

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 14 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23760729

研究課題名（和文）形態・構造が制御された金属ナノ粒子を駆使した高効率個体触媒の創製

研究課題名（英文）Preparation of high efficiency catalyst materials using morphology and structure controlled metal nanoparticle

研究代表者

萩 崇 (OGI TAKASHI)

広島大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：30508809

研究成果の概要（和文）：本研究では、噴霧乾燥法と含浸法を用いて、中空ポーラス構造を持つ白金担持カーボン微粒子の合成を行い、電極触媒性能を測定した結果、開発された触媒が市販の触媒粒子よりも優れた性能を示すことが明らかとなった。さらに、白金がドーブされたロッド状の酸化タングステンナノ粒子を合成し、光触媒性能を評価した結果、0.12wt%という少量の白金添加量で優れた性能を持つことを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：In this study, carbon-supported platinum catalysts with controlled morphologies have been synthesized by spray-drying followed by impregnation of platinum nanoparticles. The electrocatalytic activity of the developed catalyst shows 1.55 times higher than the commercial one. Furthermore, platinum doped tungsten oxide nanocatalysts with a nanorod morphology were prepared using flame spray pyrolysis method. A low Pt concentration (0.12 wt%) was required for optimal photocatalytic activity.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：プロセス工学、反応工学、プロセスシステム

キーワード：異方性金属ナノ粒子、ポーラス粒子、中空粒子、金属固体触媒、噴霧プロセス

1. 研究開始当初の背景

貴金属ナノ粒子が担持された様々な固体触媒は、燃料電池、石油化学工業、自動車工業など数多くの分野で利用されているが、近年、レアメタル材料の使用量低減および触媒の高効率化が急務となっている。触媒の効率を向上させる取り組みでは、最近、特異的な金属結晶面を優先的に持つ異方性金属ナノ粒子（板状など）触媒や構造化された担体材料が、反応速度を著しく向上させることが明らかにされ、学術的に注目を浴びている。しかしながらこれらの研究では、粒子の形態や構造が不揃いであり、更に担体への金属粒子の担持率が低い状態での性能評価であると

いう問題がある。一方で最近の液相合成法では、かなり均一に形態を揃えて粒子を合成できることが分かってきたが、どれもバッチ法による合成であり、連続合成および触媒への応用は検討が遅れている。

2. 研究の目的

レアメタル使用量低減に繋がる高効率固体触媒の創製へ向けて、本研究では、以下の内容に取り組んだ。

(1) 精密に形態・構造が制御された金属ナノ粒子（板状、ロッド状、中空構造）を高収率で連続的に合成可能な液相プロセスを開発

する。

(2) 噴霧乾燥法を用いて、形態・構造が制御された金属ナノ粒子をポーラス構造体へ高収率で担持させる。

(3) 調製された粒子の触媒特性（反応速度・触媒有効係数など）を評価し、高効率触媒の調製指針を導く。

また、本研究課題を遂行していく上で、金属ナノ粒子の形態制御に必要な界面活性剤が触媒性能を著しく低下させることが明らかとなったため、ナノ粒子の構造化によって、担体構造および貴金属ナノ粒子の担持法の開発によりレアメタル使用量を削減しつつ、優れた機能を持った触媒粒子の開発を行うことも目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、具体的な研究の方法を示す。

(1) 精密に形態制御された金属ナノ粒子の連続液相合成システムの開発

ピエゾポンプまたはシリンジポンプを利用することで、金属イオン、還元剤、形態制御剤の反応場への投入速度を精密に制御し、一定の反応時間を経た粒子を回収できる連続液相合成システムを開発する。還元剤、形態制御剤の種類および濃度、反応場の温度、反応時間を厳密に制御することで、様々な形態を持つ金属ナノ粒子を選択的かつ高収率で合成できる操作条件を見出す。金属の種類はPtを検討する。形態制御の実験条件は、バッチ式での液相法の文献を参照する。

(2) 表面電位およびサイズを制御した状態でのテンプレート粒子の合成と金属ナノ粒子の付着方法の検討

テンプレート粒子であるポリスチレンラテックスナノ粒子を本研究室で開発された独自の手法により合成し合成される粒子のサイズを100 nm以下で制御可能な操作条件を見出す。金属ナノ粒子とテンプレート粒子を付着させるために、テンプレート粒子の表面電位を開始剤（AIBAまたはKPS）を用いて制御する。形態・構造が制御された金属ナノ粒子およびテンプレート粒子の表面電位は、ゼータ電位測定装置を用いて測定し、サイズおよび金属ナノ粒子の付着状態はTEMにより観察する。

