

研究種目：若手研究（A）
研究期間：2007～2010
課題番号：19685020
研究課題名（和文）三次元ネットワーク型多孔質複合セラミックスのディーゼル粒子除去
フィルターへの応用
研究課題名（英文）Development of Porous Ceramic Composites with 3-D Network Structure
for Diesel Particulate Filter Applications
研究代表者
鈴木 義和（SUZUKI YOSHIKAZU）
京都大学・エネルギー理工学研究所・助教
研究者番号：40357281

研究分野：化学

科研費の分科・細目：材料化学・無機工業材料

キーワード：多孔体、フィルター、ディーゼル、環境浄化、第3世代DPF材料、
MgTi₂O₅、擬ブルッカイト、低熱膨張材料

1. 研究計画の概要

本研究の目的は、高耐熱性・低熱膨張が期待され、雰囲気炉焼成が不要な酸化物系を中心に、第3世代のディーゼル粒子除去フィルター（DPF）用材料系を探索することである。焼成炉への影響が少ない助剤の探索、現実のフィルター用途に適した10ミクロン付近の均質な平均細孔径の実現、ハニカム構造体製造に必要な押出成型プロセスの検討、メーカー等と協力のもとでのフィルター性能評価等を進めることを目指している。

2. 研究の進捗状況

(1) これまでの「三次元ネットワーク型多孔質複合材料」（UPC-3D）の研究を発展させ、高温X線回折を用いた「その場合成」が可能な高温材料系の物質探索を行うとともに、有望な材料系のひとつであるCaZrO₃/MgAlO₄系多孔体の押出成型による実部材の試作（ハニカムモノリス）を行った。

(2) MgTi₂O₅系セラミックスが第3世代DPF材料の有力候補となりうることを見出し、反応焼結法を用いた多孔体の作製を行った。非常にシャープな細孔径分布を持つ多孔体の作製に成功し、この成果が新聞紙面上にも大きく取り上げられた（化学工業日報2010年4月1日掲載）。本成果発表を受け、世界有数DPFメーカーである国内メーカーが本材料系に強い関心を示し、熱膨張特性等の共同性能評価を開始した。

(3) 本多孔体に米国の大手分析機器メーカーが強い関心を示し、多孔体標準試料としてサンプル提供を開始した。このように、本研

究における多孔体研究開発は、基礎から応用に向けて大きな進展が見られた。

さらに、本研究から派生した内容で以下の進展があった。

(4) ゴルゲル-超臨界乾燥法による「ナノワイヤー分散型多孔体粉末」の作製に成功した。多孔体フィルターに高次構造を付与し、より微細な粒子の捕集等が期待できる。

(5) 多機能フィルター化、機械的特性の改善を可能にするため、原料粉体への高速窒素ドーピング技術（非平衡大気圧アークプラズマによる窒素ドーピング）の開発を行った。

(6) 多孔体の表面処理を目的とし、交互吸着法によるナノチューブ膜成膜に関する問題点を明らかにした。また、1次元ナノ材料の合成・成膜に成功した。

3. 現在までの達成度

予算の充足率による提案時からの計画の修正を考慮すると、当初目的は十分達成している。実用化につながるような民間企業との協力研究も順調に進展しており、全期間（4年間）において、3年目終了時点での達成度は70%程度である。

4. 今後の研究の推進方策

今後は、民間企業との協力を進めながら、実際のDPF応用につながる材料開発を進める予定である。特に、細孔径分布の最適化や熱膨張特性評価等を重点的に行う。さらに、研究過程で明らかになったMgTi₂O₅相の特異な結晶成長に関して、XAFSや顕微ラマン分

光を用いた詳細な解析を国際共同研究を通じて実施していく予定である。

5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計 8 件)

