

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23350114

研究課題名(和文) イオン液体を利用した高分子微粒子機能化法の確立とその応用

研究課題名(英文) Preparation of functional polymer particles using ionic liquids

研究代表者

南 秀人(MINAMI, HIDETO)

神戸大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：20283872

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,300,000円、(間接経費) 4,590,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、新規な環境適応型媒体・機能性物質として注目されているイオン液体を利用した高分子(複合)微粒子材料創製の新展開に挑戦した。主にイオン液体を媒体とした微粒子合成とイオン液体自体をモノマーとしたポリイオン液体(PIL)の合成を行った。イオン液体中では比較的低温にて高結晶無機物が得られることを利用して、熱に弱い高分子との複合化に成功した。PILでは、初めてミクロンサイズの単分散な微粒子形態への制御に成功し、汎用ポリマーとの複合化および界面科学的考察によりその内部構造制御法を明らかにした。さらに、イオン液体を用いたセルロース粒子の作製にも挑戦し、多孔質構造を有する粒子合成に成功した。

研究成果の概要(英文)：We have succeeded in preparing functional polymer and composite particles utilizing ionic liquids: 1) Polystyrene (PS)/Mg(OH)₂ composite particles were successfully prepared by seeded dispersion sol-gel process in an ionic liquid in the presence of PS seed particles. The composite particles had smooth surfaces and core-shell morphology consisting of PS core and Mg(OH)₂ shell having high crystallinity. 2) Micron-sized monodisperse poly(ionic liquid) (PIL) (and composite) particles were prepared by dispersion/emulsion polymerization. Moreover, it confirmed that the obtained particles maintained the properties of the ionic liquid. In addition, cellulose particles were successfully prepared by solvent releasing method, whereby cellulose-ionic liquid droplets dispersed in hexadecane were mixed with 1-butanol. This method is a simple approach for the preparation of cellulose particles having various structures using ionic liquid.

研究分野：化学

科研費の分科・細目：材料化学、高分子・繊維材料

キーワード：イオン液体 高分子微粒子 内部構造 有機無機複合粒子

1. 研究開始当初の背景

近年、環境問題に対する関心が高まる中、大量に使われていた有機溶剤の代わりに環境負荷の少ない水媒体への移行が急務となっている。研究代表者は、これまで水や超臨界二酸化炭素を媒体とした高分子微粒子合成、及び機能制御に関する一連の研究を行っている。高分子微粒子は、従来、塗料や接着剤など皮膜形態として用いられているが、生医学、情報、エネルギー分野といった先端工業分野において微粒子形態のままの機能性材料として重要性が強く認識され注目されている。

ところで“イオン液体”は塩でありながら常温において溶解している液体であり、不揮発性などの特徴を有することから、最近になり新規な環境適応型媒体として注目を集めている。有機合成や無機合成の分野においては従来系とは異なる反応性が観察されるなど機能性媒体としても大変注目を集めており、高分子合成分野においても一般的な有機媒体に比較して重合速度や分子量の増加が観察されるなど、その特異性が報告されている。また、イオン液体は、アニオンとカチオンの組合せによりイオン導電性や二酸化炭素高吸収性などの機能性を保持させることが可能であり、機能性物質としても注目され国内において高分子との複合化の先導的報告が行われている。しかしながら、イオン液体中での微粒子合成やイオン液体を複合化した機能性微粒子材料の合成に関する検討は世界的に見てもまだ殆ど行われていないのが現状である。

研究代表者は水や超臨界二酸化炭素を媒体として高分子微粒子合成に従事してきた観点より、イオン液体に関する課題において平成 19~20 年度若手研究 B、平成 21~22 年度挑戦的萌芽研究に採択され、世界に先駆けてイオン液体中での高分子微粒子の合成、及び複合化に成功してきた。

2. 研究の目的

本研究は、新規な環境適応型媒体・機能性物質として注目されている“イオン液体”を利用した高分子微粒子材料創製の新展開に挑戦する。これまで媒体として有機溶剤とは異なる特異な反応が起こるなど、多くの報告がなされているイオン液体を、不均一系での高分子微粒子合成媒体に適応し、コロイド及び、界面化学の観点から水や有機媒体系と比較によりその特徴を明らかにする。さらに、イオン液体中およびイオン液体との複合化により新規な微粒子合成を創製し、通常の媒体とは異なる不均一系での機能性高分子微粒子合成概念を確立することを目的とする。さらに媒体としてではなく、イオン液体の特徴であるイオン導電性や不揮発性を利用した微粒子材料の機能化法の確立へと発展させていくことを目指す。

