

分子がつくるナノの不思議

組織委員会挨拶	2
文部省挨拶	3

Aセッション ナノ分子をつくる

高分子がつくるナノの世界 - ミクロ相分離	中浜 精一	8
ブロック共重合体の構造と特徴		
ポリスチレン - ポリイソプレン - ポリスチレントリブロック共重合体の構造と特性		
ブロック共重合体の合成 / ABCトリブロック共重合体の相分離構造と特性		
HEMA / スチレンブロック共重合体の特徴		
HEMA / スチレンブロック共重合体の抗血栓性とその表面構造		
テレケリックポリマーの利用 / ブロック共重合体の分子設計に向けて		
らせんの形をした高分子	八島 栄次	18
らせんとは / 右巻きらせんと左巻きらせん / らせん高分子の構造		
安定ならせん高分子 / 動的ならせん高分子 / らせんに誘起する / らせんの向きをかえる		
らせんの形を記憶する / らせん高分子による光学分割 / らせん構造の制御と機能発現		
ナノヘアをはやしたマイクロ粒子	川口 春馬	27
ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)の特徴 / 感温性ハイドロゲル粒子の特性		
PNIPAM 粒子の電気泳動移動度の温度制御 / 微粒子表面の温度応答性		
タンパク質の吸着・脱着の温度制御 / 架橋構造化による温度応答性粒子		
架橋構造化からナノヘア微粒子へ / ナノヘア微粒子の作製法		
グラフト重合によるナノヘアの作製 / 架橋 PNIPAM シェル粒子の特性		
溶媒組成変化による体積相転移の誘因 / 結論		
シリコンでポリマーをつくる	川上 雄資	38
はじめに / ケイ素化合物の特徴と用途 / ケイ素の発見と単離法		
有機ケイ素ポリマーの特性 / 有機ケイ素ポリマーの立体規則性制御		
ポリジエン骨格を有する側鎖型液晶ポリマーの設計 / 気体透過膜の設計 / 光学異性体とその重合		
光学活性ポリカルボシランの合成 / 水からポリマーをつくる / まとめ		

Bセッション 基調講演

ナノ化学の世界	国武 豊喜	50
生物の階層性とナノ化学 / 蛋白質の構造と機能 / ナノ技術 / フラーレンの選別		
分子認識と超分子 / 分子シャトル / デンドリマーの特徴 / 金ナノ粒子の特徴		
自己組織化による単分子膜の形成 / 吸着法による分子薄膜の形成		
規則的な分子膜の可能性 / 新しい膜作製と広がる応用範囲		

Cセッション ナノ分子の動き

光を集めるナノ粒子 - デンドリマーの世界	相田 卓三	60
デンドリマーとは / デンドリマーの構造と特徴		
光合成における光捕集とエネルギー伝達 / デンドリマーの光捕集アンテナ機能		
青色光を発するデンドリマーの開発 / デンドリマーの空間形態と光捕集アンテナ機能		
次世代の物質科学をリードするデンドリマー		
不思議な分子ナノチューブ	原田 明	68
さまざまなチューブ / 分子チューブの合成方法 / シクロデキストリンの種類と構造		
分子ネックレスの合成 / 分子ネックレスの構造 / 分子チューブの合成		
分子チューブの性質 / チューブ状分子の特異的な分子とりこみ		
疎水性分子チューブの合成 / 基板上での分子チューブの合成 / まとめ		