(3) 噴霧乾燥法による金属ナノ粒子のポーラス構造体への担持プロセスの開発と粒子性状の最適化

触媒粒子が付着したテンプレート粒子、無機ナノ粒子を混合した溶液を噴霧乾燥法に

よって構造化する。実験操作因子（出発溶液濃度、テンプレート径、操作温度、滞留時間、噴霧液滴径、不活性ガスの種類）が金属ナノ粒子の粒子形態、担持量、純度、ポア径、比表面積に及ぼす影響を系統的に調査し、粒子形態の揃った金属ナノ粒子がポーラス構造担体に高収率で担持した触媒を合成する。ポーラス粒子合成では文献[Ferryら: Nano. Lett. 1, 231 (2001)]を参照する。

(4) 調製した新規固体触媒のモデル反応における反応速度および触媒有効係数の評価

形態および構造が制御された金属ナノ粒子固体触媒のモデル反応としては、燃料電池の電極触媒反応と光触媒反応を選定した。燃料電池電極の触媒反応は、文献[Ogiら: Powde Tech. in press]を参照し、触媒の酸化還元反応および触媒有効表面積はサイクリックボルタンメトリーにより測定し、電池の出力密度は電流電圧計により評価する。また、光触媒性能評価については、ソーラシミュレーターを用いて擬似太陽光を照射することで実施した。

4. 研究成果

H23—24年度の研究より、以下の成果・知見が得られた。

(1) 構造が制御された白金担持カーボン触媒粒子の合成と燃料電池性能評価

噴霧乾燥法と含浸法の組み合わせにより、白金が担持された多孔質中空構造を持つカーボン粒子を合成し、固体高分子燃料電池としての触媒性能を評価した。40nmのカーボンナノ粒子を出発溶液として、多孔質中空構造を持つカーボン粒子凝集体を合成し、その後含浸法により白金ナノ粒子(4 nm以下)を析出させた。合成した粒子の触媒性能として、触媒有効表面積と質量活性を評価し、市販のPt担持カーボンブラック(Pt:46wt%担持)と比較した。その結果、比活性において、市販の触媒の2.5倍の性能が得られることを明らかにした。この研究から、触媒材料における担体の精密な構造の制御により、レアメタルなどの貴重な資源を有効に活用できる可能性が見出された。

(2) 窒素ドーブカーボン粒子構造体の合成と触媒性能評価

白金担持カーボン触媒において、より比表面積が増大し導電率が高くなるカーボン材料の開発を目指し、中空ポーラス構造を持つカーボン材料および表面が窒素にドーブされたカーボン材料を合成し、この後で白金ナノ粒子を担持することで触媒粒子の調製を行った。特に窒素がドーブされたカーボンにより調製された触媒粒子の質量活性は、564

mA/mg-Pt であり、市販の触媒粒子の場合の 220mA/mg-Pt と比べて 2.5 倍高い結果が得られた。また、これまで 2 段階プロセスであった合成法を改良し、ワンステップでカーボン系触媒材料が合成できるプロセスを開発した。また触媒の耐候性についても評価を行い、市販の触媒粒子よりも優れた性能を示した。

(3) フェノールを用いたカーボン系ナノ構造体の作製と触媒性能評価

噴霧熱分解法により、フェノール樹脂を用いてポーラスカーボン粒子の合成を行うことで構造を制御し、この粒子に白金を担持させて作製したポーラスカーボン粒子 Pt/C 粒子の燃料電池性能は高価な白金の担持量を減らしたにもかかわらず、性能を維持することに成功した。

(4) テンプレートを用いる酸化中空粒子の合成

液相法を用いて単分散で球状のポリスチレンラテックスナノ粒子を表面電位を制御して合成することに成功した。また、そのポリスチレンをテンプレート材料として用いて TEOS により中空シリカ粒子の合成に成功した。TEOS の添加量を制御することで、シェルの厚みを 3-22nm まで制御できることが明らかとなった。またローダミン B による吸着量の分析や、比表面積の分析から、今回合成した中空シリカ粒子にはシェル層に穴が少ないことが確認できた。