3. 研究の方法

(1) イオン液体中で合成したポリアクリル酸(PAA)の分散安定挙動および水への抽出現象を界面科学的に明らかにするため異種イオン液体、及び有機溶剤を媒体に用いた分散重合により作製したポリアクリル酸粒子の抽出を行い、イオン液体が抽出現象に与える影響について検討を行った。

(2) イオン液体中での無機材料と高分子材料の複合化に関して既に明らかにしているが、水や有機溶剤など従来系よりも低温で複合化させること、イオン液体中にてのみ複合化できる現象の詳細の解明を目的とし、イオン液体中における硝酸マグネシウムのシード分散ゾル-ゲル反応により PS/結晶性酸化マグネシウム(MgO)複合粒子合成を試みた。

(3) ポリイオン液体(PIL)は、重合性官能基を有するイオン液体であるイオン液体モノマーを重合することにより得られ、高分子とイオン液体の特徴を併せ持つ新規な機能性材料として期待され、盛んに研究が行われている。しかしながら、PILの粒子化に関する報告例は非常に少なく、粒子径・粒子径分布の制御を目的とし、分散重合によりマイクロサイズで単分散なイオン液体ポリマー微粒子の合成を試みた。

(4) PILの塩添加による粒子構造の破壊/再構築挙動を検討し、イオン液体由来の特異性を利用した機能化を試みた。

((5) PILの粒子化において適用可能な重合法の拡大を目的とし、学術的、工業的に広く用いられている乳化重合やシード重合法への適用とその重合条件の最適化について検討を行う。また、乳化重合により得られたPIL微粒子に関するイオン液体性及び粒子物性に関する検討を行った。

(6) 水や有機媒体に不溶なセルロースがいくつかのイミダゾリウム系イオン液体に前処理を施すことなく 100°C 程度の加熱で簡単に溶解させることができることを利用して、セルロース微粒子の形態制御を目的とし、セルロースのイオン液体([Bmim]Cl)溶液の分散滴を作製後、分散滴からイオン液体を除去、セルロースを析出させることでセルロース微粒子の作製を試みた。

4. 研究成果

(1) イオン液体 *N,N*-ジエチル-*N*-メチル-*N*-(2-メトキシエチル)アンモニウム ビス(トリフルオロメタンスルホン)アミド([DEME][TFSA])系と同様、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウム ビス(トリフルオロメタンスルホン)アミド([Bmim][TFSA])系においてもサブマイクロサイズの架橋ポリアクリル酸(PAA)粒子が生成されることを確認し、さらに得られたエマルジョンに水を接触させると、時間とともに上層の水相への抽出現象が観察された。一方、比較として有機溶剤であるクロロホルム系においては同様にサブマイクロサイズの架橋 PAA 粒子

は得られたものの、分散液に水を接触させても PAA 粒子は界面で留まり、水相への抽出は観察されなかった (Fig. 1)。ところが、クロロホルム中で作製した PAA 粒子を [Bmim][TFSA] 媒体に置換して抽出実験を行ったところ、PAA 粒子の抽出が観察されたことから PAA 粒子の水への抽出現象は IL が大きく関与していることが示唆された。また、クロロホルム媒体の PAA エマルジョンに、純水ではなくノニオン性界面活性剤である Tween 80、またはカチオン性界面活性剤であるテトラデシルトリメチルアンモニウムブロミド (TTAB) 水溶液を加えたところクロロホルム分散液から PAA 粒子の抽出が観察された。また、界面活性剤濃度により抽出挙動が変化しており、それぞれの界面張力値の測定により、界面張力値と PAA 粒子の抽出に相関関係があることが明らかとなった。このことからイオン液体からの PAA 粒子の抽出現象は高い疎水性を示すにもかかわらず、水との界面張力が低い値を示すイオン液体の特徴的な物性により観察された現象であることを明らかにした。