目次

金属ナノ粒子の働き	戸嶋 直樹	80
貴金属はどこに使われるか / 金属ナノ粒子とは / 金属ナノ粒子の特異な性質と利用		
金属ナノ粒子の機能を支える効果 / 金属ナノ粒子の作製法と安定化		
金属ナノ粒子の触媒作用 / 二元金属ナノ粒子の構造 / Pd / Pt 二元金属ナノ粒子の触媒作用		
二元金属ナノ粒子の一般的構造モデル / コア / シェル構造生成の条件と過程		
コア / シェル構造二元金属ナノ粒子の生成機構 / 逐次還元による逆コア / シェル構造の生成		
銅 / 貴金属二元金属ナノ粒子 / まとめ		
原子・分子操作で電子素子を創る	和田 恭雄	94
高度情報化社会を担う素子への期待 / 半導体素子の発展 / 半導体加工技術の限界		
なぜ、原子・分子サイズの電子素子か / 原子・分子サイズ電子素子の歴史		
分子エレクトロニクスの実現に向けて / 分子単電子トランジスタ		
分子パーソナルスーパーコンピュータへの道 / STM の原理		
新しいSTMの開発 / 分子デバイスの新たな可能性		
Dセッション 分子を集める		
分子のつくるメソスコピックの世界	君塚 信夫	108
溶液中での二分子膜形成 / メソスコピック領域とは		
メソスコピック領域における超分子組織の開発 / 水中における水素結合の形成		
超分子化学への両親媒性概念の導入 / 相補的サブユニットの合成 / 超分子膜の形成		
水中再構成による超分子膜の形成 / 超分子膜の形成と会合定数 / 超分子膜と二分子膜の違い		
有機溶媒中における超分子膜の形成 / 非二分子膜系超分子組織の設計 / まとめ		
電気を通す液晶分子 - 光りもする液晶分子	赤木 和夫	121
液晶の分類 / 液晶性と導電性の融合 / 液晶性をもつ導電性高分子の特徴		
液晶性共役系高分子の合成 / 液晶性ポリアセチレン誘導体 / 芳香族系共役系高分子		
PPP と PPV の合成法 / 液晶性共役系高分子の温度特性 / 発光性		
液晶性共役系高分子の自律配向性 / 自律配向性 / 発光性の異方性		
強誘電液晶性を有する共役系高分子 / まとめ		
タンパク質を並べたら	相澤 益男	135
タンパク質の機能の発現にはコンフォメーションがたいせつ		
自己組織化でタンパク質超分子系のコンフォメーション変化を誘導する		
カルモジュリンのコンフォメーション変化で酵素を活性化する		
タンパク質超分子系でインテリジェント材料を実現 / 部位特異的にタンパク質を脂質で修飾する		
単鎖抗体の末端に脂質をつける / 遺伝子工学によるユニークな脂質修飾法を開発		
抗原認識部位を表面にディスプレイしたイムノリボソームの作製に成功		
脂質修飾抗体結合タンパク質の自己組織化膜に抗体分子を並べる		
RecA タンパク質で単一分子レベルの DNA シーケンシングを可視化		
切って集めたタンパク質	樋口 富彦	145
はじめに / ミトコンドリアの概略 / ミトコンドリアのエネルギー変換機構		
ミトコンドリアの電子伝達反応は、無配線2次元拡散システムで起こっている		
生物のエネルギー通貨である ATP の合成 / 世界最小のステップモーターとしての ATP 合成酵素		
ATP 合成酵素の発現のシンクロナイゼーション		
ミトコンドリアの増殖を制御する遺伝子 / エピローグ		
Eセッション 分子を動かす		
分子を回転させてメモる	松重 和美	158
さまざまな分子の形 / 分子を移動・回転させる装置の出現 / SPM の原理		
STM による超高密度分子メモリの開発 / STM による分子記憶 / 強誘電性有機分子の回転		
局所分極領域の検知 / AFM デテクターの原理 / 半導体から分子素子へ / 新しい展開に向けて		

分子電線、分子スイッチはつくれるか……………中嶋 直敏 168
はじめに / 分子膜インターフェイスの設計・創製
電子移動インターフェイスとしての二分子膜フィルム修飾電極
二分子膜フィルム修飾電極デバイスの設計・作製 / 分子電線モデルとベクトル電子移動
ジアリールエテン修飾電極デバイスによる電子移動の光スイッチ
光駆動型分子シャトル / フラーレンの利用 / おわりに

環境でかわる分子の形……………長崎 幸夫 178
はじめに / 望まれる高分子材料とは / 高分子のコイル - グロビュール転移
ソフト&ウエット材料への力学強度付加 / ロッド - グロビュール転移ポリマーの創出
ポリサイラミン強度の温度特性 / ロッド - グロビュール転移を利用したハイドロゲル
ロッド - グロビュール転移利用 - ハイドロゲルの特徴 - / 安定スキン層の形成
ポリサイラミンゲルの爆発 / カメレオンの舌

Fセッション パネル討論・分子がつくるナノの不思議

情報電子材料分野の機能材料と商品化……………村山 徹郎 188
機能材料 / 商品開発に求められるもの / デジタル印刷版の開発

ナノ科学、ナノ技術はどのような可能性をもつか……………国武 豊喜 ほか 190
新しい科学・技術の創成に向けて / なぜ、ナノサイズか
ナノ科学、ナノ技術への要望 / ナノ科学による新しい可能性の創成
分子コンピュータの実現へ / フラーレン誘導体の可能性
バイオサイエンスの可能性 / ナノレベルでダイナミックスをどうとらえるか
ナノ科学の達成予測 / 機能性材料実現へのタイムスケジュール
バイオテクノロジーを50年後に凌駕 / 市場ドライブとマネジメントドライブ
新しい研究体制の構築を / 新しい電子回路を

演者紹介…………… 202

高分子がつくるナノの世界

マイクロ相分離

中浜 精一

東京工業大学大学院理工学研究科教授

高分子がつくるマイクロ相分離構造は10～100nmレベルの構造で、ブロック共重合体が形成する高分子に特有の世界です。まず、新分野を開拓するブロック共重合体として、どのようなものが合成できるかという点について触れ、次に、それらが形成するマイクロ相分離構造について述べます。このマイクロ相分離構造はバルク中でも起こりますが、物質表面でも興味深い挙動を示し、特殊な機能を発揮することについても説明します。最後に、高分子の片末端や両末端にのみ官能基をもつテレレリックポリマーと、そのような小さな機能をつけるだけで大きな分子量をもつ高分子には自己集合する力があることを紹介します。