(5) 白金担持酸化タングステンの合成と光触媒特性評価

光析出法（光照射下で光触媒が金属イオンを分解し、光触媒表面に金属を析出させる方法）を用いて、粒子径の異なる白金担持酸化タングステンナノ粒子を合成し、さらに光分解特性評価を実施した。その結果、光分解作用が最も高い酸化タングステンの粒子径は 18-26 nm であることが示された。

(6) 酸化タングステン光触媒性能に及ぼす結晶子径と比表面積の相関性の評価

レアメタルであるタングステンの有効利用のため、光触媒性能へ及ぼす最適な比表面積と結晶子径を求めた。これにより、光触媒と結晶子径、比表面積の定量的関係を明らかにした。本研究では、温度、流体の速度を精密に制御できる新たな噴霧合成装置を作製し実験を実施した。その結果、同一の粒子外径（200nm）で、結晶子径を 18-40nm で制御でき、さらに同一の結晶子径（30nm）で、粒子外径を 50-839nm で制御可能となった。さらにこれらの触媒特性を評価することで、粒子径と触媒性能および結晶子径と触媒性能の相関性について定量的に評価をすること

に成功した。

(7) 酸化タングステンと酸化チタンのコンポジット化と光触媒性能評価

火炎噴霧熱分解法により、酸化タングステンと酸化チタンのナノコンポジット粒子の合成に成功した。酸化チタンの酸化タングステンに対する割合を変化させ、光触媒特性へ及ぼす影響を調査した結果、酸化チタン添加割合 60 vol%までは光触媒特性を維持することが可能であることが明らかとなり、レアメタル使用量削減の可能性が見出された。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 28 件）

1. T. Ogi, N. Tajima, R. Balgis, H. Setyawan, K. Okuyama: Influence of Formic Acid on Electrochemical Properties of High-Porosity Pt/TiN Nanoparticle Aggregates, *AIChE Journal*, 査読有, in press, 2013
DOI:10.1002/aic.14065
2. 荻 崇, 小野 瞳, 包 理, 新沼 仁, 奥山 喜久夫: 静電紡糸法によるナノファイバーの形態制御とエアフィルタへの応用, *化学工学論文集*, 査読有, in press, 2013
DOI:なし
3. A. B. Suryamas, G. M. Anilkumar., S. Sago, T. Ogi, K. Okuyama: Electrospun Pt/SnO₂ nanofibers as an excellent electrocatalysts for hydrogen oxidation reaction with ORR-blocking characteristic, *Catalysis Communications*, 査読有, 33 巻, 2013, 11-14
DOI:10.1016/j.catcom.2012.12.014
4. R Balgis, G. M. Anilkumar, S. Sago, T. Ogi, K. Okuyama: Ultrahigh oxygen reduction activity of Pt/nitrogen-doped porous carbon microspheres prepared via spray-drying, *Journal of Power Sources*, 査読有, 229 巻, 2013, 58-64
DOI:10.1016/j.jpowsour.2012.11.143
5. A. Suhendi, M. Munir, A. Suryamas, A. B. D. Nandiyanto, T. Ogi, K. Okuyama: Control of cone-jet geometry during electrospray by an electric current, *Advanced Powder Technology*, 査読有, 24 巻, 2013, 532-536
DOI:10.1016/j.appt.2012.10.009
6. A. Suhendi, A. B. D. Nandiyanto, T. Ogi, K. Okuyama: Agglomeration-free core-shell polystyrene/silica