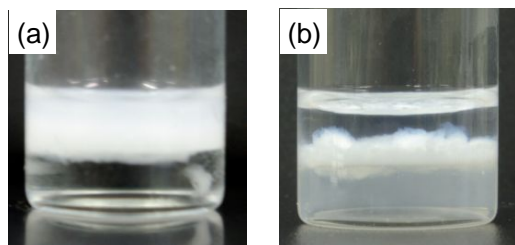


Fig. 1 [Bmim][TFSA], 及びクロロホルムを媒体とした分散重合により合成されたポリアクリル酸粒子分散体の水接触後の写真

(2) 2-プロパノール中及びイオン液体 [Bmim]Cl 中でのゾル-ゲル反応を行ったところ 2-プロパノール中では針状及び板状に結晶成長した粒子が得られたのに対し、[Bmim]Cl 中では 100 nm 程度の球状粒子が得られ、モルフォロジーに大きな違いが観察された。生成物の分析・同定を X 線回折により行ったところ、いずれの系においても期待された結晶性 MgO ではなく、水酸化マグネシウム [Mg(OH)₂] の生成が確認された。しかしながら、2-プロパノール系に比べ、[Bmim]Cl 系で得られた Mg(OH)₂ のほうが高結晶性であり、さらに水酸化物の熱処理を行うことで MgO に転移することも確認した。そこで、ポリスチレン (PS) シード存在下、同様のゾル-ゲル反応を行ったところ、2-プロパノール系の生成物 (Fig. 2a) は、シード粒子不在系で得られた生成物の形状を反映した針状及び板状の Mg(OH)₂ 単独結晶が多数生成し、複合粒子が得られなかった。一方、イオン液体系では副生微粒子が若干観察されるものの、滑らかな表面を有する粒子が得られ、Mg(OH)₂ が複合化されていることが示唆された (Fig. 2b)。イオン液体中で得られた生成物を四酸化ルテニウムにより染色後、

超薄切片を TEM にて観察したところ、PS をコア、Mg(OH)₂ をシェルとするコアシェル構造を形成していることが確認された (Fig. 2c)。また、熱重量分析より、複合化された Mg(OH)₂ は 17% と算出され、理論値 (19%) と良い一致を示し、従来の有機溶剤系では得ることのできなかつ、高結晶性かつ均一な厚みのシェルを有する有機/無機複合粒子合成が可能であることを明らかにした。

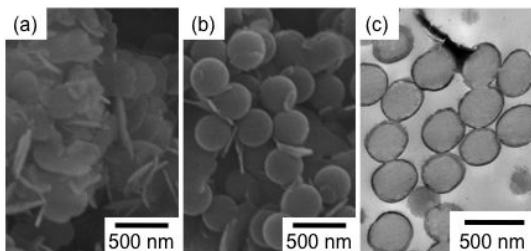


Fig. 2 [Bmim][TFSA], 及び chloroform を媒体として分散重合により合成されたポリアクリル酸粒子分散体の水接触後の写真

(3) これまでイオン液体を媒体として用いてきたが、イオン液体に二重結合を付与してモノマーとした検討を行った。エタノール媒体中にてイオン液体モノマーの分散重合を行ったところ、重合は誘導期間なくスムーズに進行し、適切な分散安定剤濃度下において D_n が 6.1 μm 、 C_v が 8.6% のミクロンサイズで単分散なポリイオン液体 (PIL) 粒子の合成に成功した。さらに、PIL 粒子の粒子径制御を行うため、通常の有機モノマー系の知見を基に、メタノールより PIL との親和性が比較的低いエタノールをメタノール媒体中に混合して重合を行ったところ、Fig. 3 に示すように媒体の混合比を変えることで C_v が 10% 前後の単分散性を保ったまま粒子径の制御が可能であることを明らかにした。また得られたポリマーの分子量を ¹H NMR にて評価したところ、30 万~60 万程度であった。