ブロック共重合体の構造と特徴

高分子は小さな分子が連なった鎖状の構造をもっています。そのなかで、A、B2種の繰り返し単位からなる共重合体では、それらがランダムにつながるランダム共重合体、ABAB……と交互に繰り返してつながる交互共重合体、およびブロック状につながるブロック共重合体があります(図1A)。このブロック共重合体においては、それぞれのセグメント鎖長

と体積比に対応して、マイクロ相分離を起こし(図1B)、ナノメートル規模の球、シリンダー、ラメラなど種々の構造体を形成します(図1C)。

これらのマイクロ相分離構造は、合成高分子の典型的なナノメートル規模の高次構造のひとつであり、重合反応における構造制御が進歩すれば、さらに多様なナノ構造体の形成が可能になると考えられています。

ちなみに、2種類の異なるセグメントでできているのが従来のブロック共重合体ですが、最近、3種類のセグメントからなるブロック共重合体も設計通りにできることが明らかになりました。2種類あるいは3種類の異なる部分がつながったとき、互いに混合することを避けるために、ある構造を形成することになります。

つまり、前述のように、A、Bの両体積がほぼ同じ分量である場合は、ラメラ状構造つまりサンドイッチのような相構造に分離します。それに対して、一方が体積的に少ないと、シリンダー状になり、さらには球状に分離します。そして、その中間には複雑な共連続構造を形成することもわかっています。

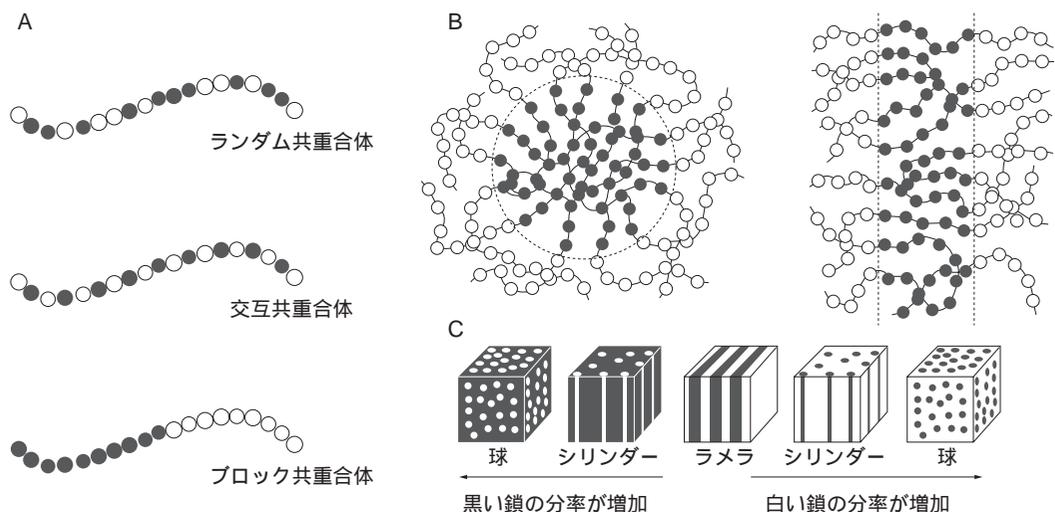


図1 ブロック共重合体が形成するマイクロ相分離構造。

A：共重合体の鎖構造、B：マイクロ相分離構造の発現、C：マイクロ相分離構造の形態

ポリスチレン - ポリイソブレン - ポリスチレントリブロック共重合体の 構造と特性

よく知られているものにポリスチレン(S)-ポリイソブレン(I)-ポリスチレン(S)からなるトリブロック共重合体があります。それは、S-I-Sのブロックシーケンスをもち、かつポリスチレンが球状構造をとるもので(図1C)、熱可塑性エラストマーとして工業的に大量に生産されており、現在その需要はさらに増大しつつあります。そのマイクロ相分離構造は、軟らかなポリイソブレンがマトリックスとして全体に海をつくり、その海に硬いポリスチレンの島が浮かんで物理的な架橋点となり、エラストマーが形成されます。

しかし、イソブレンとスチレンを逆につないだI-S-Iでは、このようなネットワーク構造は形成されず機械的強度が十分ではなく、実用的な価値は失われます。このように、S-I-Sでも体積比が異なるため、ほかのナノ構造を有したもののや、球状ナノ構造でもS-Iジブロッ

ク共重合体やI-S-Iトリブロック共重合体は力学的性質が劣るため、実用的ではありません。このように、熱可塑性エラストマーは、高分子の1次構造とナノ構造およびバルク物性の関係が解明されているよい例となっています。

ブロック共重合体の合成

最近、各種のリビング重合系が開発され、従来のアニオンリビング重合に加えてラジカル、カチオン、配位、GTP、ROMPなどのリビング重合反応を利用して、新しい組み合わせの多種多様なブロック共重合体が合成できるようになってきました。また、1種類のリビング重合反応では合成できないブロックポリマーも重合活性種を変換することによって合成できるケースがたくさん見出されています。さらに、これらのブロック共重合反応のなかには分子量や分子量分布、ブロックシーケンスを厳密に制御できるだけでなく、立体構造もあわせて制御できる重合反応系も見出されてきています。

その結果、繰り返し単位の化学構造は同じ