

橋本相分離構造プロジェクトの研究成果

目次

1. 非相溶ポリマーのブレンド法	2
2. ポリマーブレンド系の共連続構造の構築	3
3. スーパーラメラ構造の構築	6
4. ブロック共重合体のブレンドによる種々のメゾ構造の構築	8
5. ブロックポリマーのメゾ構造構築による発色	10
6. ナノ多孔体	12
7. ポリマー・金属微粒子ハイブリッド体	14
8. コロイド粒子系の構造構築	17
9. 高分子ゲルの内部構造の構築	20

1. 非相溶ポリマーのブレンド法

通常の溶媒キャスト法では困難な強偏析系の相分離初期構造の凍結を、超臨界溶液状態からのクエンチ(Flash)によって実現

研究成果の概要

ポリスチレン-ポリエチレンプロピレンブロック共重合体(PS-b-PEP)の溶液を超臨界状態から常温・大気圧へのジャンプによるクエンチを行い、相分離の初期構造を凍結することに成功した。更に、Flash後の相分離構造は、Sponge状構造(共連続構造)をとっていることを明らかにした。(図1、図2)

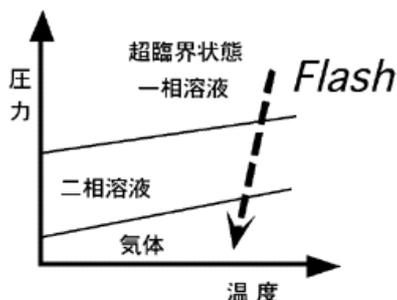


図1 瞬間的な溶媒の揮発による構造の凍結

Flashにより凍結される初期構造はキャストで得られる構造よりも小さい
また、平衡状態で発現するラメラ構造でなくSponge状構造となる。

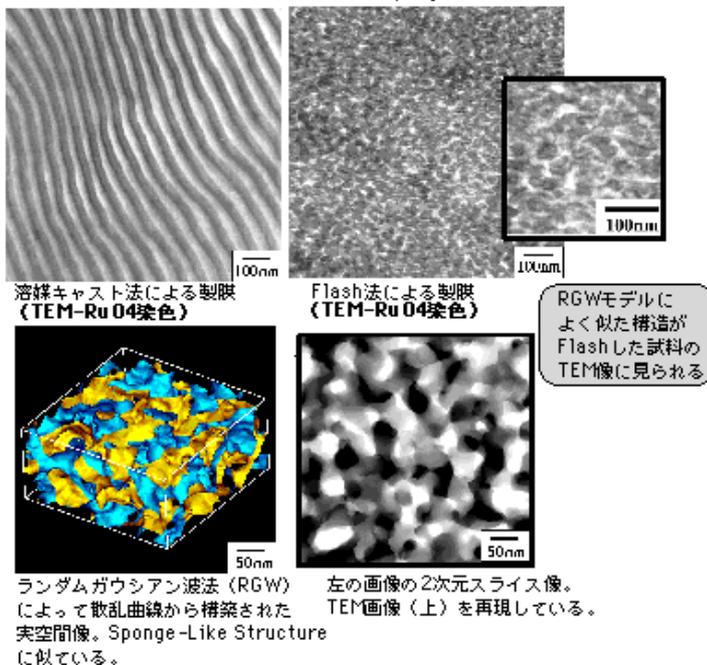


図2

成果の展開可能なシーズ、用途等

- 1) 100nm以下という超微小相分離構造を持つポリマーアロイ構造体を提供。
- 2) 物理的、化学的に相乗的機能と特性を持つポリマー複合体を提供。

特許出願

- 1) ポリマーアロイ超微小相分離構造体とその製造法

特 願：平9-140195(平成9年5月29日)

出 願 人：科学技術振興事業団、熊野 勝文

請求の概要：非相溶なポリマーを超臨界流体のような高温高压流体溶媒で相溶化し、急激に圧力低下させて溶媒を気化させ、100nm以下の超微小相分離構造(相分離初期構造)を形成する。

報告書他

- 1) H.Jinnai, T.Hashimoto, D.Lee and S.H.Chen. Morphological Characterization of Bicontinuous Phase-Separated Polymer Blends and One-Phase Microemulsions. *Macromolecules*, Vol.30, No.1, p.130-136 (1997)

〔研究者名〕熊野 勝文、陣内 浩司、西川 幸宏、橋本 竹治

2. ポリマーブレンド系の共連続構造の構築

高分子混合系の相分離過程に現れる構造は共連続構造（スポンジ状構造）

研究成果の概要

スチレンブタジエンランダム共重合体とポリブタジエンの混合系などのようなほぼ分子量、粘度が等しい対称的な高分子混合系は、相分離過程で共連続なスポンジ状構造を現す。各時間における特徴的長さでスケールされた構造関数、界面の曲率分布が、時間によらず一致することにより、各相分離時間での相分離構造界面の状態は相似であり、相分離構造は、グローバルな形態においても界面のようなローカルな形態においても、動的スケーリング則が成立することがわかった。このことより、相分離構造の細部にわたる形態の時間変化を将来にわたって予測できる。

(図 1)