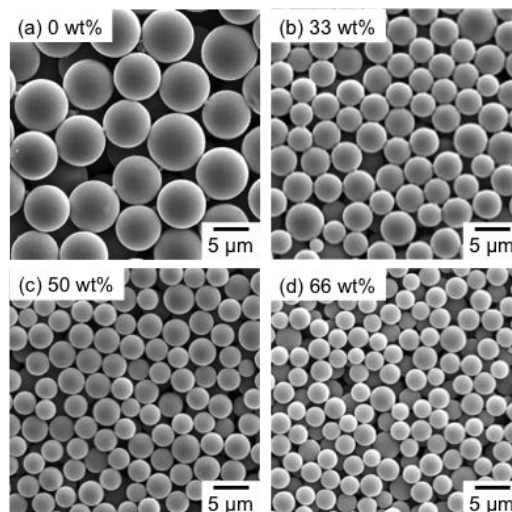


Fig. 3 様々なメタノール/メタノール組成中の分散重合により作成されたポリ[MTMA][TFSA] 粒子の走査型電子顕微鏡写真。エタノール濃度 (%): (a) 0; (b) 33; (c) 50; (d) 66.

(4) PILのイオン液体性を確認するために、得られたエマルションに塩であるLiBrを添加したところ、瞬時にエマルションが透明な溶液になる様子が観察され、アニオン交換によるPILの溶解性の変化が伺えた。この塩添加によるPIL粒子の溶解過程について、光学顕微鏡上にて詳細な観察を行ったところ、一般的な高分子微粒子は良溶媒を吸収し、膨潤した後、溶解するのに対し、PIL粒子は、添加塩のアニオン種に関係なく、粒子内部にドメインを形成した後、溶解するという非常に特異な溶解現象が観察された。また、塩添加後の粒子径は、塩添加前の粒子径と比較して増大したことから、媒体が粒子内部に侵入することでドメインが形成したと考えられる。この現象の媒体中における塩濃度の影響を確認するために、様々な塩濃度条件下でのPIL粒子の溶解過程の観察を行った。その結果、媒体中の塩濃度が低い場合、PIL粒子は溶解過程において中空構造を形成するのに対し、媒体中の塩濃度が高いと、中空構造を形成することなく溶解し、あるしきい値を有していた。このことより、アニオン交換されたPIL粒子内部と媒体である塩溶液の間で浸透圧が生じたことが要因であると考えられた。さらに、この浸透現象を利用することで、多孔質粒子作製が可能であることを見出した(Fig. 4)。

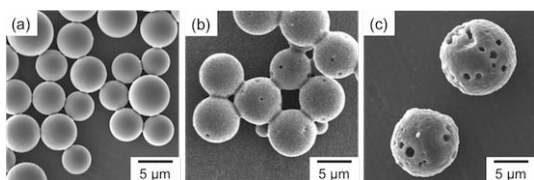


Fig. 4 P[MTMA][TFSA]粒子及び 5.0×10^{-3} wt% のLiBrエタノール溶液を添加した後、得られた粒子の走査型電子顕微鏡写真：添加量(a)7 mg, (b)21 mg

(5) PSシード粒子存在下にてイオン液体モノマー[MTMA][TFSA]のシード分散重合を行い、得られた粒子をSEMにて観察したところ、粒子径は非常に多分散になり、またPSシード粒子と思われるものの粒子径には変化が見られず、PSとPILが複合化しないことが確認された。これはPILの極性が高く、極性の低いPSとの複合化は熱力学的に不利なためだと考えられる。そこで、界面張力の観点から、PSに比べて極性の高いポリメタクリル酸メチル(PMMA)をシードとして用い、PMMAシード粒子存在下にてシード分散重合の検討を行ったところ、PS系とは異なり、副生微粒子の生成もなく、表面の滑らかな真球状粒子が得られた(Fig. 2)。SEM写真の画像解析により評価したところ、単分散性を保持したまま粒子径は2.8 μmから3.4 μmへ増大しており、この値は重合が100%進行した場合と良い一致を示した。また、得られた粒子の内部構造をTEMにて観察したところ、PMMAをマトリックス、PIL

をドメインとする海島構造であることが確認でき、粒子表面にもPILに起因する高いコントラストの層が確認された。これらの複合化について界面張力の関係からその妥当性も明らかにした。

