

実践教育をめざす酸化チタンの光触媒作用 を活用する環境教育教材の開発

○早藤 幸隆¹⁾ 古林 伸浩²⁾ 高津戸 秀³⁾ 今倉 康宏³⁾

HAYAFUJI yukitaka, KOBAYASHI nobuhiro, TAKATSUTO suguru, IMAKURA yasuhiko

鳴門教育大学¹⁾ 山口市立宮野中学校²⁾ 上越教育大学³⁾

キーワード：光触媒，酸化チタン，自作簡易比色計，ホルムアルデヒド，フェーリング反応

1. はじめに

近年，大気汚染・水質汚染・食糧汚染・土壌汚染などの地球規模での環境汚染に対応して，様々な発生源対策技術が開発され，ある程度の効果が挙げられているが，未だ充分とはいえない。例えば，大気汚染に限っても依然として未解決な問題，更に有害化学物質などによる新たな問題も起こっている。環境問題を引き起こす種々の規模の発生源に適用可能で経済的な対策技術の開発に加えて，汚染環境を直接浄化する技術（環境浄化技術）の開発が強く求められており，これらの現状と考え方を教育現場で認識・発展させる事は，大変重要な課題である。著者らは，このような時代のニーズに応えるべき身近な環境汚染物質の浄化の方法として，光触媒作用を示す代表的物質である酸化チタン（以下 TiO_2 ）に注目し，教育現場で実施出来る環境教育教材の開発を検討したので報告する。

2. 実験

2.1 ホルムアルデヒドの 2,4-DNPH 誘導体の

の合成と構造解析

ホルムアルデヒドの定量分析は 2,4-DNPH 法を採用した。その誘導体を TLC（展開溶媒： CHCl_3 ， $R_f=0.43$ ），NMR，UV，MS を用いて構造解析した。

2.2 ホルムアルデヒド濃度を求める検量線の作成

調製した種々の濃度のホルムアルデヒド（0.14，0.36，0.72，1.22，1.44ppm）と 2,4-DNPH（0.64mM）のアセトニトリル溶液をホールピペットにより各々25ml量り取り，50mlのメスフラスコに入れ，標線まで蒸留水を加えて補正した。共栓をパラフィルムで固定し，良く振り混ぜた後，室温で 24 時間遮光して保存した。5 種の溶液を各々5回ずつ HPLC により分析し，ピーク強度の面積を重量で表示した。その平均値からホルムアルデヒド濃度を求める検量線を作成した。

2.3 種々の形態を有する TiO_2 による

ホルムアルデヒドの分解

1.44ppm のホルムアルデヒドを入れた 25ml メスフラスコを用意し， TiO_2 塗板¹⁾（ $2 \times 1\text{cm}$ を 10 枚， $1 \times 1\text{cm}$ を 5 枚）， TiO_2 塗綿¹⁾ 0.5g， TiO_2 粉末（アナターゼ型）0.5g をそれぞれ添加した後，共栓をパラフィルムで固定した。同様に， TiO_2 無添加の対照を用意した。10/3～10 の 1 週間に太陽光が照射している午前 9 時から午後 6 時までの 9 時間，メスフラスコを本学 4 階のテラスに設置した。ホルムアルデヒドの分解効果を検量線作成と同一条件で 9 時間毎に 63 時間まで定量分析した。また，上記と同一条件でスクリー管についても同様に実験を行った。

2.4 TiO_2 塗板の耐久性と浄化力について

100ml ビーカーに 5%塩酸水溶液，5%水酸化ナトリウム水溶液および蒸留水 50ml を入れ，その中に TiO_2 塗板を浸した。8/15～11/22 の 100 日間に太陽光が照射している午前 9 時から午後 6 時までの 9 時間，ビーカーを本学 4 階のテラスに設置し，耐久性を検討した。10 日毎に溶液の液性を確認し，酸性溶液では pH2.5，アルカリ性溶液では pH13.0 に液性を維持した。

更に，100 日後の各々の塗板のホルムアルデヒドの分解（浄化）力を新しい塗板と比較・検討した。

2.5 自作簡易比色計を用いた

ホルムアルデヒド濃度の定量分析

高等学校の化学分野で還元性物質（アルデヒド，糖，蟻酸等）の検出や定量に用いられるフェーリング反応を応用して，ホルムアルデヒド濃度を推定する実験を行った。フェーリング液にホルムアルデヒド液を加えて温め，析出する赤色の酸化銅（I）の沈殿をろ取する。しかしながら，微量なホルムアルデヒドを使用するため，酸化銅（I）の沈殿をろ取する事は困難である。

著者らは，開発した自作簡易比色計を用いて，メンブランフィルターを利用して得た硫酸銅（II）五水和物水溶液の濃度を求める事により，ホルムアルデヒド濃度を求めた。

3. 結果と考察

3.1 2,4-DNPH 誘導体の構造解析について

誘導体の構造解析データは、MS (EI-HRMS) : 分子式 $C_7H_7N_3O_4$ (Found 210.0368, Calcd. 210.0389) ; NMR (300MHz, $CDCl_3$, δ_H) : 6.73 (1H, d, $J=10.8$ Hz, H-9), 7.13 (1H, d, $J=10.8$ Hz, H-9), 7.97 (1H, d, $J=9.6$ Hz, H-6), 8.35 (1H, dd, $J=9.6, 2.6$ Hz, H-5), 9.15 (1H, d, $J=2.6$ Hz, H-3), 11.12 (1H, s, H-7) ; UV-VIS (EtOH) : λ_{max} 349.4nm ($\epsilon=7.7 \times 10^3$)であった。

