

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月 20日現在

機関番号：24506

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011

課題番号：22655036

研究課題名（和文） 刺激応答性ピコリッターカップ配列体の創出

研究課題名（英文） Preparation of stimuli-responsive pico-liter cup array

研究代表者

遊佐 真一 (YUSA SHIN-ICHI)

兵庫県立大学大学院工学研究科・准教授

研究者番号：00301432

研究成果の概要（和文）：球状シリカ微粒子の2次元コロイド結晶の上方向から金の真空蒸着を行った後、シリカ微粒子を超音波により基板から剥がすことで、半面がシリカでもう一方の面が金のヤヌス粒子を作成した。金を蒸着した面に pH などの外部環境変化に応答して性質が変わるポリマーをグラフトすることで、革新的な刺激応答性のヤヌス粒子を作成した。さらに、このヤヌス粒子作成法を用いてピコリッターサイズ反応容器の作製の足掛かりが得られた。

研究成果の概要（英文）：Gold was vacuum-deposited on one side of 6  $\mu\text{m}$ -diameter  $\text{SiO}_2$  particles to prepare Janus particles (JPs). A thiol-terminated pH-responsive polymer (pAaH-SH), prepared via reversible addition-fragmentation chain transfer (RAFT) controlled radical polymerization, was immobilized on the gold surface of the JPs. The flocculation and dispersion behavior of pAaH-SH-grafted JPs was observed with an optical microscope, and was found to be controllable based on the solution pH. Furthermore, in this study it is aimed to prepare Au pico-liter cup array grafted pH-responsive polymer at inside using pAaH-SH-grafted JPs preparation method.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	0	1,800,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,900,000	330,000	3,230,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・高分子化学

キーワード：高分子薄膜・表面、有機無機ハイブリッド

## 1. 研究開始当初の背景

球状のシリカ微粒子をガラス基板上に、2次元的に配向したコロイド結晶の作製を行い、上方向から金を真空蒸着することでシリカ微粒子の半面だけを金でコートしたヤヌス粒子を作製できると考えられる。さらに作製したヤヌス粒子は超音波でガラス基板か

ら剥離できると期待される。またヤヌス粒子のフッ化水素 (HF) による処理でシリカを溶解除去し、ミクロンサイズの金カップを作製できると予想される。チオール基を末端に持つ刺激応答性ポリマーの合成法と、金ナノ粒子表面へのグラフト法を用いることで、ヤヌス粒子の金面や、ピコリッターサイズの金カ

ップ規則配列体の内壁へのポリマーの修飾が可能だと考えた。

## 2. 研究の目的

本研究ではヤヌス粒子の作製および金面へ pH に応答して、水への溶解性が変化する pH 応答性ポリマーをグラフトすることを目的とした。さらに金ピコリッターカップ配列体を作製し、カップ内部への刺激応答性ポリマーのグラフト法を確立する。

## 3. 研究の方法

直径 6  $\mu\text{m}$  のシリカ微粒子の 1-ブタノール溶液を、水滴を乗せたガラス基板上に滴下した。さらに、溶媒を揮発して、シリカ微粒子の 2 次元コロイド結晶を作製した。鉛直方向からの金の真空蒸着で、シリカ微粒子の半面のみを金でコートした。作製した粒子に超音波を照射して、基板から剥離することでヤヌス粒子を作製した。さらにシリカを HF で除去することで、ミクロンサイズの金カップの作製を試みた。

刺激応答性ポリマーとして pH 応答性を示す脂肪酸を側鎖結合したポリ (6-アクリルアミドヘキサン酸) (pAaH) を可逆的付加-開裂連鎖移動 (RAFT) で重合してから、末端基をチオール基に変換して、ヤヌス粒子の金の面のみにポリマーをグラフトした (図 1)。

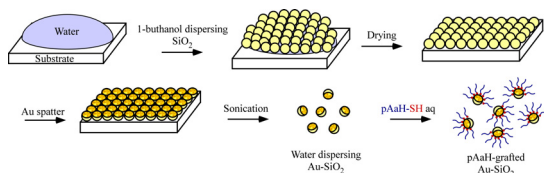


図 1 pH 応答性ヤヌス粒子の作製方法

## 4. 研究成果

pH 応答性の脂肪酸を側鎖結合したポリマーを合成するために RAFT 重合を行って pAaH を合成した。RAFT 重合で合成したポリ

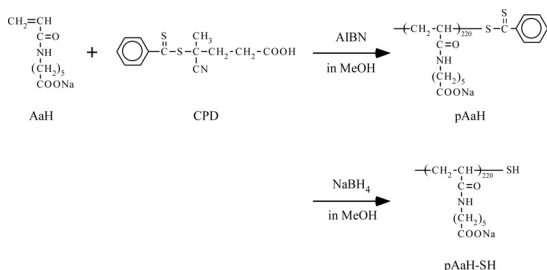


図 2 pH 応答性ポリマー (pAaH) の合成

マー鎖の末端には、連鎖移動剤由来のジチオエステル基が導入されるので、還元剤の水素

化ホウ素ナトリウムを用いた還元で、ポリマー鎖末端をチオール基に誘導した (図 2)。

末端基の分解を確認するため、分解前後の可視紫外吸収スペクトルを測定した。分解前は 300 nm 付近に吸収を持つジチオエステル基由来のピークが観測されたが、分解後は 300 nm の吸収が消失したので、チオール基の生成が確認できた。また、末端基分解前後のゲルパーミエーションクロマトグラフィー (GPC) 測定から得られた数平均分子量 ( $M_n$ ) および分子量分布 ( $M_w/M_n$ ) は 49300 および 1.20 だった。これらの値は分解前後でほとんど変化しなかった。

ポリマー水溶液が pH に対してどのように応答するか調べるため、ポリマーを水に溶解して、pH を変化したときの 600 nm の透過率 (%T) の変化を調べた (図 3)。

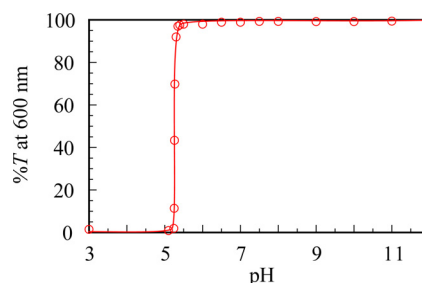


図 3 pAaH 水溶液の pH に対する透過率 (%T) の変化

酸性からアルカリ性に pH を変化させると pH 5 までは透過率が 0% で、pH5 以上で透過率は 100% になった。これは酸性で側鎖脂肪酸がプロトン化するために疎水性になり、アルカリ性で脂肪酸の脱プロトン化で親水性に変化したためだと考えられる。

合成した末端にチオール基を持つ pAaH が金に結合することを確認するために、ヤヌス粒子を用いる前に、金を蒸着したガラスを用いた。具体的には、金蒸着したガラスに pAaH-SH の水溶液を乗せることでグラフトしてから表面を純水で洗浄した。次に表面に pH 3 または 10 の水に乗せることで表面にグラフトした pAaH-SH の脂肪酸をプロトン化または脱プロトン化して乾燥後、純水を着滴したときの接触角を調べた。グラフト前の金表面の接触角は 77.7° であるのに対し、pAaH-SH をグラフトした金表面の接触角は pH 3 で 85.0°、pH 10 で 53.8° になった。この結果から、金表面に pAaH-SH をグラフトすると、金表面の親・疎水性を pH で制御できることを確認した。従って pAaH-SH をグラフトしたヤヌス粒子も金表面の親・疎水性を pH でコントロールできると予想される。

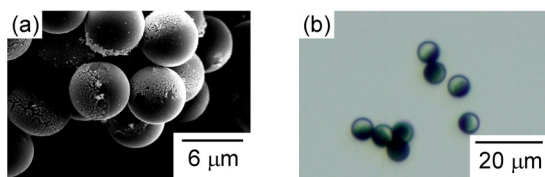


図 4 ヤヌス粒子の(a)走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察と(b)光学顕微鏡観察

図 4 にヤヌス粒子の走査型電子顕微鏡 (SEM) と光学顕微鏡写真を示す。SEM から粒子の半球部分を境界として、シリカ粒子由来の滑らかな面と金蒸着による凹凸を持つ面の 2 面が観測された。また、光学顕微鏡写真でも同様に直径が約 6 マイクロの非対称性微粒子が観測された。

このヤヌス粒子を用いて、pH 応答性ポリマーの pAaH の金表面へのグラフトを行った。グラフトの方法は、pAaH-SH とヤヌス粒子を水中で混合して静置した後、純水を用いた遠心分離を繰り返すことで、グラフトできなかったポリマーを除くための精製を行った。

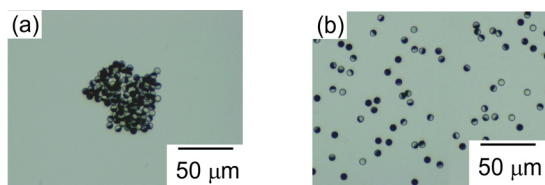


図 5 pH 応答性ポリマーをグラフトしたヤヌス粒子の水分散体の pH 変化による凝集と分散挙動：(a)酸性の水中、(b)アルカリ性の水中

pH 応答性ポリマーがヤヌス粒子の金表面にグラフトできたことを確認するため、pAaH をグラフトしたヤヌス粒子を水に分散して、pH を変化させたときの様子を光学顕微鏡で調べた (図 5)。酸性で粒子の凝集が観測された。これは、金面にグラフトしている pAaH 側鎖の脂肪酸がプロトン化されるため、粒子間の疎水性相互作用で凝集したと考えられる。一方、塩基性では粒子の分散が観測された。これは、塩基性で pAaH 側鎖の脂肪酸が脱プロトン化するため、静電反発により粒子間の凝集が抑制されたと考えられる。

次に金ピコリッターカップを作製するため、金蒸着を行った後に HF を用いて、シリカゲルを溶解することで、金のカップの作製を試みた (図 7)。明確なカップ構造が観測された。しかし、HF で処理を行う際に、金のカップが基板から剥がれ落ちてしまい、ナノカップ配列体の構築には至らなかった。

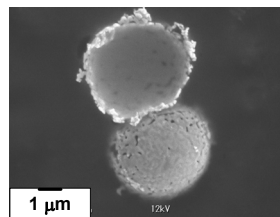


図 7 金ピコリッターカップの SEM 観察

しかし、これまでに得られた上記の刺激応答性ヤヌス粒子の作製法を用いることで、金ピコリッター配列体の内壁に刺激応答性ポリマーをグラフトする方法は確立できた。さらに、金ピコリッターの強度を増すため、外壁をポリジメチルシロキサン (PDMS) などで補強する必要があることがわかった。これらの知見は、今後の刺激応答性ポリマーを内壁にグラフトしたピコリッターカップ規則配列体作製に十分に生かすことができる。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 41 件)

- (1) S. Fujii, K. Aono, M. Suzuki, S. Hamasaki, S. Yusa, Y. Nakamura, “pH-responsive hairy particles synthesized by dispersion polymerization with a macroinitiator as an inistab and their use as a gas-sensitive liquid marble stabilizer”, *Macromolecules*, 審査有, **45**, (2012), 2863–2873. (DOI: 10.1021/ma300048m)
- (2) K. Takahashi, S. Ito, S. Yusa, T. Imamura, K. Tanimoto, “Effects of Homogenization Scheme of TiO<sub>2</sub> Screen Printing Paste for Dye-Sensitized Solar Cells”, *International Journal of Photoenergy*, 審査有, **2012**, (2012), Article ID 405642 (7 pages). (DOI: 10.1155/2012/405642)
- (3) M. Sasidharan, N. Gunawardhana, N. Gunawardhana, H. N. Luitel, T. Yokoi, M. Inoue, S. Yusa, T. Watari, M. Yoshio, T. Tatsumi, K. Nakashima, “Novel LaBO<sub>3</sub> hollow nanospheres of size 34 ± 2 nm templated by polymeric micelles”, *Journal of Colloid and Interface Science*, 審査有, **370**, (2012), 51-57. (DOI: 10.1016/j.jcis.2011.12.050)
- (4) J. Liu, M. Sasidharan, D. Liu, Y. Yokoyama, S. Yusa, K. Nakashima, “Novel MoO<sub>3</sub> and WO<sub>3</sub> hollow nanospheres assembled with polymeric micelles”, *Materials Letters*, 審査有, **66**, (2012), 25-28. (DOI: 10.1016/j.matlet.2011.08.029)
- (5) M. Sasidharan, H. N. Luitel, N. Gunawardhana, M. Inoue, S. Yusa, T. Watari, K. Nakashima, “Synthesis of magnetic α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> hollow nanospheres for sustained release of ibuprofen”, *Materials*

- Letters*, 審查有, **73**, (2012), 4-7. (DOI: 10.1016/j.matlet.2011.12.058)
- (6) B. P. Bastakoti, S. Guragain, Y. Yokoyama, S. Yusa, K. Nakashima, "Synthesis of hollow BaSO<sub>4</sub> nanospheres templated by core-shell-corona type polymeric micelles", *New J. Chem.*, 審查有, **36**, (2012), 125-129. (DOI: 10.1039/C1NJ20671K)
- (7) S. Yusa, "Self-assembly of cholesterol-containing water-soluble polymers", *International Journal of Polymer Science*, 審查有, **2012**, (2012), Article ID 609767 (10 pages). (DOI: 10.1155/2012/609767)
- (8) N. Gunawardhana, T. Yokoi, M. Ito, M. Inoue, S. Yusa, M. Yoshio, T. Tatsumi, "Periodic organosilica hollow nanospheres as anode materials for lithium ion rechargeable batteries", *Nanoscale*, 審查有, **3**, (2011), 4768-4773. (DOI: 10.1039/C1NR10804B)
- (9) S. Kousaka, M. Sugahara, T. Endo, S. Yusa, "Preparation and Characterization of a pH-Responsive Core Cross-linked Polymer Micelle", *Journal of Physics: Conference Series*, 審查有, **272**, (2011), 012012;1-4. (DOI: 10.1088/1742-6596/272/1/012012)
- (10) K. Tsujimoto, S. Ito, S. Yusa, T. Imamura, "Dye-Sensitized Solar Cells Using Surface-Stabilized Nanocrystalline-TiO<sub>2</sub> Electrodes Coated by Epoxy Polymer", *Energy Science and Technology*, 審查有, **2**, (2011), 74-78. (DOI: 10.3968/j.est.1923847920110202.125)
- (11) T. Patel, G. Ghosh, S. Yusa, P. Bahadur, "Solution Behaviour of Poly(*N*-isopropylacrylamide) in Water: Effect of Additives", *Journal of Dispersion Science Technology*, 審查有, **32**, (2011), 1111-1118. (DOI: 10.1080/01932691.2010.497701)
- (12) H. Liu, D. Chaudhary, S. Yusa, M. O. Tadé, "Glycerol/starch/Na<sup>+</sup>-montmorillonite nanocomposites: A XRD, FTIR, DSC and <sup>1</sup>H NMR study", *Carbohydrate Polymers*, 審查有, **83**, (2011), 1591-1597. (DOI: 10.1016/j.carbpol.2010.10.018)
- (13) H. Liu, D. Chaudhary, S. Yusa, M. O. Tadé, "Preparation and characterization of sorbitol modified nanoclay with high amylose bionanocomposites", *Carbohydrate Polymers*, 審查有, **85**, (2011), 97-104. (DOI: 10.1016/j.carbpol.2011.01.058)
- (14) M. Umeki, Y. Daiko, S. Yusa, A. Mineshige, M. Kobune, T. Yazawa, "Surface-modified Tubular Glass Electrolyte for Portable Direct Methanol Fuel Cell", *Chemistry Letters*, 審查有, **40** (6), (2011), 603-605. (DOI: 10.1246/cl.2011.603)
- (15) M. Sasidharan, K. Nakashima, N. Gunawardhana, T. Yokoi, M. Inoue, S. Yusa, M. Yoshio, T. Tatsumi, "Novel titania hollow nanospheres of size 28 ± 1 nm using soft-templates and their application for lithium-ion rechargeable batteries", *Chem. Commun.*, 審查有, **47**, (2011), 6921-6923. (DOI: 10.1039/C1CC11902H)
- (16) S. Yusa, Y. Shimada, T. Imae, Y. Morishima, "Self-association behavior in water of an amphiphilic diblock copolymer comprised of anionic and dendritic blocks", *Polym. Chem.*, 審查有, **2**, (2011), 1815-1821. (DOI: 10.1039/C1PY00111F)
- (17) F. Goto, K. Ishihara, Y. Iwasaki, K. Katayama, R. Enomoto, S. Yusa, "Thermo-responsive behavior of hybrid core cross-linked polymer micelles with biocompatible shells", *Polymer*, 審查有, **52**, (2011), 2810-2818. (DOI: 10.1016/j.polymer.2011.04.033)
- (18) S. Yusa, S. Awa, M. Ito, T. Kawase, T. Takada, K. Nakashima, D. Liu, S. Yamago, Y. Morishima, "Solubilization of C<sub>60</sub> by micellization with a thermoresponsive block copolymer in water: Characterization, singlet oxygen generation, and DNA photocleavage", *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 審查有, **49**, (2011), 2761-2770. (DOI: 10.1002/pola.24709)
- (19) M. Inoue, S. Fujii, Y. Nakamura, Y. Iwasaki, S. Yusa, "pH-responsive disruption of "liquid marbles" prepared from water and poly(6-(acrylamido)hexanoic acid)-grafted silica particles", *Polymer Journal*, 審查有, **43**, (2011), 778-784. (DOI: 10.1038/pj.2011.55)
- (20) A. Ghosh, S. Yusa, H. Matsuoka, Y. Saruwatari, "Non-Surface Activity and Micellization Behavior of Cationic Amphiphilic Block Copolymer Synthesized by Reversible Addition-Fragmentation Chain Transfer Process", *Langmuir*, 審查有, **27**, (2011), 9237-9244. (DOI: 10.1021/la201550a)
- (21) S. Kousaka, M. Ito, S. Yusa, "Photo-induced Association Behavior of Poly(sodium acrylate) Bearing a Small Amount of Malachite Green", *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 審查有, **49**, (2011), 4586-4593. (DOI: 10.1002/pola.24902)
- (22) B. Bharatiya, S. Yusa, V. Aswal, L. Abezgauz, D. Danino, P. Bahadur, "Synthesis and Characterization of pH Sensitive Core-Shell-Corona Micelles of

- Poly(styrene-*block*-2-vinylpyridine-*block*-ethylene Oxide) ABC Triblock Copolymer in Aqueous Solutions”, *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 審査有, **84**, (2011), 1227-1233. (DOI: 10.1246/bcsj.20110184)
- (23) B. P. Bastakoti, S. Guragain, Y. Yokoyama, S. Yusa, K. Nakashim, “Incorporation and release behavior of amitriptylene in core-shell-corona type triblock copolymer micelles”, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 審査有, **88**, (2011), 734-740. (DOI: 10.1016/j.colsurfb.2011.08.009)
- (24) S. Fujii, M. Suzuki, Y. Kakigi, K. Aono, S. Yusa, Y. Nakamura, “Dispersion Polymerization Using Hydroxy-Functional Macroazoinitiators as an Inistab”, *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry Journal*, 審査有, **49**, (2011), 1633-1643. (DOI: 10.1002/pola.24587)
- (25) B. P. Bastakoti, S. Guragain, Y. Yokoyama, S. Yusa, K. Nakashima, “Synthesis of Hollow CaCO<sub>3</sub> Nanospheres Templated by Micelles of Poly(styrene-*b*-acrylic acid-*b*-ethylene glycol) in Aqueous Solutions”, *Langmuir*, 審査有, **27** (1), (2010), 379-384. (DOI: 10.1021/la103660x)
- (26) S. Guragain, B. P. Bastakoti, S. Yusa, K. Nakashima, “Stimuli-Induced Core-Corona Inversion of Micelles of Water Soluble Poly(sodium 2-(acrylamido)-2-methylpropanesulfonate-*b*-*N*-isopropylacrylamide)”, *Polymer*, 審査有, **51**, (2010), 3181-3186. (DOI: 10.1016/j.polymer.2010.05.004)
- (27) B. P. Bastakoti, S. Guragain, Y. Yokoyama, S. Yusa, K. Nakashima, “Hybrid micelle formation from poly(ethylene oxide-*b*-sodium 2-acrylamido-1-propanesulfonate-*b*-styrene) and Fe<sup>3+</sup> ion in aqueous solution”, *Colloid and Polymer Science*, 審査有, **288**, (2010), 991-996. (DOI: 10.1007/s00396-010-2223-9)
- (28) J. Liu, D. Liu, S. Manickam, Y. Yokoyama, S. Yusa, K. Nakashima, “Synthesis of Hollow Silica Nanospheres Templated by Micelle of Poly(styrene-*b*-[3-(methacryloylamino)propyl] trimethylammonium chloride-*b*-ethylene oxide)”, *Chem. Lett.*, **39**, (2010), 584-585. (DOI:10.1246/cl.2010.584)
- (29) 土肥美里, 遊佐真一, 島田善彦, 上坂昌大, 「pH に応答して多段階に会合挙動の変化する ABC トリブロック共重合体の合成」, *高分子論文集*, 審査有, **67**, (2010), 341-349. (DOI:10.1295/koron.67.341)
- (30) J. Liu, A. Yoneda, D. Liu, Y. Yokoyama, S. Yusa, K. Nakashima, “Mixed Micelles of Poly(styrene-*b*-3-(methacryloylamino)propyl trimethylammonium chloride-*b*-ethylene oxide) and Anionic Amphiphiles in Aqueous Solutions”, *Canadian Journal of Chemistry*, 審査有, **88**, (2010), 208-216. (DOI: 10.1139/v09-159)
- (31) B. P. Bastakoti, S. Guragain, A. Yoneda, Y. Yokoyama, S. Yusa, K. Nakashima, “Micelle Formation of Poly(ethylene oxide-*b*-sodium 2-(acrylamido)-2-methyl-1-propane sulfonate-*b*-styrene) and Its Interaction with Dodecyl Trimethyl Ammonium Chloride and Dibucaine”, *Polym. Chem.*, 審査有, **1**, (2010), 347-353. (DOI: 10.1039/B9PY00231F)
- (32) N. Sano, S. Yusa, N. Viriya-empikul, T. Charinpanitkul, “Facile strategy for stability control of gold nanoparticles synthesized by aqueous reduction method”, *Current Applied Physics*, 審査有, **10**, (2010), 708-714. (DOI: 10.1016/j.cap.2009.09.005)
- [学会発表] (計 114 件)
- (1) S. Yusa, “Preparation of Nanogel and Its pH-Responsive Behavior”, 1st International Symposium for Next Generation Macromolecular Science, 2012年3月21日, 奈良先端科学技術大学院大学 (奈良県)
- (2) S. Yusa, “Block Copolymers with Pendant Phosphorylcholine Groups”, Korea-Japan Joint Symposium, Kitakyushu Science and Research Park, 2012年2月8日, 北九州市立大学 (福岡県)
- (3) S. Yusa, “Self-Association Behavior of Two Oppositely Charged Diblock Copolymers Containing Poly(ethylene glycol)”, BIT's 1st Annual World Congress of Nano-S&T, 2011年11月22-26日, 大連 (中国)
- (4) S. Yusa, “pH-Responsive Behavior of Core-Cross-Linked Polymer Micelle”, International workshop on Novel Nanotechnology and Nanomaterials for “Science for Human” (2011), 2011年11月21-22日, 台湾科学技術大学 (台湾)
- (5) A. Ghosh, S. Yusa, H. Matsuoka, Y. Saruwatari, “Synthesis of Temperature Responsive Cationic Amphiphilic Block Copolymer by Reversible Addition-Fragmentation Chain Transfer Process and Their Self-assembly Studies”, Pacificchem2010, 2010年12月15-20日, Hawaii (アメリカ)
- (6) M. Inoue, S. Yusa, Y. Morishima, Y. Nakamura, S. Fujii, “Creation of pH-responsive silica gel micro particle”, Pacificchem2010, 2010年12月15-20日,

- Hawai (アメリカ)
- (7) S. Kousaka, S. Yusa, Y. Morishima, "Photo-Responsive Association Behavior of Leuco Dye-Containing Polyanion", Pacificchem2010, 2010年12月15-20日, Hawai (アメリカ)
- (8) M. Ito, S. Yusa, Y. Morishima, I. Kaneda, "Synthesis of thermo-responsive 4-arms star-shaped diblock copolymer", Pacificchem2010, 2010年12月15-20日, Hawai (アメリカ)
- (9) F. Goto, S. Yusa, Y., Morishima, K. Ishihara, "Synthesis of Biocompatible and Thermo-Responsive Polymer Micelles Cross-Linked by Gold Nano Particle", Pacificchem2010, 2010年12月15-20日, Hawai (アメリカ)
- (10) K. Tanaka, T. Sato, S. Yusa, "Thermally induced morphology change of thermoresponsive block copolymer micelles in aqueous solution", Pacificchem2010, 2010年12月15-20日, Hawai (アメリカ)
- (11) S. Fujita, A. Ghosh, S. Yusa, Y. Saruwatari, H. Matsuoka, "RAFT synthesis of cationic amphiphilic diblock copolymer and nanostructure analysis of its monolayer on the water surface", Pacificchem2010, 2010年12月15-20日, Hawai (アメリカ)
- (12) H. Noma, J. Liu, D. Liu, S. Manickam, Y. Yokoyama, S. Yusa, K. Nakashima, "Structure of hollow silica nanospheres templated by micelle of poly(styrene-*b*-[3-(methacryloylamino)propyl] trimethylammonium chloride-*b*-ethylene oxide)", Pacificchem2010, 2010年12月15-20日, Hawai (アメリカ)
- (13) K. Nakashima, J. Liu, D. Liu, S. Manickam, Y. Yokoyama, S. Yusa, "Synthesis of WO<sub>3</sub> and MoO<sub>3</sub> hollow nanospheres templated by polymeric micelle with core-shell-corona structure", Pacificchem2010, 2010年12月15-20日, Hawai (アメリカ)
- (14) S. Yusa, Y. Yokoyama, Y. Morishima, "Polyion Complex Micelles with Two Oppositely Charged Diblock Copolymers Containing Poly(ethylene glycol)", Pacificchem2010, 2010年12月15-20日, Hawai (アメリカ)
- (15) S. Kousaka, M. Sugahara, S. Yusa, "pH-Responsive Behavior of Nanogel Based on a Core-Cross-Linked Core-Shell Micelle Formed From Block Copolymers Prepared via RAFT Controlled/Living Radical polymerization", JST ERATO and CREST Joint Symposium, 2010年9月1-3日, SPring-8 (兵庫県)
- (16) M. Ito, S. Yusa, Y. Morishima, I. Kaneda,

- "Synthesis of Biocompatible 4-Arm Star Amphiphatic Polymer and Its Association Behavior", 5th Pacific Rim Conference on Rheology, 2010年8月1-6日, 北海道大学 (北海道)
- (17) F. Goto, S. Yusa, Y. Morishima, I. Kazuhiko, "Synthesis of Thermo-Responsive Hydrogel Cross-Linked by Gold Nano Colloid", 5th Pacific Rim Conference on Rheology, 2010年8月1-6日, 北海道大学 (北海道)
- (18) S. Kousaka, S. Yusa, Y. Morishima, "Synthesis of Photo-Responsive Hydrogel Containing Leuco Dye", 5th Pacific Rim Conference on Rheology, 2010年8月1-6日, 北海道大学 (北海道)
- (19) B. P. Bastakoti, S. Guragain, Y. Yokoyama, S. Yusa, K. Nakashima, "Synthesis of CaCO<sub>3</sub> and BaCO<sub>3</sub> Hollow Nanospheres Templated by Micelles of Poly(ethylene glycol-*b*-acrylic acid-*b*-styrene)", 240th ACS National Meeting, 2010年8月22-26日, Boston (アメリカ)
- (20) S. Yusa, I. Masamichi, M. Doi, Y. Kamihashi, Y. Morishima, "Cationic amphiphilic random copolymers with potential ability of fixation of organic pollutant in soil", 2010年8月22-26日, Boston (アメリカ)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 金属造形物の製造方法及び積層造形物の金属樹脂複合体粉末

発明者: 山口篤、福本信次、遊佐真一、黒田義和、石塚道雄

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特許公開 2010-202928

出願年月日: 平成 22 年 9 月 16 日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.eng.u-hyogo.ac.jp/msc/yusa/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

遊佐 真一 (YUSA SHIN-ICHI)

兵庫県立大学大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 00301432

(2) 研究分担者

藤井 秀司 (FUJII SYUJI)

大阪工業大学工学部・講師

研究者番号: 70434785