- ① Y. Suzuki, *In Situ Processing of porous MgTi₂O₅ Ceramics with Pseudobrookite-type Structure Toward Third Generation Diesel Particulate Filter Materials*, Proc. ICACC2010, in press. (査読有)
- ② Y. Hayami, Y. Suzuki, T. Sagawa and S. Yoshikawa, "TiO₂ Rutile Nanorod Arrays Grown on FTO Substrate Using Amino Acid at a Low Temperature," *J. Nanosci. Nanotech.*, **10** [4] 2284–2291 (2010). (査読有)
- ③ B. P. Pichon, Y. Suzuki and M.-H. Berger, "Seeded Growth of Iron Oxide onto Titanate Nanowires," *J. Jpn. Soc. Powd. Metall.*, **56** [10] 640–644 (2009). (査読有)
- ④ Y. Suzuki, B. P. Pichon, M. Grandcolas, N. Keller, V. Keller-Spitzer and S. Yoshikawa, "Preparation and Microstructure of Titanate Nanotube Thin Films by Spray Layer-by-Layer Assembly Method, Part1," *Trans. MRS-J*, **34** [3] 545–549 (2009). (査読有)
- ⑤ Y. Suzuki and P. E. D. Morgan, "Meso- and Macroporous Ceramics by Phase Separation and Reactive Sintering Methods," *MRS Bull*, **34** [8] 587–591 (2009). (査読有)
- ⑥ Y. Suzuki, B. P. Pichon, D. D'Elia, C. Beauger and S. Yoshikawa, "Preparation and Microstructure of Titanate Nanowire Thin Films by Spray Layer-by-Layer Assembly Method," *J. Ceram. Soc. Jpn.*, **117** [3] 381–384 (2009). (査読有)
- ⑦ Y. Suzuki, J. Gonzalez-Aguilar, N. Traisnel, M.-H. Berger, M. Repoux and L. Fulcheri, "Non-Equilibrium Nitrogen DC-Arc Plasma Treatment of TiO₂ nanopowder," *J. Nanosci. Nanotech.*, **9** [1] 256–260 (2009). (査読有)
- ⑧ Y. Suzuki, M. H. Berger, D. D'elia, P. Ilbizian, C. Beauger, A. Rigacci, J. F. Hochepped, and P. Achard, "Synthesis and Microstructure of Novel TiO₂ Aerogel/TiO₂ Nanowire Composite," *NANO*, **3** [5] 373–379 (2008). (査読有)

[学会発表] (計 18 件)

- ① 鈴木義和, 第 3 世代 DPF 材料に向けた MgTi₂O₅ および MgTi₂O₅/MgTiO₃ 多孔体の作製, 日本セラミックス協会 2010 年年会, 2010 年 3 月 24 日, 東京農工大学
- ② Y. Suzuki, Porous Ceramics with Pseudobrookite-type Structure Toward Third Generation Diesel Particulate Filter Materials, ISMCN2010, 2010 年 3 月 6 日, 東京ビッグサイト

- ③ Y. Suzuki, *In Situ Processing of Porous Ceramics with Pseudobrookite-type Structure Toward Third Generation Diesel Particulate Filter Materials*, ICACC2010, 2010 年 1 月 24 日, アメリカ・デイトナビーチ
- ④ 鈴木義和, 水溶液プロセスを用いた酸化チタン系 1 次元ナノ材料の創製と高次構造制御, 日本セラミックス協会 2009 年秋季シンポジウム, 2009 年 9 月 16 日, 愛媛大学 (招待講演)
- ⑤ Y. Suzuki and B. P. Pichon, Titanate nanowire thin films by spray layer-by-layer assembly method, 2009 年 8 月 27 日, ルーマニア・ブラショフ国際会議場 (招待講演)
- ⑥ Y. Suzuki, B. P. Pichon and S. Yoshikawa, Preparation and Microstructure of Titanate Nanowire Thin Films by Spray Layer-by-Layer Assembly Method, IUMRS-ICA2008, 2008 年 12 月 9 日, 名古屋国際会議場 (招待講演)
- ⑦ 鈴木義和, ブノワ ピション, 吉川 暉, 酸化物ナノチューブ・ナノワイヤーの光電変換デバイス応用と薄膜化技術の検討, 日本材料学会セラミック材料部門委員会, 2008 年 10 月 31 日, クリエーティブコア・東大阪 (招待講演)
- ⑧ 鈴木義和, 淡野正信, エネルギー・環境用途に向けた多孔質セラミックス技術の進展, 日本セラミックス協会 2008 年秋季シンポジウム, 2008 年 9 月 17 日, 北九州国際会議場 (招待講演)
- ⑨ Y. Suzuki, S. Pavasupree and S. Yoshikawa, Morphology Control of TiO₂-Based Nanomaterials for Sustainable Energy Applications, Turkish Institute For Industrial Management (TUSSIDE), 2008 年 6 月 23 日, Gebze, Kocaeli, Turkey (Invited).
- ⑩ Y. Suzuki, S. Pavasupree and S. Yoshikawa, TiO₂-Based Nanomaterials for Sustainable Energy Applications, ULP-JSPS Joint Forum on Frontiers in Biology, Chemistry and Physics, 2008 年 5 月 30 日, Louis Pasteur University, France (Invited).
- ⑪ Y. Suzuki, D. D'Elia, C. Bauger, P. Ilbizian, A. Rigacci, J.-F. Hochepped, J. Gonzalez-Aguilar, N. Traisnel, L. Fulcheri, and P. Achard, TiO₂-Based Nanomaterials for Sustainable Energy Applications, MS&T07, 2007 年 9 月 18 日, Detroit, USA (Invited). (他 7 件)

[図書] (計 1 件)

鈴木 義和, ナノ空間材料の創製と応用 (分担), フロンティア出版, pp. 232–238 (2009).

[その他]

ホームページ

<http://www.iae.kyoto-u.ac.jp/molecule/suzuki/>