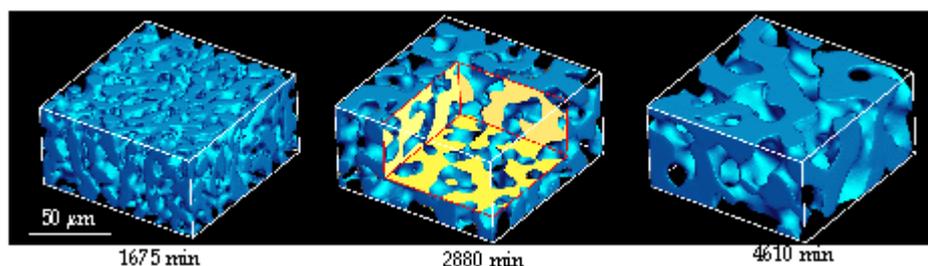


図 1 LSCM による実空間観察および解析 (LOCAL (局所的) な構造情報)

成果の展開可能なシーズ、用途等

- 1) 制御された相分離構造を持つポリマーアロイの開発。
- 2) 相分離界面分析手法として確率された方法は、曲面全体を一つの関数で表示する必要がなく、また、正確な法線の方角を知ることを必要とせずに、三次元曲率という幾何学的な量をパラメーターとして物体形状を測定、認識でき、物体の構造強度の計算、地図、地形の解析等に利用可能。

特許出願

- 1) 三次元曲率の測定方法

特 願：平 7-284489(平成 7 年 10 月 4 日)

出 願 人：科学技術振興事業団

請求の概要：被測定対象である物体の界面の注目点を通る界面上の複数の経路を想定し、経路を表す関数式の一次微分及び二次微分からパラメーターを求め、フィッティング関数を使用して平均曲率及びガウス曲率、それらの空間分布、分布関数ならびに界面全体にわたる平均量を求める。測定された曲率は物体の形状認識に使用され、構造強度等の算出基礎として利用される。

報告書他

- 1) N. Ise and M. V. Smalley. Thermal Compression of Colloidal Crystals: Paradox of the Repulsion-Only Assumption. *Physical Review B*, Vol.50, No.22, p.16722-16725 (1994)
- 2) H. Yoshida, N. Ise and T. Hashimoto. Void Structure and Vapor-Liquid Condensation in Dilute Deionized Colloidal Dispersions. *J. Chem. Phys.*, Vol.103, No.23, p.10146-10151 (1995)
- 3) M. V. Smalley. On the Helmholtz Free Energy of Highly Charged Plates in an Electrolyte; Reply to the Criticisms. *Langmuir*, Vol.11, No.5, p.1813-1816 (1995)
- 4) H. Yoshida, N. Ise and T. Hashimoto. Restricted Motion of a Particle Trapped Inside a Void in a Colloidal Dispersion. *Langmuir*, Vol.11, No.8, p.2853-2855 (1995)
- 5) H. Jinnai, Y. Nishikawa, T. Koga and T. Hashimoto. Direct Observation of Three-Dimensional Bicontinuous Structure Developed via Spinodal Decomposition. *Macromolecules*, Vol.28, No.13, p.4782-4784 (1995)
- 6) A. E. Ribbe, T. Hashimoto and H. Jinnai. Complex Image Generation in the Laser Scanning Confocal Microscope of a Polymer Blend System. *J. Materials Science*, Vol.31, p.5837-5847(1996)
- 7) S. H. Chen, D. D. Lee, K. Kimishima, H. Jinnai and T. Hashimoto. Measurement of the Gaussian Curvature of the Surfactant Film in an Isometric Bicontinuous One-Phase Microemulsion. *Physical Review E*, Vol.54, No.6, p.6526-6531 (1996)
- 8) H. Jinnai, T. Hashimoto, D. Lee and S. H. Chen. Morphological Characterization of Bicontinuous Phase-Separated Polymer Blends and One-Phase Microemulsions. *Macromolecules*, Vol.30, No.1, p.130-136 (1997)
- 9) H. Jinnai, T. Koga, Y. Nishikawa, T. Hashimoto and S. T. Hyde. Curvature Determination of Spinodal Interface in a Condensed Matter System. *Physical Review Letters*, Vol.78, No.11, p.2248-2251 (1997)
- 10) T. Hashimoto, H. Jinnai, Y. Nishikawa, T. Koga and M. Takenaka. Sponge-Like Structure and Their Gaussian Curvatures in Polymer Mixtures and Microemulsions. *Progr. Colloid Polym. Sci.*, Vol.106, p.118-126 (1997)
- 11) Y. Nishikawa, H. Jinnai, T. Koga, T. Hashimoto and S. T. Hyde. Measurements of Interfacial Curvatures of Bicontinuous Structure from Three-dimensional Digital Images. 1. A Parallel Surface Method. *Langmuir*, Vol.14, No.5, p.1242-1249 (1998)
- 12) T. Hashimoto, H. Jinnai, Y. Nishikawa and T. Koga. "Sponge-like" structures in polymer blends: visualization, physico-mathematical analyses, and universality. *Macromolecular Symposia*, accepted
- 13) H. Jinnai, Y. Nishikawa, T. Hashimoto. Curvature Distribution of Spinodal Interface in a Condensed Matter System. *Physical Review Letters*, submitted
- 14) 陣内 浩司. 高分子混合系のスピノーダル分解過程. *海外高分子研究*, Vol.40, No.12, p.225-226 (1994)

