

68th GREEN Open Seminar

2018/7/4(Wed) 16:00~17:00

Venue : Auditorium, 1F, WPI-MANA Bldg., Namiki Site, NIMS

「新しい微粒子表面修飾・改質法とそのエネルギー・環境分野への適応」

富山大学研究推進機構水素同位体科学研究センター 阿部 孝之センター長

Abstract

1. はじめに

近年我々は「多角バレルスパッタリング法」と呼ぶ新しい3次元ドライプロセスを開発した。この方法は、多種多様な粉体微粒子(サイズ、材質、形状を問わない)表面を任意の物質で構成された(ナノ)薄膜、あるいはナノ粒子で均一修飾できる、即ち、任意にデザインされた微粒子表面を構築できるユニークな手法である。また、最近では、微粒子表面をナノレベルで改質(フッ化、窒化等)する「多角バレルプラズマ表面改質法」も開発している。本講演では、本法の原理を簡単に説明すると共に、微粒子表面の均一薄膜修飾からナノ粒子で均一修飾したナノ触媒までの最近の研究の一端を紹介する。

2. 多角バレルスパッタリング法による微粒子表面修飾

多角バレルスパッタリング法の初期の研究として、微粒子表面への薄膜コーティングを行った。その一例として、Ptを修飾したポリメタクリル酸メチル(PMMA)微粒子(粒径: 50 μm)の光学顕微鏡写真をFigure 1に示した[1]。白色のPMMA微粒子は、スパッタリング後、金属色を呈し、その表面は隣接する微粒子からの反射光が映り込むほど、光沢のある鏡面になっている。また、TEM観察より膜厚約50 nmのPt薄膜がPMMA微粒子表面に均一にコーティングされていることがわかった(図1挿入図)。その他の例(各種金属[2]、 SnO_2 [3]、WC[4]等)も含めて、本法による均一な薄膜コーティングは修飾物の種類に影響しない。



Figure 1 Optical microscope images of PMMA particles (particle size: 50 μm) before and after Pt sputtering. Inset shows the cross-sectional TEM image of a Pt-sputtered particle [1].

3. 高活性ナノ触媒の創成

多角バレルスパッタリング法ではナノ粒子による微粒子表面修飾も可能であり[5]、この特性を利用して高活性ナノ触媒を創成できる[6-9]。その研究例として、Figure 2には CO_2 メタン化反応($\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$)触媒(Ru担持 TiO_2 触媒: Ru/TiO_2)の結果を示した[6]。多角バレルスパッタリング法で調製した試料($\text{Ru}/\text{TiO}_2(\text{B})$)のメタン化反応温度は従来法($\text{Ru}/\text{TiO}_2(\text{W})$)より200 $^\circ\text{C}$ 以上低く、 $\text{Ru}/\text{TiO}_2(\text{B})$ を用いた CO_2 メタン化反応が CO_2 削減に貢献できる「極めて有望な反応」であることが見出された。また、各種解析結果より、 $\text{Ru}/\text{TiO}_2(\text{B})$ の高い触媒活性は担持金属粒子のナノ化による特異な物性変化に起因していることが示唆された。なお、我々は極最近、エネファーム等で実用されているメタンからの水素製造において、反応温度を現状の触媒より200 $^\circ\text{C}$ 以上低温化し、且つ、 CO_2 排出も抑制(200~260 $^\circ\text{C}$ では CO_2 フリー)できる高活性Ru担持カーボンナノ触媒も見出している[9]。

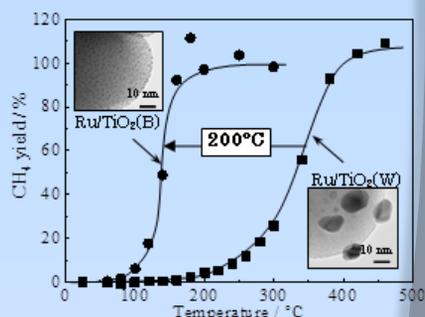


Figure 2 Temperature dependence of the methane yield at methanation of CO_2 over Ru/TiO_2 samples. Insets show TEM images of $\text{Ru}/\text{TiO}_2(\text{B})$ and $\text{Ru}/\text{TiO}_2(\text{W})$ [6].

参考文献: [1] T. Abe, S. Akamaru, K. Watanabe, Y. Honda, J. Alloys Compd. 402 (2005) 227. [2] A. Taguchi, T. Kitami, H. Yamamoto, S. Akamaru, M. Hara, T. Abe, J. Alloys Compd. 441 (2007) 162. [3] T. Abe, S. Higashide, M. Inoue, S. Akamaru, Plasma Chem. Plasma Process. 27 (2007) 799 [4] S. Akamaru, H. Yamamoto, T. Abe, Vacuum 83 (2009) 633. [5] H. Yamamoto, K. Hirakawa, T. Abe, Mater. Lett. 62 (2008) 2118. [6] T. Abe, M. Tanizawa, K. Watanabe, A. Taguchi, Energy Environ. Sci. 2 (2009) 315. [7] M. Inoue, H. Shingen, T. Kitami, S. Akamaru, A. Taguchi, Y. Kawamoto, A. Tada, K. Ohtawa, K. Ohba, M. Matsuyama, K. Watanabe, I. Tsubone, T. Abe, J. Phys. Chem. C 112 (2008) 1479. [8] Y. Jin, R. Yang, Y. Mori, J. Sun, A. Taguchi, Y. Yoneyama, T. Abe, N. Tsubaki, Appl. Catal. A Gen. 456 (2013) 75. [9] B. Lu, M. Inoue, T. Abe, Sustainable Energy Fuels 2 (2018) 795.