- particles preparation using an electrospray method and additive-free cationic polystyrene core, *Materials Letters*, 査読有, 91 卷, 2013, 161-164 DOI:10.1016/j.matlet.2012.09.041
7. M. M. Munir, A. Suhendi, T. Ogi, F. Iskandar and K. Okuyama: Ion-induced nucleation rate measurement in SO₂/H₂O/N₂ gas mixture by soft X-ray ionization at various pressures and temperatures, *Advanced Powder technology*, 査読有, 24 卷, 2013, 143-149 DOI:10.1016/j.appt.2012.04.002
 8. A. B. D. Nandiyanto, T. Iwaki, T. Ogi, K. Okuyama: Mesopore-free Silica Shell with Nanometer-scale Thickness-controllable on Cationic Polystyrene Core, *Journal of Colloid and Interface Science*, 査読有, 389 卷, 2013, 134-146 DOI:10.1016/j.jcis.2012.08.054
 9. I. M. Joni, T. Ogi, T. Iwaki, and K. Okuyama: Synthesis of a Colorless Suspension of TiO₂ Nanoparticles by Nitrogen Doping and the Bead Mill Dispersion Process, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 査読有, 52 卷, 2012, 547-555 DOI:10.1021/ie302179p
 10. T. Ogi, A. B. D. Nandiyanto, W-N Wang, F. Iskandar, K. Okuyama: Direct synthesis of spherical YAG:Ce phosphor from precursor solution containing polymer and urea, *Chemical Engineering Journal*, 査読有, 210 卷, 2012, 461-466 DOI:10.1016/j.cej.2012.09.033
 11. A. B. D. Nandiyanto, T. Ogi, K. Okuyama: Doughnut Magnesium Fluoride Nanoparticles Prepared by An Electron-beam Irradiation Method, *Journal of Nanoparticle Research*, 査読有, 14 卷, 2012, 1182 DOI: 10.1007/s11051-012-1182-0
 12. T. Ogi, F. Iskandar, A. B. D. Nandiyanto, W-N Wang, K. Okuyama: Influence of Polymer Decomposition Temperature on the Formation of Rare-earth Free Boron Carbon Oxynitride Phosphors, *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 査読有, 45 卷, 2012, 995-1000 DOI:10.1252/jcej.12we138
 13. R. Balgis, G. M. Anilkumar, S. Sago, T. Ogi, and K. Okuyama: Rapid in-situ synthesis of spherical microflower Pt/C catalyst via spray-drying for high performance fuel cell application, *Fuel Cells*, 査読有, 12 卷, 2012, 665-669 DOI:10.1002/face.201200070
 14. A. B. D. Nandiyanto, Y. Akane, T. Ogi and K. Okuyama: Mesopore-free Hollow Silica Particles with Controllable Diameter and Shell Thickness via An Additive-free Synthesis, *Langmuir*, 査読有, 28 卷, 2012, 8616-8624 DOI:10.1021/la301457v
 15. T. Ogi, Y. Kusakibaru, Y. Kaihatsu, W. N. Wang, M. M. Munir, K. Okuyama: Preparation and characterization of boron oxide-based red-emitting phosphors using Eu, Al and Ca additives, *Materials Chemistry and Physics*, 査読有, 133 卷, 2012, 392-397 DOI:10.1016/j.matchemphys.2012.01.047
 16. A. B. Nandiyanto, A. Suhendi, T. Ogi, T. Iwaki, K. Okuyama: Synthesis of Additive-free Cationic Polystyrene Particles with Controllable Size for Hollow Template Applications, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 査読有, 396 卷, 2012, 96-105 DOI:10.1016/j.colsurfa.2011.12.048
 17. I. M. Joni, T. Ogi, A. Purwanto, K. Okuyama, T. Saitoh, K. Takeuchi: Decolorization of beads-milled TiO₂ nanoparticles suspension in an organic solvent, *Advanced Powder Technology*, 査読有, 23 卷, 2012, 55-63 DOI:10.1016/j.appt.2010.12.008
 18. T. Ogi, K. Tamaoki, N. Saitoh, A. Higashi, Y. Konishi: Recovery of indium from aqueous solutions by the Gram-negative bacterium *Shewanella algae*, *Biochemical Engineering Journal*, 査読有, 63 卷, 2012, 129-133 DOI:10.1016/j.bej.2011.11.008
 19. R. Balgis, G. M. Anilkumar, S. Sago, T. Ogi, K. Okuyama: Nanostructured design of electrocatalyst support materials for high-performance PEM fuel cells application, *Journal of Power Sources*, 査読有, 203 卷, 2012, 26-33 DOI:10.1016/j.jpowsour.2011.11.064
 20. H. Widiyandari, A. Purwanto, R. Balgis, T. Ogi, K. Okuyama: CuO/WO₃ and Pt/WO₃ Nanocatalysts for Efficient Pollutant