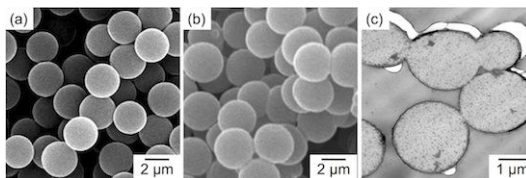


Fig. 5 ポリ[MTMA][TFSA]粒子(a)とMMAのシード重合後の複合粒子(b)の走査型電子顕微鏡写真、および複合粒子の超薄切片の透過型電子顕微鏡写真

さらに、乳化重合においてもPIL粒子の合成を検討した。一般的に広く用いられているアニオン性乳化剤SDSを用いて乳化重合を行ったところ、安定なエマルションは得られず、凝集が生じており、FT-IRにて分析したところ、SDSに起因する明瞭なピークが観察された。これはSDSと[MTMA][TFSA]間にてアニオン交換が生じたためであることが示唆された。そこでノニオン性開始剤であるVA-080及びノニオン性乳化剤であるTween 80を用いて乳化重合を行ったところ、凝集もなく安定なPIL粒子が得られ、適切な乳化剤濃度条件下では、比較的単分散なPIL粒子の合成に成功した。さらに、イオン液体の電荷を利用して[MTMA][TFSA]の無乳化剤乳化重合の適用にも成功した。

(6)最後に、イオン液体がセルロースを溶解することを利用してセルロース微粒子の合成を検討した。1-ブタノールを析出溶媒に用いた溶媒吸収放出法により得られたセルロース微粒子は、光学顕微鏡にて分散状態で観察をすると、媒体との屈折率差がほとんど無く、あたたかも膨潤している様子であった。しかし¹H NMRにより、1-ブタノールに添加前後のセルロース/イオン液体溶液を測定したところ、添加する前にはセルロースに由来するピークが観察されたが、添加した後はセルロースに由来するピークが観察されなかった。これは、1-ブタノール添加前にはセルロースは溶解しており、添加後にはセルロースは粒子内で析出していることを示している。これらの結果は膨潤様の光学顕微鏡観察の結果と矛盾する。さらに析出後の粒子にイオン液体の残存が懸念されたため、FT-IR測定を行ったところ、洗浄後の粒子にセルロース以外の成分は認められず、SEMにてその断面を観察すると緻密粒子であった。また、同一分散滴の粒子形成過程を段階的に光学顕微鏡により観察したところ、セルロース/イオン液体分散滴に1-ブタノールが添加されると、滴内から液体が溶出する様子が観察されたにもかかわらず、析出したはずのセルロース微粒子の粒子径はほとんど変化せず、アセトンを加えてもその粒径に変

化はなく同様であった。ところが観察を続けると、媒体のアセトンが揮発するのに伴い同時に粒子は収縮する様子が観察され、その収縮率は放出前のセルロース仕込み量から計算される粒径と良い一致を示した。

これらのことより、1-ブタノールにより析出させたセルロース微粒子は非常に微細な多孔質構造体を形成しており、乾燥過程での毛細管圧により、その構造が破壊され、収縮によって緻密様セルロース微粒子が生成していると考えられた。実際に、アセトン乾燥前後のセルロース微粒子を紫外可視分光光度計により透過率測定を行なったところ、乾燥前の粒子には微細構造の存在に由来する260 nm付近に吸収ピークが見られ、析出後のセルロース微粒子の凍結乾燥を行い、SEMにて観察すると、緻密構造ではなく非常に微細な多孔質構造が観察された(Fig. 6)。

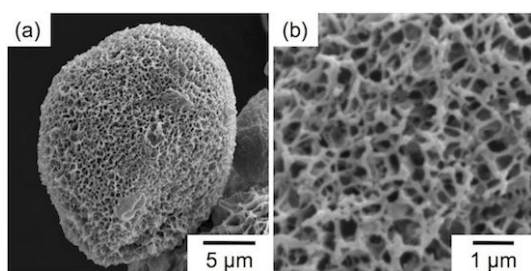


Fig. 6 セルロース/イオン液体溶液から析出法により作成した多孔質セルロース粒子の走査型電子顕微鏡

以上の結果は、10報の学術論文に掲載され、33件の口頭発表を行った。さらに上記研究において2件の招待講演を受けるなど、多大な成果を挙げることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計10件) すべて査読有

1. Andreas Späth, Hideto Minami, Toyoko Suzuki, Rainer H. Fink, Morphology changes of Ionic Liquid encapsulating Polymer Microcontainers upon X-ray Irradiation, *RSC Advances*, **4**, 3272-3277 (2014)
2. Toyoko Suzuki, Kyosuke Kono, Kengo Shimomura, Hideto Minami, Preparation of Cellulose Particles Using an Ionic Liquid, *J. Colloid Interface Sci.*, **418**, 126-131 (2014)
3. Masayoshi Tokuda, Toshiharu Sanada, Tatsunori Shindo, Toyoko Suzuki, Hideto Minami, Preparation of Submicron-sized Quaternary Ammonium-based Poly(ionic liquid) Particles via Emulsion Polymerization and Switchable Responsiveness of Emulsion Film, *Langmuir*, **30**, 3406-3412 (2014)
4. Keigo Kinoshita, Naoyuki Matsunaga,

Motoki Hiraoka, Hiroshi Yangagimoto, Hideto Minami, Preparation of Boron Nitride and Polystyrene/boron nitride Composite Particles by Dehydrogenation in Ionic Liquids, *RSC Advances*, **4**, 8605-8611 (2014)

5. Masayoshi Tokuda, Tatsunori Shindo, Hideto Minami, Preparation of Polymer/Poly(ionic liquid) Composite Particles by Seeded Dispersion Polymerization, *Langmuir*, **29**, 11284-11289 (2013)

6. Masayoshi Tokuda, Hideto Minami, Specific Solubility Behavior of Quaternary Ammonium-based Poly(Ionic Liquid) Particles by Changing Counter Anion, *J. Colloid Interface Sci.*, **398**, 120-125 (2013)

7. Hideto Minami, Keigo Kinoshita, Tomoki Tsuji, Hiroshi Yanagimoto, Preparation of Highly Crystalline Magnesium Oxide and Polystyrene/Magnesium Hydroxide Composite Particles by Sol-Gel Processes in an Ionic Liquid, *J. Phys. Chem. C*, **116**, 14568-14574 (2012)

8. Masayoshi Tokuda, Hideto Minami, Yusuke Mizuta, Tomoe Yamagami, Preparation of Micron-sized Monodisperse Poly(Ionic Liquid) Particles, *Macromol. Rapid Commun.*, **33**, 1130-1134 (2012)

9. Hideto Minami, Yusuke Mizuta and Akira Kimura, Phase Transfer Behavior of Cross-linked Poly(acrylic acid) Particles Prepared by Dispersion Polymerization from Ionic Liquid to Water, *Langmuir*, **28**, 2523-2528 (2012)

10. Keigo Kinoshita, Hideto Minami, Yasunori Tarutani, Kimitaka Tajima, Masayoshi Okubo, Hiroshi Yanagimoto, Preparations of Polystyrene/Aluminum Hydroxide and Polystyrene/Alumina Composite Particles in an Ionic liquid, *Langmuir*, **27**, 4474-4480 (2011)

〔学会発表〕(計31件)

1. Masayoshi Tokuda, Toshiharu Sanada, Tatsunori Shindo, Toyoko Suzuki, Hideto Minami, Preparation of quaternary ammonium-based poly(ionic liquid) particles by emulsion polymerization, 色材協会創立85周年記念会議(2013/10/24, タワーホール船堀)
2. Masayoshi Tokuda, Hideto Minami, Specific Solubility Behavior of Poly(Ionic Liquid) Particles by Changing the Counter Anion, IPCG Research Conference 2013 (2013/06/25, 上海, 中国, 復旦大学)
3. 徳田 真芳, 真田 敏春, 神藤 龍仁, 鈴

木 登代子,南 秀人,乳化重合によるイオン液体ポリマー微粒子の合成 第 59 回高分子研究発表会(神戸)(2013/07/12,兵庫県民会館)

4. 徳田 真芳,南 秀人,アニオン交換を利用したイオン液体ポリマー微粒子の特異な溶解挙動,第 62 回高分子学会年次大会(2013/05/31,京都国際会議場)

5. Masayoshi Tokuda, Hideto Minami, Preparation of Micron-sized Monodisperse Poly(ionic liquid) Particles, The 9th SPSJ International Polymer Conference (2012 年 12 月 12 日,神戸国際会議場)

6. 南 秀人,河野 恭介,鈴木 登代子,下村 健吾,イオン液体を利用したセルロース微粒子の作製,第 17 回高分子ミクロスフェア討論会(2012 年 11 月 18 日,東北大学)

7. 南 秀人,神藤 龍仁,徳田 真芳,水田悠介,シード分散重合法によるポリイオン液体複合微粒子の合成,第 58 回高分子研究発表会(神戸)(2012 年 07 月 13 日,兵庫県民会館)

8. Keigo Kinoshita and Hideto Minami, Preparations of Polystyrene/magnesium Hydroxide Composite Particles by Seeded Dispersion Sol-gel Process in an Ionic Liquid, IUPAC World Polymer Congress (MACRO2012), Virginia Tech Univ., USA (2012 年 06 月 24 日~2012 年 06 月 29 日)

9. 南 秀人,神藤 龍仁,徳田 真芳,水田悠介,分散重合による汎用高分子/イオン液体ポリマー複合微粒子の合成 第 50 回日本接着学会年次大会(2012 年 06 月 30 日,コラッセふくしま)

10. 木下 圭剛,南 秀人,柳本 博,イオン液体を媒体としたシード分散ゾル-ゲル反応によるポリスチレン/水酸化マグネシウム複合粒子の合成,第 92 回日本化学会春季年会(2012 年 3 月 25 日,慶応義塾大学)

11. Hideto Minami, Preparation of Functional Polymer Particles Using Ionic Liquids, the 4th Asian Symposium on Emulsion Polymerization and Functional Polymeric Microspheres (ASEPFPM2011) (2011 年 12 月 13 日,香港工科大学,中国)

12. 南 秀人,イオン液体を利用した機能性高分子微粒子の機能化,高分子講演会(東海)~高分子微粒子の精密合成と機能性材料への応用~(2011 年 12 月 1 日,三重大学)

13. Hideto Minami, Masayoshi Tokuda, Yusuke Mizuta, Tomoe Yamagami, Preparation of Poly(ionic liquid) Particles by Dispersion Polymerization, WINPTech2011 (2011 年 12 月 1 日,神戸大学)

14. 南 秀人,木下 圭剛,辻 知希,柳本 博,シード分散ゾルゲル法による有機/無機複合粒子合成におけるイオン液体の効果,第 60 回高分子学会討論会(2011 年 9 月 29 日,岡山大学)

15. 南 秀人,市川 寛子,鈴木 登代子,中井 雅也,イオン液体を含有した感温性ゲル粒子の作製,第 57 回高分子研究発表会(神戸)(2011 年 7 月 15 日,兵庫県民会館)

16. Hideto Minami, Keigo Kinoshita, Tomoki Tsuji, Hiroshi Yanagimoto, Preparation of Polystyrene/Magnesium Oxide Composite Particles in an Ionic Liquid, IPCG Polymer Colloids Conference 2011(2011 年 6 月 25 日, NH Univ., NH, USA)

17. 南 秀人,木下 圭剛,辻 知希,柳本 博,シード分散ゾル-ゲル反応によるポリスチレン/酸化マグネシウム複合粒子の合成,第 49 回日本接着学会年次大会(2011 年 6 月 17 日,愛知工大)

18. 南 秀人,水田悠介,大久保政芳,架橋ポリアクリル酸微粒子の抽出挙動におけるイオン液体の影響,第 60 回高分子学会年次大会(2011 年 5 月 25 日,大阪国際会議場)

他 13 件

〔図書〕(計 1 件)

1) Hideto Minami, Keigo Kinoshita, Akira Kimura, Masayoshi Okubo, Syntheses of Poly(acrylic acid) and Poly(acrylic acid)/Polystyrene Composite Particles in an Ionic Liquid, *Emulsion Polymerization and Functional Polymeric Microsphere -Science and Technology- Yonsei Univ. Press: Chapter 6, p 129-147 (2013)*

6. 研究組織

(1) 研究代表者

南 秀人(MINAMI HIDETO)
神戸大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 20283872

(2) 研究分担者

鈴木 登代子(SUZUKI TOYOKO)
神戸大学・大学院工学研究科・助手
研究者番号: 40314504