3.2 ホルムアルデヒド濃度を求める検量線について

高感度且つ短時間で精度良く定量分析条件を設定する事が出来た。これらの結果は、図1に示すようにホルムアルデヒド濃度を環境基準値の範囲で算出可能な検量線として、以下の実験において十分活用する事が出来た。

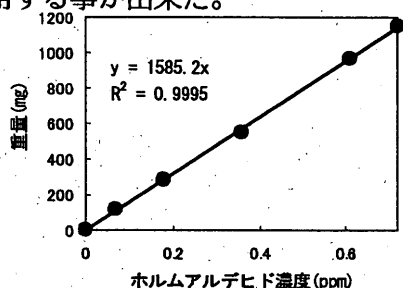


図1 ホルムアルデヒド濃度を求める検量線

3.3 TiO_2 によるホルムアルデヒドの分解実験

種々の形態を有する TiO_2 によるホルムアルデヒド分解実験の定量結果を表1に示した。塗板および塗綿は、メスフラスコとスクリー管において同様の分解効果を示し、63時間後には殆ど全てのホルムアルデヒドを分解した。また、粉末は54時間後に全てのホルムアルデヒドを分解したが、スクリー管 ($9.62cm^3$)とメスフラスコ ($3.80cm^3$)の底面積の違いが、ホルムアルデヒド分解速度の差が生じたと考えられる。また、本実験においては、安価で簡便なスクリー管が教材として有効であると思われる。

表1 TiO_2 によるホルムアルデヒド分解実験の定量結果

時間	メスフラスコ				スクリー管			
	塗板	塗綿	粉末	対照	塗板	塗綿	粉末	対照
9時間後	0.50	0.63	0.58	0.72	0.56	0.58	0.59	0.72
18時間後	0.37	0.56	0.47	0.72	0.50	0.52	0.33	0.72
27時間後	0.25	0.30	0.36	0.71	0.21	0.30	0.10	0.72
36時間後	0.19	0.10	0.29	0.71	0.18	0.12	0.05	0.71
45時間後	0.14	0.08	0.10	0.71	0.15	0.10	0	0.71
54時間後	0.05	0.04	0	0.71	0	0.05	0	0.71
63時間後	0.02	0.01	0	0.71	0	0.01	0	0.71

ホルムアルデヒド濃度 (単位は全て ppm)

3.4 TiO_2 塗板の耐久性と浄化力について

3.4.1 TiO_2 塗板の耐久性について

5%塩酸水溶液と蒸留水に浸していた塗板は、ビーカーから取り出した後、蒸留水で洗浄しても変化はなかったが、5%水酸化ナトリウム水溶液に浸していた塗板は、蒸留水で洗浄後 TiO_2 の一部が剥がれ落ちる事を確認した。通常、日常生活においてこのような過酷な環境状況は考えられないものの、 TiO_2 とガラス板との接着力の向上が課題として残された。

3.4.2 浄化力について

広口瓶に 1.44ppm のホルムアルデヒドをホールビペットで 25ml 加え、塗板を細片せず浸した後、11/23~11/25 の3日間に太陽光が照射している午前9時から午後6時までの9時間、ビーカーを本学4階のテラスに設置し、27時間後のホルムアルデヒドの分解効果を検量線作成と同一条件で分析した。また、新しい塗板についても同様に分析した。100日後のいずれの塗板も、元の分解の効力を維持している事が確認された。この事から、生徒達は本実験によって TiO_2 の触媒としての効果を理解する事が出来るものと思われる。

3.5 学校教育現場で実施可能な教材化について

自作簡易比色計を用いて、硫酸銅(II)五水合物水溶液の濃度を測定し、ホルムアルデヒド濃度を求める検量線を作成する事が出来た。簡単に作製出来る簡易比色計を活用して、学校教育現場において、光触媒 TiO_2 によるアルデヒド、糖類、蟻酸等の還元性物質に応用出来、充分適用可能な環境教育教材である。

4. おわりに

今回著者らは、種々の形態を有する光触媒 TiO_2 を用いて、環境汚染物質の1つであるホルムアルデヒドに着目し、その分解効果を実証した。また、生徒達が「環境浄化」に興味・関心を抱き、教育現場で実施可能な環境教育教材を開発した。現在、本教材の教育現場での実践を始め、更に TiO_2 の光触媒作用を生かした環境教育教材の開発を進めている所である。

本研究の一部は、平成16年度科学研究費補助金特定領域研究(2)No.15020246 により行ったものである。

<参考文献>

1) <http://www.arc-flash-east.jp/arcflash.html>

(宮崎代理店)〒880-0941 宮崎県宮崎市川内町谷口 5366-1

有限会社 新和工業 TEL:0985-54-2331