- Degradation using Visible Light Irradiation, *Chemical Engineering Journal*, 査読有, 180 巻, 2012, 323-329
DOI:10.1016/j.cej.2011.10.095
21. 東 あるみ, 斎藤 範三, 荻 崇, 小西 康裕, "バイオ吸着によるインジウム回収と使用済み液晶パネル資源化への応用", *金属学会誌*, 査読有, 75 巻, 2011, 620-625
DOI:なし
 22. I. Matsui, T. Ogi, F. Iskandar, K. Okuyama: Perpendicular easy axis alignment of FePt nanoparticles on a platinum-(001) substrate for high density magnetic recording, *Journal of Applied Physics*, 査読有, 110 巻, 2011, 083906
DOI: 10.1063/1.3644925
 23. A. B. D. Nandiyanto, T. Ogi, A. Ohmura, E. Tanabe K. Okuyama: Liquid-phase synthesis of CaF₂ particles and their low refractive index characterization, *KONA Powder and Particle Journal*, 査読有, 29 巻, 2011, 141-157
DOI:なし
 24. I. M. Joni, R. Balgis, T. Ogi, K. Okuyama: Surface functionalization for dispersing and stabilizing hexagonal boron nitride nanoparticle by bead milling, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 査読有, 388 巻, 2011, 49-58
DOI:10.1016/j.colsurfa.2011.08.007
 25. A. B. Suryamas, M. M. Munir, T. Ogi, Khairurrijal, K. Okuyama: Intense green and yellow emissions from electrospun BCNO phosphor nanofibers, *Journal of Materials Chemistry*, 査読有, 21 巻, 2011, 12629-12631
DOI:10.1039/c1jm12654g
 26. S. Y. Lee, H. Chang, T. Ogi, F. Iskandar, K. Okuyama: Measuring the Effective Density, Porosity, and Refractive Index of Carbonaceous Particles by Tandem Aerosol Techniques, *Carbon*, 査読有, 49 巻, 2011, 2163-2172
DOI:10.1016/j.carbon.2011.02.002
 27. R. Balgis, F. Iskandar, T. Ogi, A. Purwanto, K. Okuyama: Synthesis of Uniformly Porous NiO/ZrO₂ Particles, *Materials Research Bulletin*, 査読有, 46 巻, 2011, 708-715
DOI:10.1016/j.materresbull.2011.01.019
 28. N. Hagura, T. Ogi, T. Shirahama, F. Iskandar, K. Okuyama: Highly luminescent silica-coated ZnO nanoparticles dispersed in an aqueous medium, *Journal of Luminescence*, 査読有, 131 巻, 2011, 921-925
DOI:10.1016/j.jlumin.2010.12.024
- [学会発表] (計 25 件)
1. 荻 崇: 蛍光体微粒子材料の構造化と発光特性の制御に関する研究, 化学工学会第 78 年回(2013, 3, 19 大阪大学)
 2. 荻 崇, Ratna Balgis, 奥山喜久夫, G. M. Anilkumar, 左合澄人: 自己組織化を利用した噴霧熱分解法による白金担持カーボンナノ構造体材料の合成, 化学工学会第 78 年回(2013, 3, 19 大阪大学)
 3. A. B. D. Nandiyanto, T. Ogi, K. Okuyama: Nanoparticle Synthesis and Their Functionalization in the Colloidal Method, 化学工学会第 78 年回, (2013, 3, 19 大阪大学)
 4. 小野 瞳, 荻 崇, 奥山 喜久夫: 静電紡糸法を用いたナノファイバーの形態制御, 化学工学会高松大会, 2012 年 12 月 6 日, 高松
 5. 坂本 裕馬, 荻 崇, 奥山 喜久夫: 微生物を用いたタングステン再資源化プロセスの開発, 化学工学会高松大会, 2012 年 12 月 6 日, 高松
 6. 荻 崇: Aerosol Process for Materials Synthesis on the Use of Rare Metal, NEPTIS21(21th Nisshin Engineering Particle Technology International Seminar), 2012 年 12 月 2-5 日, 金沢
 7. 奥山 喜久夫, 荻 崇: 粒子構造制御による新機能付与とその応用展開 - 粒子の形を変える、粒子に穴をあける -, 日刊工業新聞社主催の材料特性向上と高品質化のための粉体設計入門, 2012 年 10 月 25 日, 大阪
 8. 奥山 喜久夫, 荻 崇, Asep Bayu Dani Nandiyanto, Ratna Balgis, Aerosol Material Processing for Energy and Environmental Application, 第一回日中エアロゾルシンポジウム, 2012 年 9 月 29 日, 金沢
 9. 荻 崇, 奥山 喜久夫: ナノ粒子材料への期待と応用, 第三回京都 SMI 産学公連セミナー, 2012 年 6 月 26 日, 品川京大東京オフィス
 10. 小野 瞳, 中井 祥二, 荻 崇, 奥山 喜久夫, 大谷 吉生, 包 理, 新沼 仁: 静電紡糸法によるナノファイバーの形態制御とエアフィルタへの応用, 第 29 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, 2012 年 6 月 5 日, 早稲田大学

