環境浄化型 TiO₂ 複合炭素材料

坂 志 朗*

我々人類は、近年膨大な資源・エネルギーの消費によって、大量生産、大量消費、大量廃棄の使い捨て社会をつくり上げてきた。その結果、様々な物質が大気中に放出され、地球の温暖化で代表される地球規模での環境破壊が徐々に進んできた。居住面でも数十年前と比べると、格段に進歩した快適な暮らしが可能となってきた。しかし、一方で木造建築住宅の部材である合板、パーティクルボードや家具などにホルムアルデヒド(HCHO)系接着剤が大量に使用され、接着の反応に関与しなかった遊離の HCHO によるシックハウス症候群などの疾病につながる室内環境汚染が問題となっている。

このような環境汚染物質に対し、木炭や活性炭は高い吸着能を有することが古くから知られている。しかしながら、吸着飽和するとそれ以上の吸着は望めず、高温状態では脱着し、環境汚染物質を根本的に除去することはできない。一方、アナターゼ型結晶構造を有する酸化チタン(TiO₂)は、太陽光の紫外線によって励起され、電子・正孔対が生じて、酸化・還元反応が進行する。正孔側では水からヒドロキシラジカルが生成するが、ヒドロキシラジカルの持つ強い酸化力で TiO₂ 付近に存在する有機化合物などは水と二酸化炭素へと分解されることが知られている。

このような TiO₂ の光触媒活性を利用した空気汚染物質の除去剤やセルフクリーニング効果、抗菌効果、脱臭効果などを有する新規な TiO₂ 材料の開発が試みられてきた。しかし、TiO₂ 単独では大気汚染物質などの吸着力が弱く、光触媒活性を十分に誘引するには限度がある。そこで、吸着剤としての活性炭などと TiO₂ とを混合した材料が考案され、有害物質の吸着→分解(無害化)を可能とする材料が開発されるに至っている。しかし、この物理的混合では、光分解反応の活性種であるヒドロキシラジカルが吸着された有害物質と分子レベルで共存しないため、無害化効果が低く、効果的な光触媒活性が望めないのが現状である。

これらの背景を踏まえ、我々は、強い吸着能を有する木質炭化物と TiO₂ とをトポ化学的に複合させた新規な環境浄化型木質炭素材料の創製を試み、高効率に大気汚染物質を無害化し得るメンテナンスフリーな新規な炭素材料を開発し

図1 TiO₂ 複合炭化物(実線)と物理的混合(破線)の HCHO 吸着および紫外線照射による光触媒分解過程の比較。

た。すなわち、10年に及ぶゾル-ゲル反応による木材の無機質複合化による諸機能発現のトポ化学的研究⁽¹⁾をもとに、木材細胞壁中の TiO₂ ゲルの分布が異なる種々の TiO₂ 無機質複合化木材を調製し、それらを400~500℃の温度で熱処理することにより、TiO₂ 複合炭素材料を調製した。このことにより、先の物理的混合とは異なった木材細胞と TiO₂ ゲルとが分子レベルでトポ化学的に複合した TiO₂ 複合炭素材料の調製が可能となり、この温度領域で処理した複合体の木質炭化物部は、HCHO、ベンゼン、クロロホルムなどの有害物質を効率よく吸着し、TiO₂ ゲルは光触媒活性の高いアナターゼ型に変換されることが明らかとなった。さらに、種々の TiO₂ 複合炭化物を評価した結果、TiO₂ ゲルが木質炭化物表面に複合したものが最も光触媒活性が大きいことが判明した。

この複合体を用いて、HCHO の吸着と紫外線照射($\lambda = 365 \text{ nm}$, 0.5 mW/cm^2)後の光触媒活性による分解過程を評価した結果を図1に示す。CO₂ 濃度の変化から、HCHO 濃度の初期(~100 min)での減少は炭化物による HCHO の吸着によるものであり、紫外線照射後(100~200 min)は CO₂ 濃度が増大していることから、HCHO の光触媒分解が効果的に進んでいることを示している。比較のために示した波線の結果は、木質炭化物とアナターゼ型 TiO₂ 粒子を同条件で別々に調製し、物理的に混合したもので、HCHO の吸着→分解が前者で極めて効率的に進行している様子が伺える。このことから、TiO₂ 複合炭化物では、木質炭化物の優れた吸着能と TiO₂ 粒子の高い光触媒活性による相乗効果が認められることがわかる。なお、熱処理により得られた炭化物は、この光触媒活性に対して安定であることも確認されている⁽²⁾。

この新規な環境浄化型炭素材料は、HCHO のみでなく、ダイオキシンを初めとする多くの環境汚染物質にも適用できるものと期待される。

文 献

- (1) 坂 志朗：材料，48(1999)，575.
- (2) M. Doi, S. Saka, H. Miyafuji and D. A. I. Goring: Materials Sci. Res. Int., 6(2000)，15.

* 京都大学教授；大学院エネルギー科学研究科 エネルギー・社会・環境科学専攻(〒606-8501 京都市左京区吉田本町)
Carbonized TiO₂ Woody Composites for Environmental Cleaning; Shiro Saka(Graduate School of Energy Science, Kyoto University)

Keywords: TiO₂ gel, carbonized wood, composite, adsorption, photo-catalytic activity, anatase-form crystallites, formaldehyde, environmental cleaning, toxic substance

1999年12月3日受理