- 15) 橋本 竹治, 陣内 浩司, 西川 幸宏, 古賀 毅, 廣川 能嗣. 高分子多成分系におけるメゾパターンの発現と制御—共連続構造の三次元構築と界面の微分幾何学的解析—. 京都大学日本化学繊維研究所講演集(第 53 集), p.57-65 (1996)
- 16) 橋本 竹治. 時評:多成分高分子の構造形成:“高分子相形成(Polymer Phasing)”. 社団法人繊維学会, 繊維学会誌「繊維と工業」Vol.54, No.11, p.379-380 (1998)
- 17) H. Jinnai, Y. Nishikawa, T. Koga and T. Hashimoto. Real-Space Studies on Interface in a Phase-Separated Polymer Blend by Laser Scanning Confocal Microscopy. Interfacial Aspects of Multicomponent Polymer Materials, eds. D. J. Lohse, T. P. Russel and L. H. Sperling, Plenum (New York), p.53-61 (1997)

〔研究者名〕 陣内 浩司、西川 幸宏、古賀 毅、橋本 竹治

3. スーパーラメラ構造の構築

単一グレイン構造を形成し、本来持つべき異方性を顕在化

研究成果の概要

ブロックコポリマーのマイクロ相分離構造の秩序化過程を制御する事により、単一グレイン構造を形成し、本来持つべき異方性を顕在化させることができた。スーパーグレイン構造のさらなる制御方法を検討し、シリンダー構造等の他の相分離構造への適用を試みる。これら制御されたスーパーラメラ構造体やスーパーシリンダー構造体は屈折率や電気抵抗等の異方性を持つ事が予想され、有機体による光学素子等への応用が期待される。(図1、図2)

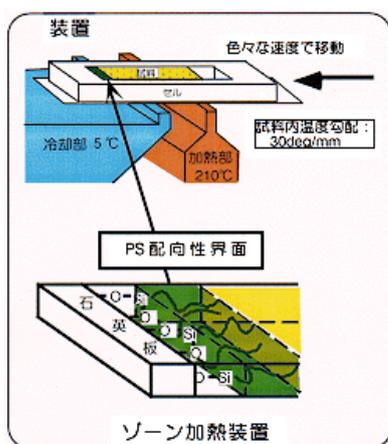


図1 配向性界面からの構造形成
加熱帯と冷却帯の間でポリマーをゆっくりと移動させ、配向性界面から逐次ポリマーの秩序化を進める。

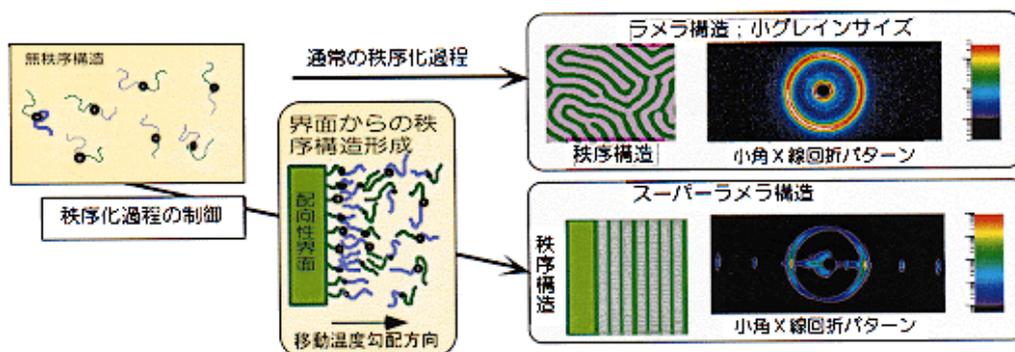


図2 秩序化によるスーパーラメラの形成機構

成果の展開可能なシーズ、用途等

- 1) 光学異方性プラスチック、位相差補償板、プラスチック各種物性の制御構造体として有用なブロック共重合体のマイクロ相分離構造体。種々のデバイスとして応用。

特許出願

1) ポリマーのマイクロ相分離構造体とその形成方法

特 願：平 9-140196(平成 9 年 5 月 29 日)

出 願 人：科学技術振興事業団、船木 克典

請求の概要：互いに非相溶なポリマー鎖を持つブロック共重合体のマイクロ相分離構造を、ポリマー鎖の一方にのみ親和性のある選択的配向性界面によって形成し、三次元異方性の性質を持つポリマーのマイクロ相分離構造体を得る。

報告書他

1) T. Hashimoto, J. Bodycomb, Y. Funaki and K. Kimishima, *Macromolecules*, submitted. J. Bodycomb, Y. Funaki, K. Kimishima and T. Hashimoto, *Macromolecules*, submitted.

〔研究者名〕 J. Bodycomb, 船木 克典、君島 康太郎、橋本 竹治

4. ブロック共重合体のブレンドによる種々のメゾ構造の構築

各高分子間の斥力のバランスによるモルホロジーの制御決定

研究成果の概要

PS-PEP/PS-HPI 混合系において、PEP/HPI 間の斥力が大きい場合はマクロ相分離が支配的であった。斥力が小さくなるとマイクロ相分離が支配的になり、PEP, HPI ポリマーは混合して1つのマイクロドメインを形成した。このマイクロドメイン内で、PEP ポリマーのドメイン中央への局在化が観察され、水添率の異なる混合系で、PEP の局在化の様子が異なると見られた。(図1)

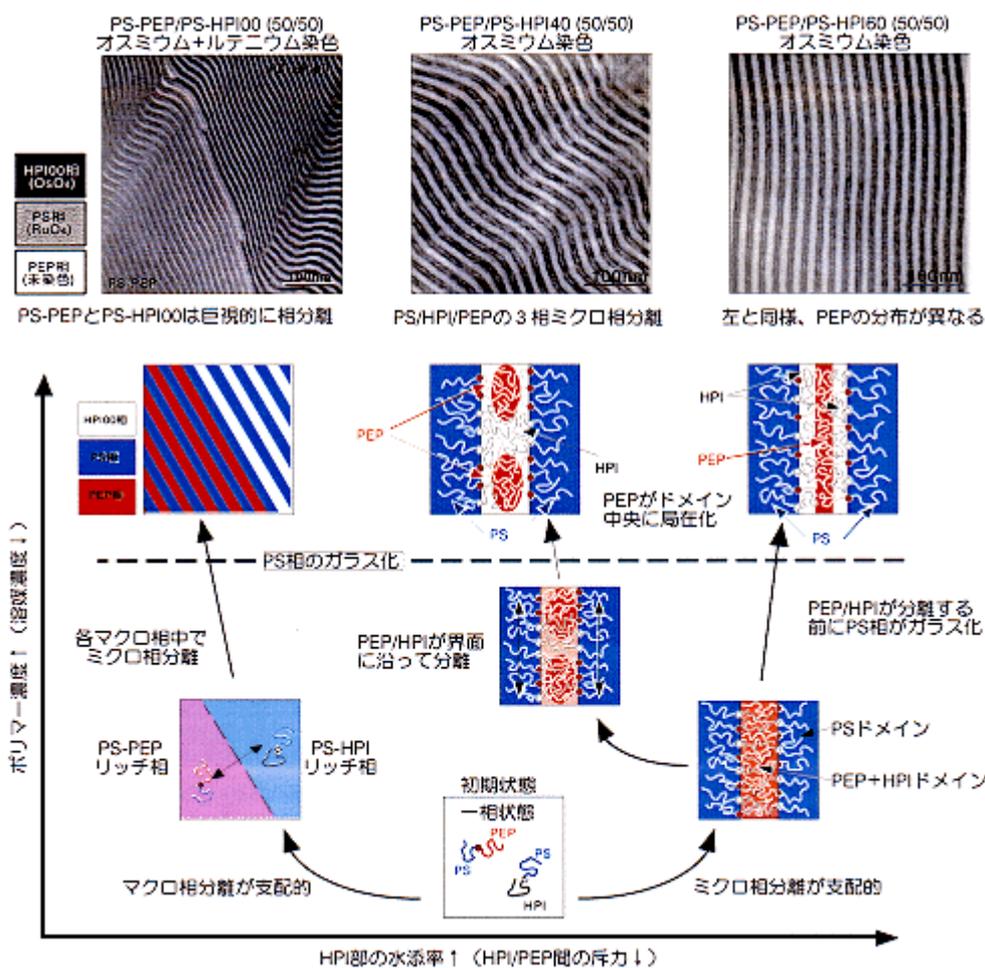


図1 溶媒蒸発過程での相分離構造の形成

成果の展開可能なシーズ、用途等

- 1) ブロック共重合体ブレンド系のマイクロ構造の制御。

特許出願

なし

報告書他

- 1) K. Kimishima, H. Jinnai and T. Hashimoto. Control of Self-Assembled Structures in Binary Mixtures of A-B Diblock Copolymer and A-C Diblock Copolymer by Changing the Interaction between B and C Block Chains. *Macromolecules*, submitted
- 2) 古賀 毅、君島 康太郎、橋本 竹治. 高分子のナノ構造制御. *プラスチック エージ エンサイクロペディア 進歩編'98* p.1-12 (1997)

〔研究者名〕 君島 康太郎、陳内 浩司、橋本 竹治

5. ブロックポリマーのメゾ構造構築による発色

ブロック共重合体のマイクロ相分離構造のスペーシングを制御することにより、相分離構造に基づくブラッグ回折に対応した波長の着色光（イリデセント色、虹彩色）を観察

研究成果の概要

ポリスチレン-ポリイソブレンブロック共重合体のキャストフィルムが極大反射波長に対応した色が観察された。（図1、図2）

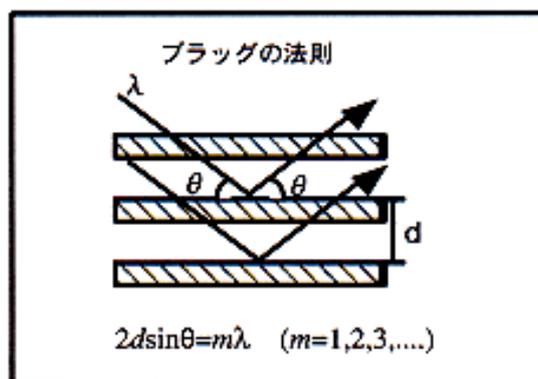


図1 相分離構造のドメイン間距離を d とすると単色光 λ_0 に対するブラッグの法則は式(1)となる。

$$2d \sin \theta = m(\lambda_0/n) \quad \text{式(1)}$$

ここで、

λ_0 : 真空中の単色光の波長

n : キャストフィルムの屈折率（ポリスチレンの屈折率 = 1.592）

m : ブラッグ反射の次数

式(1)より $\theta = \pi/2$ で選択反射を起こす光の波長を λ_{\max} とすると、式(2)が得られる。

$$3.184d = m \lambda_{\max} \quad (m = 1, 2, 3 \dots) \quad \text{式(2)}$$

白色光の $\theta = \pi/2$ における反射光強度の測定より λ_{\max} が算出でき、式(2)から d 値が算出でき、他の方法（小角・超小角散乱）で得られる d 値と比較することが出来る。

キャストフィルム	A	B
フィルムの色	青	緑
極大反射波長	509nm	534nm
(2)より見積もられる d	160nm	168nm
USAXSより得られた d	165nm	184nm

図2

成果の展開可能なシーズ、用途等

- 1) 発色材料として機能する高分子構造体の製造。

特許出願

- 1) 発色性高分子構造体とその製造方法

特 願：平 9-249410(平成 9 年 8 月 29 日)

出 願 人：科学技術振興事業団、船木 克典

請求の概要：互いに非相溶で屈折率の異なる 2 種以上のポリマーの相から構成されるマイクロ相分離構造からなり、各相によって形成される格子間隔が可視光線の波長に対応している発色性高分子構造体を得る。

報告書他

- 1) 金澤 祐子、堤 聖晴、船木 克典、廣川 能嗣、橋本 竹治. ブロック共重合体のマイクロ相分離構造を利用した発色. 第 47 回高分子学会年次大会, 京都, [III Pc 093], Polymer Preprints, Japan, Vol.47, No.3, p.630 (1998)

〔研究者名〕 船木 克典、廣川 能嗣、堤 聖晴、坂本 直紀、金澤 祐子、橋本 竹治

6. ナノ多孔体

ブロック共重合体の共連続相分離構造の一方の相を分解するか、その相中に共存しているホモポリマー等を溶解して多孔体を得る。

研究成果の概要

- 1) ポリスチレン-ポリイソプレンブロック共重合体(PS-b-PI)、PI-ポリ(2-ビニルピリジン)ブロック共重合体(PI-b-P2VP)を用いて、共連続構造を形成させ、オゾンによりポリイソプレン相を選択的に分解し、PS、P2VP の多孔体を得た。
- 2) コポリマーとホモポリマーのマクロ相分離構造を利用し大きい連続孔を形成し、コポリマーのミクロ相分離構造を利用して小さい連続孔を形成することにより、孔径がサブミクロンの連続孔を有する多孔性のポリマー骨格中に、孔径がナノメートルオーダーの連続孔が形成されている 2 重構造連続多孔体を得た。

(図 1)

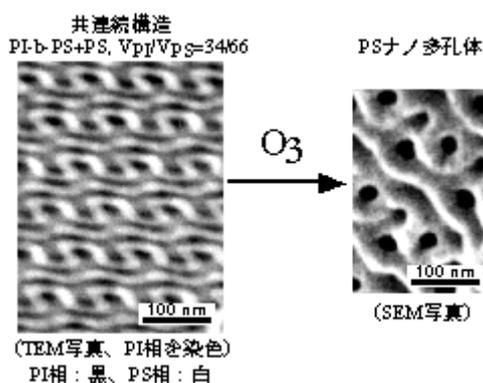


図 1 高分子ナノ多孔体の作成

成果の展開可能なシーズ、用途等

- 1) メンブレンリアクターとしての基材。
- 2) 金属メッキなどによる複合化。

特許出願

- 1) 金属・有機ポリマー複合体と多孔体

特 願：平 9-140193(平成 9 年 5 月 29 日)

出 願 人：科学技術振興事業団、船木 克典

請求の概要：互いに非相溶の 2 種以上のポリマー鎖が各々の末端で結合したブロック共重合体による金属・有機ポリマー複合体であって、前記ブロック共重合体のミクロ相分離構造の一方の相にのみ金属微粒子が含有されている多孔体。

- 2) 二重構造連続多孔体とその製造方法

特 願：平 9-249409(平成 9 年 8 月 29 日)

出 願 人：科学技術振興事業団、船木 克典

請求の概要：孔径が数百 nm～数十 nm の連続孔を有する多孔性のポリマー骨格中に、孔径が数 nm～数百 nm の連続孔が形成されている 2 重構造連続多孔体。

報告書他

- 1) T. Hashimoto, K. Tsutsumi and Y. Funaki. Nanoprocessing Based on Bicontinuous Microdomains of Block Copolymers: Nanochannels Coated with Metals. *Langmuir*, Vol.13, No.26, p.6869-6872 (1997)
- 2) 君島 康太郎, 堤 聖晴, 橋本 竹治. 高分子のナノ構造制御の基礎. 日刊工業新聞社発行「工業材料」1998年6月号, Vol.46, No.6, p.61-66 (1998)

〔研究者名〕 堤 聖晴、船木 克典、橋本 竹治

7. ポリマー・金属微粒子ハイブリッド体

ポリマーの自発的な構造形成を利用し、その構造内に選択的に金属微粒子を導入。

研究成果の概要

- 1) ポリ(2-ビニルピリジン)(P2VP)またはポリ(2-ビニルピリジン)-ポリイソプレングロブク共重合体(P2VP-b-PI)で安定化したパラジウム超微粒子を形成。
- 2) ポリマー保護パラジウム超微粒子と P2VP-b-PI を混合後溶液キャスト。保護ポリマーの設計で高分子の相分離構造内への金属超微粒子が導入される位置を制御。

(図1、図2)

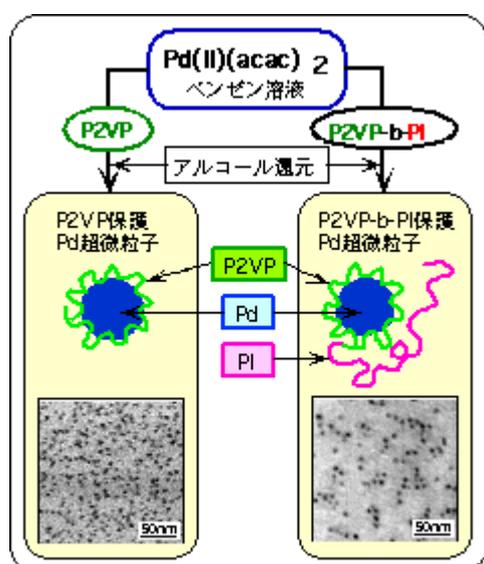


図1 ポリマー保護金属超微粒子の作成

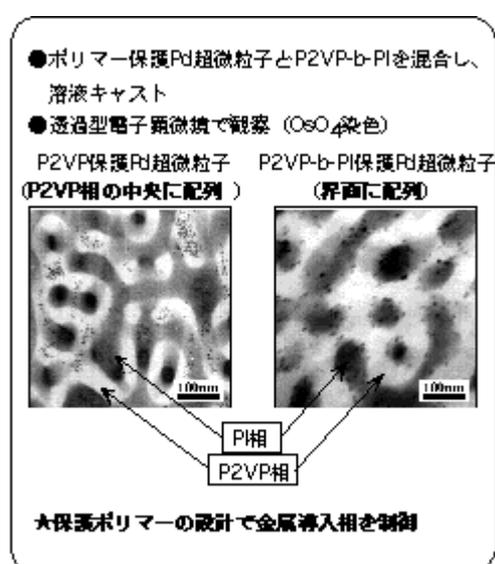


図2 ポリマー保護金属超微粒子の相分離構造内への選択的導入

成果の展開可能なシーズ、用途等

- 1) メンブレンリアクターへの応用。
- 2) 相分離構造を制御することにより、電気伝導度等の異方性ポリマーの作成。

特許出願

- 1) 有機ポリマー保護金属クラスター複合体

特 願：平9-55234(平成9年3月10日)

出 願 人：科学技術振興事業団、船木 克典

請求の概要：非水溶性有機ポリマーによって金属クラスターを保護することにより、ナノメートルサイズの金属クラスターを安定して形成させたポリマー複合体を提供する。

2) 金属・有機ポリマー複合体と多孔体

特 願：平 9-140193(平成 9 年 5 月 29 日)

出 願 人：科学技術振興事業団、船木 克典

請求の概要：互いに非相溶な 2 種以上のポリマー鎖が各々の末端で結合したブロック共重合体による金属・有機ポリマー複合体を用いて、マイクロ相分離構造の一方の相にのみ金属超微粒子が含有された金属・有機ポリマー複合体とその多孔体とする。

3) 金属・有機ポリマー複合体

特 願：平 9-140194(平成 9 年 5 月 29 日)

出 願 人：科学技術振興事業団、船木 克典

請求の概要：互いに非相溶の 2 種以上のポリマー鎖を持つブロック共重合体またはポリマーブレンドのマイクロ相分離構造の一方の相にのみ微細空孔が形成されて金属超微粒子が担持されている複合体とする。

4) 金属含有量の高い金属・有機ポリマー複合構造体および多孔体ならびにその製造方法

特 願：平 9-241872(平成 9 年 8 月 22 日)

出 願 人：科学技術振興事業団、船木 克典

請求の概要：金属と親和性のあるポリマー鎖と親和性のないポリマー鎖が各々の末端で結合したブロック共重合体で被覆保護された金属超微粒子自身から直接形成されるマイクロ相分離構造からなる金属・有機ポリマー複合体、および金属と親和性のないポリマーの相が空孔化されている多孔体。

5) 金属・有機ポリマー複合構造体および多孔体ならびにその製造方法

特 願：平 9-241873(平成 9 年 8 月 22 日)

出 願 人：科学技術振興事業団、船木 克典

請求の概要：互いに非相溶の 2 種またはそれ以上のポリマー鎖が各々の末端で結合したブロック共重合体のマイクロ相分離構造からなり、マイクロ相分離構造における一方のポリマーの相内の骨格表面近傍に金属超微粒子が含有されている金属・有機ポリマー複合体、および他方のポリマー相が空孔化されている多孔体。

6) 金属・有機ポリマー複合構造体とその製造方法

特 願：平 10-262365(平成 10 年 9 月 1 日)

出 願 人：科学技術振興事業団、奥村 有道

請求の概要：互いに非相溶な 2 種またはそれ以上のポリマー鎖が各々の末端で結合したブロック共重合体のマイクロ相分離構造からなり、マイクロ相分離構造における一方のポリマーの相内の中央付近に金属超微粒子が選択的に含有されている金属・有機ポリマー複合構造体。

7) 列状に配置された金属超微粒子を含有する金属・有機ポリマー複合構造体とその製造方法

特 願：平 10-262366(平成 10 年 9 月 1 日)

出 願 人：科学技術振興事業団

請求の概要：互いに非相溶な 2 種またはそれ以上のポリマー鎖が各々の末端で結合したブロック共重合体のマイクロ相分離構造からなり、マイクロ相分離構造における一方のポリマーの相内に金属超微粒子が選択的に含有され列状に配置されている金属・有機ポリマー複合構造体。

《外国出願》

1) Metal-organic polymer composite structure and production thereof

米国出願：09/037563

EPC 出願：98301695.7

請求の概要：ナノメートルオーダーの金属微粒子を非水溶性ポリマーでコーティングし、保護することで複合体とする。

報告書他

1) T. Hashimoto, K. Saijo, M. Harada and N. Toshima. Small-Angle X-ray Scattering Analysis of Polymer-Protected Platinum, Rhodium, and Platinum/Rhodium Colloidal Dispersions. J. Chem. Phys., Vol.109, No.13, p.5627-5638 (1998)

〔研究者名〕 堤 聖晴、船木 克典、奥村 有道、原田 雅史、坂本 直紀、橋本 竹治

8. コロイド粒子系の構造構築

イオン性コロイド系の相図を作成、相転移条件を明らかにした。

研究成果の概要

- 1) シリカコロイドを用い、 C_s (塩濃度)、 ϕ (粒子濃度)および σ_e (表面電荷密度)を変数として固-液相転移の相図を超小角 X 線散乱法などにより決定した。(図 1)
- 2) C_s および ϕ の変化に対する固-液相転移点の変化は予想された挙動(点線で示した)と一致したが、 σ_e については固体(結晶)状態を与える最大および最小値が存在すること、また、液相、固相、固・液共存相、気・液共存相が存在すること(図 3 参照)が明らかになった。
- 3) コロイド結晶は原子・分子系結晶の場合と同様、グレイン構造を持ち、その大きさは固-液相移点に近づくに従って増加した。図 2 に、 ϕ を変化させた場合のグレインサイズの変化を示す(共焦点レーザー顕微鏡像。図 1 中に測定条件を示した)。

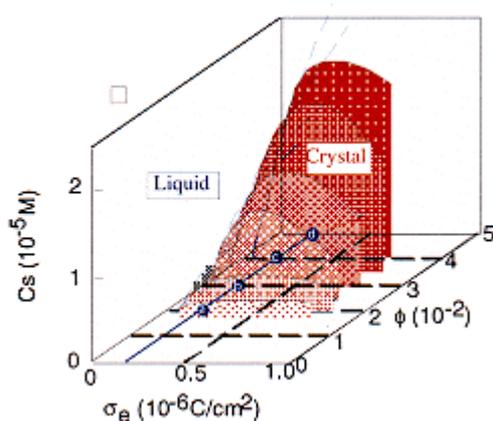


図 1 シリカコロイド分散系の固-液相転移の相図
赤色で示した領域が結晶相

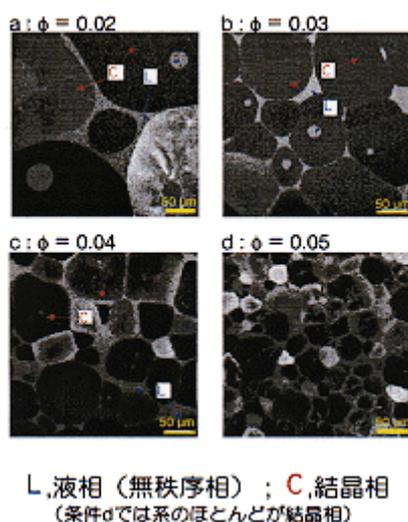


図 2 結晶の共焦点レーザー顕微鏡像

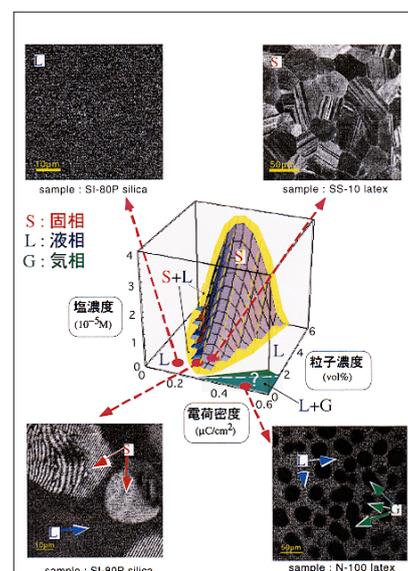


図 3 イオン性コロイド系の相転移

成果の展開可能なシーズ、用途等

- 1) コロイド結晶の作成
- 2) センサーなど

特許出願

- 1) 温度変化により可逆的に結晶化するイオン性コロイド系およびそれを利用するコロイド結晶の製造方法

特 願：平 10-145095(平成 10 年 5 月 11 日)

出 願 人：科学技術振興事業団

請求の概要：表面に電荷を有するコロイド粒子、コロイド粒子を分散させる液体媒質、および液体媒質中において解離度が温度変化と共に変化する弱電離物質を含むイオン性コロイド系を外部から加熱または冷却することにより結晶相(秩序相)、液相(無秩序相)を生成させる。

報告書他

- 1) H. Yoshida, N. Ise and T. Hashimoto. Void Structure and Vapor-Liquid Condensation in Dilute Deionized Colloidal Dispersions. *J. Chem. Phys.*, Vol.103, No.23, p.10146-10151 (1995)
- 2) H. Yoshida, N. Ise and T. Hashimoto. Restricted Motion of a Particle Trapped Inside a Void in a Colloidal Dispersion. *Langmuir*, Vol.11, No.8, p.2853-2855 (1995)
- 3) J. Yamanaka, T. Koga, N. Ise and T. Hashimoto. Control of Crystallization of Ionic Silica Particles in Aqueous Dispersions by Sodium Hydroxide. *Physical Review E*, Vol.53, No.5, p.4314-4317 (1996)
- 4) M. V. Smalley. Long Range Attraction in Charged Colloids. in “Ordering and Phase Transitions in Charged Colloids”, eds. A. K. Arora and B. V. R. Tata, VCH Publishers (New York), p.315-337 (1996)
- 5) J. Yamanaka, T. Koga, N. Ise and T. Hashimoto. Order-Disorder Transition in Aqueous Dispersions of Ionic Colloidal Silica Particles. *Progr. Colloid Polym. Sci.*, Vol.106, p.270-273 (1997)
- 6) J. Yamanaka, T. Koga, H. Yoshida, N. Ise and T. Hashimoto. Influence of Particle Charge Number on the Order-Disorder Transition in Electrostatically Stabilized Colloidal Dispersions. The 2nd Tohwa University International Meeting, “Statistical Physics-Experiments, Theories and Computer Simulations”, Ed. M. Tokuyama and I. Oppenheim, World Scientific, p.59 (1997)
- 7) H. Yoshida, J. Yamanaka, T. Koga, N. Ise and T. Hashimoto. Novel Crystallization Process in Dilute Ionic Colloids. *Langmuir*, Vol.14, No.3, p.569-574 (1998)
- 8) J. Yamanaka, H. Yoshida, T. Koga, N. Ise and T. Hashimoto. Reentrant Solid-Liquid Transition in Ionic Colloidal Dispersions by Varying Particle Charge Density. *Physical Review Letters*, Vol.80, p.5806-5809 (1998)
- 9) J. Yamanaka, H. Yoshida, T. Koga, N. Ise and T. Hashimoto. Reentrant Order-Disorder Transition in Ionic Colloidal Dispersions by Varying Particle Charge Density. *Langmuir*, submitted
- 10) H. Yoshida, J. Yamanaka, T. Koga, T. Koga, N. Ise and T. Hashimoto. Transition between

Ordered and Disordered Phases and Their Coexistence in Dilute Ionic Colloidal Dispersions. Langmuir, submitted

- 11) J. Yamanaka, H. Yoshida, T. Koga, N. Ise and T. Hashimoto. Reentrant Order-disorder Transition in Ionic Colloidal Dispersions by Varying Particle Charge Density. Proceedings of the 50th Yamada Conference on Polyelectrolytes, submitted
- 12) J. Yamanaka, T. Koga, H. Yoshida, N. Ise and T. Hashimoto. Crystallization of Charged Colloidal Silica Dispersions with Increasing Temperature. Proceedings of the 8th Tohwa University International Symposium(仮題), submitted(American Institute of Physics より出版)

〔研究者名〕 山中 淳平、吉田 博史、橋本 竹治

9. 高分子ゲルの内部構造の構築

化学架橋により得られる高分子ゲルの内部構造構築機構を明確化

研究成果の概要

1) 白濁の見られる N-イソプロピルアクリルアミドゲルは、階層構造を有することを明らかにした。

2) 階相構造の生成機構を明らかにした。

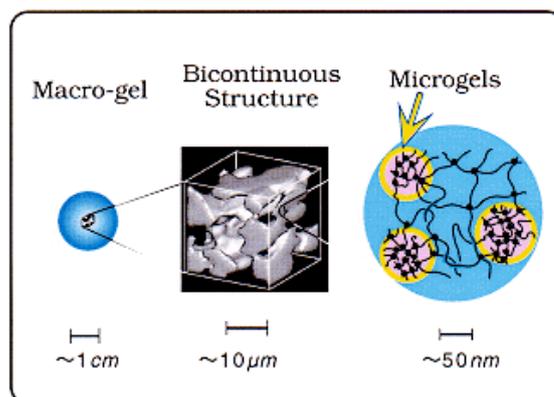
(図)

成果の展開可能なシーズ、用途等

1) 内部構造の制御による高分子ゲルの機能化

特許出願

なし



報告書他

- 1) 廣川 能嗣. 共焦点レーザースキャン顕微鏡. ゲルハンドブック, 第 1 編, 第 3 章, 第 2 節, 4.4.1, p.120-123 (1997)
- 2) Y. Hirokawa, T. Okamoto and T. Hashimoto. Formation process of internal structures in chemically crosslinked N-isopropylacrylamide gel. The Wiley Polymer Networks Group Review, Volume 2, edited by A. Elgsaeter and T. Stokke, accepted
- 3) Y. Hirokawa, T. Okamoto, K. Matsuzaka and T. Hashimoto. “Butterfly” light scattering pattern from stretched N-isopropylacrylamide gel. The Wiley Polymer Networks Group Review, Volume 2, edited by A. Elgsaeter and T. Stokke, accepted

〔研究者名〕 廣川 能嗣、岡本 拓也、橋本 竹治