11. 坂本 裕馬, 荻 崇, 奥山 喜久夫: 微生物を用いた金属イオン含有液の液体清浄, 第 29 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, 2012 年 6 月 5 日, 早稲田大学
12. 荻 崇, Agus Purwanto, 奥山 喜久夫: 火炎噴霧法による酸化タングステン光触媒粒子の合成と性能特性, 第 29 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, 2012 年 6 月 5 日, 早稲田大学
13. 荻 崇, Agus Purwanto, 奥山 喜久夫: 火炎噴霧法による WO_3 ナノ粒子の合成と光触媒特性, 化学工学会第 77 年回, 2012 年 3 月 16 日, 工学院大学
14. T. Ogi, A. B. D. Nandiyanto, A. Purwanto, and K. Okuyama: "Synthesis and Characterization of Pt/ WO_3 Nanoparticles Photocatalyst Prepared by Flame Spray Pyrolysis", European Aerosol Conference 2012, Granada, Spain, 2012 年 2 月 7 日, Spain
15. T. Ogi, A. B. D. Nandiyanto, Y. Kisakibaru, K. Okuyama: New Strategy for Material Synthesis on the Use of Rare Metal, Prof. Sotiris E. Pratsinis Gr. and Prof. Wendelin J. Stark Gr. in ETH, 2012 年 1 月 16 日, Swiss
16. 荻 崇, 奥山 喜久夫: エアロゾル挙動の可視化と噴霧液滴の計測, 化学工学会第 43 回秋季大会, 2011 年 9 月 14 日, 名古屋工業大学
17. 荻 崇, Agus Purwanto, 渡部 耕三, 奥山 喜久夫: Pt 担持 WO_3 ナノ粒子の合成と光触媒特性評価, 化学工学会第 43 回秋季大会, 2011 年 9 月 14 日, 名古屋工業大学
18. 荻 崇: 微生物による貴金属イオンのナノ粒子化と応用展開, 2011 年度 第 1 回・第 2 回 粉体操作に伴う諸現象に関する勉強会, 2011 年 8 月 5 日, 岡山
19. 荻 崇, 奥山 喜久夫, 渡部 耕三: 可視光応答型 WO_3 -Pt 光触媒粒子の合成と性能評価, 第 28 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, 2011 年 7 月 5 日, 東京

[図書] (計 2 件)

1. M. M. Munir, T. Ogi, K. Okuyama, Nanoparticle synthesis, dispersion, and functionalization for industrial application, pp608-612, Application 45, in Nanoparticle Technology Handbook (second edition), Elsevier, 2012 年 4 月
2. 荻 崇, 奥山 喜久夫: "熱・光・水・汚れ・傷" による透明樹脂の劣化・変色対

策とその評価, p.214-219, 第 4 章(泥・指紋などの)汚れ, 曇り, 加水分解などによる劣化対策とその評価について, 第 5 節ビーズミルを用いたナノ粒子分散液の作製と着色への対策, 技術情報協会, 2012 年 3 月

[産業財産権]

○出願状況 (計 3 件)

1. 名称: 中空シリカ粒子の製造方法
 発明者: 奥山 喜久夫, 荻 崇, アセブ バユダニ ナンディヤント, 中永陽
 権利者: 広島大学
 種類: 特許
 番号: 2012-248245
 出願年月日: 2012/11/12
 国内外の別: 国内
2. 名称: 正のゼータ電位を有するポリスチレン粒子の製造方法
 発明者: 奥山 喜久夫, 荻 崇, アセブ バユダニ ナンディヤント, 中永陽
 権利者: 広島大学
 種類: 特許
 番号: 2012-136569
 出願年月日: 2012/6/18
 国内外の別: 国内
3. 名称: 蛍光体およびその製造方法
 発明者: 奥山 喜久夫, 荻 崇, 山中 雅義, 岩崎 秀治
 権利者: 広島大学
 種類: 特許
 番号: 2012-137147
 出願年月日: 2012/6/18
 国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/~ogit/index.html/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荻 崇 (OGI TAKASHI)

広島大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号: 30508809

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: