z平均回転半径(定義1.9参照) $\langle r^2 \rangle_z^{1/2}$ を同時に評価するのに用いられる。 $c$ は溶質の質量濃度、 $\Delta R(\theta)$ は過剰レイリー比(定

## 術 語

### 3.3.12 ギニエプロット (Guinier plot)

## 定 義

義 3.3.8 参照),  $P(\theta)$  は (通常)  $z$  平均回転半径を含む粒子散乱関数 (定義 3.3.10 参照) である.  $K$  は溶質, 温度, 用いる放射の種類に依存する.

(注)

ジムプロットのいくつかの修飾形がしばしば用いられる. もっとも一般的なものは過剰レイリー比の代わりに過剰散乱 (定義 3.3.8 参照) を用いたものである.

### 3.3.13 クラトキープロット (Kratky plot)

大粒子 (定義 3.3.2 参照) からの散乱についてのデータの図的表現をいい, 角度は異なるが, 同じ濃度において得られた,  $\log \Delta R(\theta)$  または  $\log P(\theta)$  を  $\sin^2(\theta/2)$  または  $q^2$  に対してプロットして作成され, (通常) 回転半径 (定義 1.9 参照) の評価に用いられる.  $\Delta R(\theta)$  は過剰レイリー比 (定義 3.3.8 参照),  $P(\theta)$  は粒子散乱関数 (定義 3.3.10 参照),  $\theta$  は散乱角 (定義 3.3.3 参照),  $q$  は散乱ベクトル長 (定義 3.3.5 参照) である.

大粒子 (定義 3.3.2 参照)<sup>†</sup> についての散乱データの図的表現をいい, 異なる角度であるが同じ濃度において得られた,  $\sin^2(\theta/2) \cdot \Delta R(\theta)$  を  $\sin(\theta/2)$  に対し, または  $q^2 \Delta R(\theta)$  を  $q$  に対してプロットして作成される. 分子の形を決めるのに用いられる. 記号の説明は定義 3.3.12 を参照せよ.

### 3.3.14 散乱の非対称性 (dissymmetry of scattering)

推奨記号:  $z(\theta_1, \theta_2)$

異なる散乱角 (定義 3.3.3 参照) に対する 2 つのレイリー比 (定義 3.3.7 参照) の比をいう. すなわち,  $z(\theta_1, \theta_2) = R(\theta_1)/R(\theta_2)$ ,  $\theta_1 < \theta_2$  である.

(注)

角度を指定しなければならない. 光散乱では習慣的に  $\theta_2 = 180^\circ - \theta_1$  とされ, もっとも頻繁には  $\theta_1 = 45^\circ$ ,  $\theta_2 = 135^\circ$  とされる.

### 3.3.15 散乱光の偏光解消 (depolarization of scattered light)

第一義的には散乱体の分極率の異方性に起因する現象であり, 入射および散乱ビームの電気ベクトルが同一平面上にないという事実, したがって垂直 (水平) 偏光した入射ビームから散乱された光は水平 (垂直) 成分を含んでいるということから生ずる現象をいう.

† (訳者注) 原著にはないが補足した.

- |  |   |
|--|---|
| 術 語  | 定 義   |
| 3.3.16 濁度滴定<br>(turbidimetric titration)                     | 非常に希薄なポリマー溶液へ沈殿剤を徐々に添加していき、細かく分散したポリマー濃厚相(定義3.4.3参照)の粒子により散乱された光の強度、もしくはそれによる濁り度(定義3.3.9参照)を沈殿剤の添加量の関数として測定する過程をいう。   |
| 3.3.17 等屈折率の<br>(isorefractive)                              | 互いに屈折率増分がゼロである多成分系の成分を表す形容詞である。   |
| 3.3.18 ミー散乱<br>(Mie scattering)                              | 入射光の波長のおよそ1/2より大きな粒子による光の散乱をいう。<br>(注)<br>均一な球に対しては、この現象はMieによって展開された理論によって厳密に記述される。  |
| <b>3.4 分 離 (Separation)</b>                                  |   |
| 術 語  | 定 義   |
| 3.4.1 分 別<br>(fractionation)                                 | ある特性〔化学組成、相対分子質量(定義1.1を参照)、枝分かれ、立体規則性など〕が異なっているポリマーの分子種を互いに分離する方法をいう。   |
| 3.4.2 ポリマー希薄相<br>(polymer-poor phase, dilute phase)          | ポリマーと低分子量物質とからなる二相平衡系において、ポリマー濃度のより低い相をいう。<br>(注)<br>“ゾル相(sol phase)”という名称は好ましくない。  |
| 3.4.3 ポリマー濃厚相<br>(polymer-rich phase,<br>concentrated phase) | ポリマーと低分子量物質とからなる二相平衡系において、ポリマー濃度のより高い相をいう。<br>(注)<br>“ゲル相(gel phase)”という名称は好ましくない。  |
| 3.4.4 沈殿分別<br>(precipitation fractionation)                  | その溶解性に影響を及ぼすようなある分子特性が異なっているポリマー分子からなるポリマー物質の溶液において、その溶媒の溶解力を連続的に減少させながら繰返し二相分離を起こさせることにより、より溶解性の低い成分を、その溶液からポリマー濃厚相(定義3.4.3参照)中に濃縮させて、分別区分(fractions)として分離する方法をいう。 |



## 術 語

### 3.4.5 抽出分別

(extraction fractionation)

## 定 義

その溶解性に影響を及ぼすようなある分子特性が異なっているポリマー分子からなるポリマー物質の溶液において、その溶媒の溶解力を連続的に増大させながら繰り返し二相分離を起こさせることにより、より溶解性の高い成分を、ポリマー濃厚相（定義3.4.3参照）からポリマー希薄相（定義3.4.2参照）中に濃縮させて、分別区分として分離する方法をいう。

### 3.4.6 サイズ排除クロマトグラフィー (size-exclusion chromatography)

推奨略語：SEC

主としてその分子あるいは粒子の流体力学的体積（定義3.2.3参照）による分離が、分離されるべき分子の溶液中での有効な広がりとはほぼ同じ大きさの細孔をもった多孔質で非吸着性の物質の中で起こるような分離方法をいう。

### ゲル浸透クロマトグラフィー (gel-permeation chromatography)

推奨略語：GPC

“ゲル浸透クロマトグラフィー”という術語は、多孔質で非吸着性の物質がゲルである場合にのみ用いられるべきである。“サイズ排除クロマトグラフィー”という術語の方が好ましい。

### 3.4.7 排除限界モル質量 (molar-mass exclusion limit)

排除限界分子量

(molecular-weight exclusion limit)

ある特定の高分子-溶媒系において、サイズ排除クロマトグラフィー（定義3.4.6参照）に用いられる多孔質の非吸着性物質の細孔中にはいることができる分子あるいは粒子のモル質量（定義1.2参照）あるいは分子量（定義1.1参照）の最大値をいう。

(注)

排除限界よりも大きいモル質量あるいは分子量をもった粒子に関しては、サイズ排除クロマトグラフィーの分離効果は失われる。

### 3.4.8 溶出体積 (elution volume)

試料の注入後、検出器にある特定の信号が記録されたときまでにサイズ排除クロマトグラフィー（定義3.4.6参照）カラムを通過した溶媒の体積をいう。

### 3.4.9 保持体積 (retention volume)

溶出ピークの最大濃度における溶出体積（定義3.4.8参照）をいう。

### 3.4.10 汎用校正 (universal calibration)

サイズ排除クロマトグラフィー（定義3.4.6参照）において、ある分子種あるいは粒子種の保持体積（定義3.4.9参照）が、その化学的性質や構造にかかわらず、その分子あるいは粒子の適当な大きさを表すパラメー

## 術 語

## 定 義

ター (size parameter) の一価関数であるという事実に基づいた装置の校正をいう。

(注)

固有粘度 (定義 3.2.21 参照) とモル質量 (定義 1.2 参照) の積  $[\eta]M$  が大きさを表すパラメーターとして広く用いられてきた。

3.4.11 ピーク広がり関数  
(spreading function)

均一試料の瞬間的な注入により、サイズ排除クロマトグラフィー (定義 3.4.6 参照) 装置の出口において、溶出体積 (定義 3.4.8 参照) の関数として生ずる規格化された信号をいう。

3.4.12 段 数  
(plate number)

推奨記号:  $N$

ピーク幅の広がりを基にしたサイズ排除クロマトグラフィー (定義 3.4.6 参照) 装置の効率の特性をいい、 $N = (V_R/\sigma_v)^2$  として定義される。ここで、 $V_R$  は個々の低分子量化合物の保持体積 (定義 3.4.9 参照) であり、 $\sigma_v$  はその溶出ピークのピーク高さの 60.7% における半値幅である。

3.4.13 段 高  
(plate height)

推奨記号:  $H$

サイズ排除クロマトグラフィー (定義 3.4.6 参照) のカラムの 1 段に相当する長さをいう。いい換えれば、カラムの長さ  $L$  をその段数 (定義 3.4.12 参照)  $N$  によって割ったもの、すなわち、 $H=L/N$  である。

## 4. 術語索引 (五十音順)

術 語	英 語	記 号	定義番号
アーチボールド法	Archibald's method		3.2.15
網目構造	network		1.26
インヘレント粘度	inherent viscosity	$\eta_{inh}$	3.2.20
枝分かれ指標	branching index	$g$	1.25
遠距離相互作用	long-range interaction		1.6
回転拡散	rotational diffusion		3.2.10
回転半径	radius of gyration	$s, \langle s^2 \rangle^{1/2}$	1.9
$\chi$ パラメーター	$\chi$ parameter	$\chi$	3.1.12
化学ポテンシャルのビリアル係数	virial coefficients of the chemical potential	$A_1, A_2 \dots$	3.1.7
確率密度関数	probability density function		2.13
過剰散乱	excess scattering		3.3.8
過剰レイリー比	excess Rayleigh ratio		3.3.8

術 語	英 語	記 号	定義番号
還元粘度	reduced viscosity		3.2.19
ギニエプロット	Guinier plot		3.3.12
希薄相	dilute phase		3.4.2
希薄溶液	dilute solution		3.1.1
共重合体ミセル	copolymer micelle		1.28
協同溶解現象	co-solvency		3.1.15
極限粘度数	limiting viscosity number	[ $\eta$ ]	3.2.21
均一ポリマー	uniform polymer		2.3
近距離相互作用	short-range interaction		1.5
屈折率増分	refractive increment	$\partial n/\partial C$	3.3.6
屈折率増分	refractive index increment	$\partial n/\partial C$	3.3.6
クラトキープロット	Kratky plot		3.3.13
クーン-マーク-ホーウイ ンク-桜田の式	Kuhn-Mark-Houwink-Sakurada equation		3.2.25
経路長	contour length		1.14
ゲル浸透クロマトグラフ イー	gel-permeation chromatography		3.4.6
構成不均一性	constitutional heterogeneity		2.2
高分子-溶媒相互作用	polymer-solvent interaction		3.1.3
交差濃度	cross-over concentration	$c^*$	3.1.2
固有粘度	intrinsic viscosity	[ $\eta$ ]	3.2.21
根平均2乗末端間距離	root-mean-square end-to-end distance	$\langle r^2 \rangle^{1/2}$	1.12
最確分布	most probable distribution		2.17
サイズ排除クロマトグラ フィー	size-exclusion chromatography		3.4.6
散乱角	scattering angle, angle of observation	$\theta$	3.3.3
散乱の非対称性	dissymmetry of scattering	$z(\theta_1, \theta_2)$	3.3.14
散乱光の偏光解消	depolarization of scattered light		3.3.15
散乱ベクトル	scattering vector		3.3.4
散乱ベクトル長	length of the scattering vector	$q$	3.3.5
持続長	persistence length	$a$	1.22
シータ ( $\theta$ ) 温度	theta temperature		3.1.6
シータ ( $\theta$ ) 状態	theta state		3.1.5
シータ ( $\theta$ ) 溶媒	theta solvent		3.1.5
質量分布関数	mass-distribution function		2.15
質量平均重合度	mass-average degree of polymerization	$\bar{X}_w$	2.12
質量平均相対分子質量	mass-average relative molecular mass	$\bar{M}_{r,w}$	2.7
質量平均モル質量	mass-average molar mass	$\bar{M}_w$	2.7
ジムプロット	Zimm plot		3.3.11
自由回転鎖	freely rotating chain		1.19
重合度	degree of polymerization	$X$	1.3
自由連結鎖	freely jointed chain		1.16
重量分布関数	weight-distribution function		2.15
重量平均重合度	weight-average degree of polymerization	$\bar{X}_w$	2.12
重量平均分子量	weight-average molecular weight	$\bar{M}_{r,w}$	2.7
重量モル屈折率増分	molal refractive index increment		3.3.6
シュルツ-ジム分布	Schulz-Zimm distribution		2.16
シュルツ-フローリー分布	Schulz-Flory distribution		2.17
小粒子	small particle		3.3.1
酔歩鎖	random-walk chain		1.16

術 語	英 語	記 号	定義番号
数分布関数	number-distribution function		2.14
数平均重合度	number-average degree of polymerization	$\bar{X}_n$	2.12
数平均相対分子質量	number-average relative molecular mass	$\bar{M}_{r,n}$	2.6
数平均分子量	number-average molecular weight	$\bar{M}_{r,n}$	2.6
数平均モル質量	number-average molar mass	$\bar{M}_n$	2.6
スタウディングー指標	Staudinger index	$[\eta]$	3.2.21
素抜け	freely draining		3.2.6
積分分布関数	integral distribution function		2.13
セグメントの排除体積	excluded volume of a segment		3.1.8
摂動広がり	perturbed dimensions		1.8
z 平均重合度	z-average degree of polymerization	$\bar{X}_z$	2.12
z 平均相対分子質量	z-average relative molecular mass	$\bar{M}_{r,z}$	2.8
z 平均分子量	z-average molecular weight	$\bar{M}_{r,z}$	2.8
z 平均モル質量	z-average molar mass	$\bar{M}_z$	2.8
(z+1) 平均重合度	(z+1)-average degree of polymerization	$\bar{X}_{z+1}$	2.12
(z+1) 平均相対分子質量	(z+1)-average relative molecular mass	$\bar{M}_{r,z+1}$	2.9
(z+1) 平均分子量	(z+1)-average molecular weight	$\bar{M}_{r,z+1}$	2.9
(z+1) 平均モル質量	(z+1)-average molar mass	$\bar{M}_{z+1}$	2.9
選択吸着	preferential sorption, selective sorption		3.1.13
選択溶媒	selective solvent		3.1.14
相対分子質量	relative molecular mass	$M_r$	1.1
相対粘度	relative viscosity	$\eta_r$	3.2.17
相対粘度増分	relative viscosity increment	$\eta_i$	3.2.18
組成不均一性	compositional heterogeneity		2.1
対数正規分布	logarithmic normal distribution		2.20
対数粘度数	logarithmic viscosity number	$\eta_{ln}$	3.2.20
第2ビリアル係数	second virial coefficient	$A_2$	3.1.7
大粒子	large particle		3.3.2
濁度滴定	turbidimetric titration		3.3.16
多分散ポリマー	polydisperse polymer		2.4
タンク分布	Tung distribution		2.19
段 高	plate height	$H$	3.4.13
短鎖分枝	short-chain branch		1.23
段 数	plate number	$N$	3.4.12
単分散ポリマー	monodisperse polymer		2.3
断面積	cross-section		3.3.7
抽出分別	extraction fractionation		3.4.5
長鎖分枝	long-chain branch		1.24
沈降係数	sedimentation coefficient	$s$	3.2.11
沈降速度法	sedimentation velocity method		3.2.14
沈降平衡	sedimentation equilibrium		3.2.12
沈降平衡(法)	equilibrium sedimentation (method)		3.2.13
沈殿分別	precipitation fractionation		3.4.4
等価球	equivalent sphere		1.4,3.2.2
等価鎖	equivalent chain		1.17
等屈折率の	isorefractive		3.3.17
統計コイル	statistical coil		1.15
統計セグメント	statistical segment		1.18
等密度の	isopycnic		3.1.17
特性比	characteristic ratio	$C_N, C_\infty$	1.13

術 語	英 語	記 号	定義番号
濁り度	turbidity		3.3.9
熱力学的等価球	thermodynamically equivalent sphere		1.4
粘度関数	viscosity function	$\Phi$	3.2.24
粘度数	viscosity number		3.2.19
粘度比	viscosity ratio	$\eta_r$	3.2.17
粘度平均重合度	viscosity-average degree of polymerization	$\bar{X}_v$	2.12
粘度平均相対分子質量	viscosity-average relative molecular mass	$\bar{M}_{r,v}$	2.10
粘度平均分子量	viscosity-average molecular weight	$\bar{M}_{r,v}$	2.10
粘度平均モル質量	viscosity-average molar mass	$\bar{M}_v$	2.10
濃厚相	concentrated phase		3.4.3
排除限界分子量	molecular-weight exclusion limit		3.4.7
排除限界モル質量	molar-mass exclusion limit		3.4.7
ハギンス係数	Huggins coefficient	$k_H$	3.2.23
ハギンス式	Huggins equation		3.2.22
ばね-ビーズ模型	bead-spring model		3.2.5
汎用校正	universal calibration		3.4.10
比屈折率増分	specific refractive index increment		3.3.6
ピーク広がり関数	spreading function		3.4.11
非素抜け	non-draining		3.2.7
非摂動広がり	unperturbed dimensions		1.7
微分分布関数	differential distribution function		2.13
ビリアル係数	virial coefficients		3.1.7
不均一ポリマー	non-uniform polymer		2.4
部分素抜け	partially draining		3.2.8
フローリー定数	Flory constant	$\Phi$	3.2.24
フローリー-ハギンス理論	Flory-Huggins theory		3.1.11
フローリー分布	Flory distribution		2.17
分子内遠距離相互作用	long-range intramolecular interaction		1.6
分子内近距離相互作用	short-range intramolecular interaction		1.5
分子量	molecular weight	$M_r$	1.1
分子量分布補正	polymolecularity correction		2.21
分布関数	distribution function		2.13
分 別	fractionation		3.4.1
平均重合度	average degree of polymerization	$\bar{X}$	2.12
平均相対分子質量	relative molecular-mass average	$\bar{M}_r$	2.5
平均分子量	molecular-weight average	$\bar{M}_r$	2.5
平均モル質量	molar-mass average	$\bar{M}$	2.5
ポアソン分布	Poisson distribution		2.18
膨張係数	expansion factor	$\alpha_r, \alpha_s, \alpha_\eta$	3.1.10
棒-ビーズ模型	bead-rod model		3.2.4
保持体積	retention volume		3.4.9
ポリマー希薄相	polymer-poor phase		3.4.2
ポリマー濃厚相	polymer-rich phase		3.4.3
ポリマー分子の排除体積	excluded volume of a macromolecule		3.1.9
ポロド-クラトキー鎖	Porod-Kratky chain		1.21
マーク-ホーウィンク式	Mark-Houwink equation		3.2.25
摩擦係数	frictional coefficient	$f$	3.2.1
末端間距離	end-to-end distance	$r$	1.11, 1.12
末端間ベクトル	end-to-end vector	$r$	1.10
見かけの相対分子質量	apparent relative molecular mass	$M_{r,app}$	2.11

術 語	英 語	記 号	定義番号
見かけの分子量	apparent molecular weight	$M_{r,app}$	2.11
見かけのモル質量	apparent molar mass	$M_{app}$	2.11
ミクログェル	microgel		1.27
ミー散乱	Mie scattering		3.3.18
密度勾配場における沈降平衡	equilibrium sedimentation in a density gradient		3.2.16
みみず状鎖	worm-like chain		1.21
モル質量	molar mass	$M$	1.2
溶解性パラメーター	solubility parameter	$\delta$	3.1.16
溶出体積	elution volume		3.4.8
溶媒の質	quality of solvent		3.1.4
溶媒の熱力学的特性	thermodynamic quality of solvent		3.1.4
ランダムコイル	random coil		1.15
離散分布関数	discrete distribution function		2.13
立体因子	steric factor	$\sigma$	1.20
流体力学的体積	hydrodynamic volume		3.2.3
流体力学的等価球	hydrodynamically equivalent sphere		3.2.2
流動複屈折	streaming birefringence, flow birefringence		3.2.9
粒子散乱因子	particle scattering factor	$P(\theta), P_\theta$	3.3.10
粒子散乱関数	particle scattering function	$P(\theta), P_\theta$	3.3.10
累積分布関数	cumulative distribution function		2.13
レイリー比	Rayleigh ratio	$R(\theta), R_\theta$	3.3.7
連続屈曲鎖	continuously curved chain		1.21
連続分布関数	continuous distribution function		2.13

## 文 献

- [1] IUPAC. ポリマーに関する術語の基本的定義 1974. *Pure Appl. Chem.* **40**, 477-491 (1974). 本書第 1 章に掲載.
- [2] IUPAC. ポリマーに関する立体化学の定義と概念 (1980 年勧告). *Pure Appl. Chem.* **53**, 733-752 (1981). 本書第 2 章に掲載.
- [3] IUPAC. 高分子科学におけるモル質量関連用語に関する覚え書き. *Makromol. Chem.* **185**, No. 1 の付録 (1981). *J. Polym. Sci., Polym. Lett. Ed.* **22**, 57 (1984), および他の雑誌.