

酸化チタン光触媒の研究 (2014)

宮城県石巻工業高等学校 天文物理部 発表者 阿部 綾佳・安部 宏海・阿部 雄大
木村 公人・水沼 宏平・山口 拓也
指導者 遠藤一太郎・関根 真

1. はじめに

本校は、昭和38年4月11日に開校し、平成24年度に創立50年を迎えた。宮城県第2の都市、石巻市を中心に工業の発展に大きく寄与し、震災以後も地域の復興及び発展に大きな役割を担っている。現在、機械科、電気情報科、土木システム科、化学技術科及び建築科の5学科6クラス、「堅忍不撓」の校訓のもと地域産業を支える総合工業高校である。ここに紹介する研究は、地域との連携、環境をテーマとし復興から発展へ繋げる石巻市との共同事業である。震災後、全国の工業高校より多大なご支援をいただき、お陰様で震災前とほぼ同様に教育活動を展開できるまでになった。改めて感謝申し上げる。

2. 石巻市光触媒プロジェクト

本研究は、石巻市（生活環境部）と石巻工業高校（化学技術科・天文物理部）の協同事業である「石巻市光触媒プロジェクト」の一環として行った。この事業は、光触媒の技術を通して次の3点を推進することを目的として2010年に始まっている。

- ① 市内の環境浄化に関する研究
- ② 環境意識の高い人材の育成
- ③ 環境問題に対する市民の啓蒙

この目的にある「市内の環境浄化に関する研究」は、石巻工業高校の天文物理部が石巻市役所の支援を受けながら行ってきた。研究を始めた頃は、光触媒の性質もよくわからず実験方法も手探りであったが、毎年少しずつ研究を積み

重ねて本報告までたどりついた。本プロジェクトのロゴマークを図1に示す。



図1 プロジェクト ロゴ

なお、亀山紘石巻市長は、以前に大学教授として光触媒研究に携わっており、プロジェクトの報告会でアドバイスや激励をいただいている。また、理科教育の振興に意欲をお持ちの方であり、本プロジェクトを積極的に推進していただいている。図2は、平成26年度事業報告会での市長と部員の懇談の様子である。

3. 光触媒とは

光触媒とは、「光を当てることにより触媒作用を示す物質」であり、中でも酸化チタン（IV） TiO_2 が、もっともよく使われている。（以下、「酸化チタン（IV）」を「酸化チタン」と呼ぶ。）

酸化チタンは、紫外線（波長380nm以下）が当たると次の2つの性質を示す。

酸化還元作用	→ 物質を分解する
超親水性	→ 表面が水となじみやすい



図2 市長との懇談

これらの性質を利用して、トイレの消臭機能付きタイル、セルフクリーニング機能のある住宅外壁、水滴の付かない自動車のドアミラーなどが実用化されている。

石巻市では、市街地の用水路の水質悪化や魚加工場からの悪臭などが問題となっており、本事業ではこれらの環境に関する問題を光触媒を利用した技術で解決することをめざしている。

4. 研究の背景

天文物理部はこれまで、「粉末状酸化チタン」（市販のものをそのまま使用）やスライドガラスなどに酸化チタンを固着させた「固定化酸化チタン」を使用した浄化実験と、それらを利用した環境浄化用装置の製作を行ってきた。その結果、「粉末状酸化チタン」は、汚物の分解能力が優れているが溶液中に流出し溶液を白く濁らせるのが問題であり、「固定化酸化チタン」は流出はないものの分解能力が低い点が問題であることがわかった。そこで今年度は、「流出せず、分解能力も高い酸化チタンの作製」を課題として研究を進めた。

5. ガラス固化酸化チタンの作製

上にあげた課題を解決するためには、「分解能力が高い酸化チタンの粉末を、酸化チタンが流出しないよう固めてしまえばよいのではないか」と考えた。まず、接着剤で固める方法が考えられるが、接着剤は有機物であることが多いので、徐々に光触媒で分解されてしまう。また、高温で無機物とまぜて焼き固める方法は、光触媒が変質してしまい(アナターゼ型→ルチル型)物質を分解する効果が小さくなってしまう。

そこで、私たちは「ゾル-ゲル法」というガラスの製法に着目した。これは、オルトけい酸テトラエチルを中心材料としてガラスゾルを作り、それを低温(500℃)で焼結してガラスを得る方法である。この方法を利用して作ったガラスゾルに酸化チタン粉末を混合して焼き固めたところ、表面がざらざらな、ややもろい白色

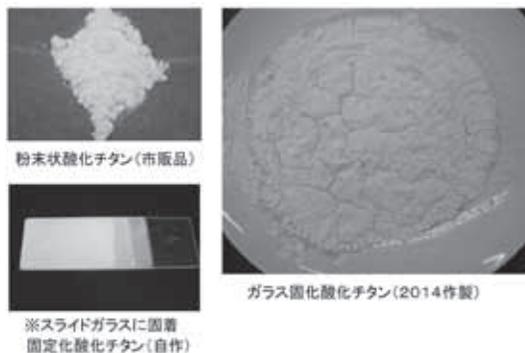


図3 粉末状、固定化、ガラス固化酸化チタン

固体が得られた。私たちは、この固体を“ガラス固化酸化チタン”と呼ぶことにした。表面はもろいものの、水に入れても懸濁液となることはなく、見かけ上では酸化チタンの流出は無いようだった。図3に粉末状、固定化、ガラス固化酸化チタンを示す。

つぎに、ガラス固化酸化チタンの物質分解能力を確認する実験を行った。一般に、光触媒の物質分解能力の確認には、青色色素の一種であるメチレンブルーの水溶液の脱色を観察する。私たちも、ステンレス製バットにガラス固化酸化チタンとメチレンブルー水溶液をいれ、数時間日光に当てて色の変化を観察した。

実験条件

- ・ガラス固化酸化チタン：100 g
- ・メチレンブルー水溶液：10 ppm 1 L
(比較対照：メチレンブルー水溶液のみ)
- ・日照射：12：40 → 14：40 (晴天)
- ・青さの分析：分光光度計により 664 nm
(メチレンブルーの吸収極大波長)における吸光度を測定

その結果、日照射2時間でメチレンブルーの青さは10分の1以下となった。溶液の白濁はほとんどなかった。図4に実験の様子と結果を示す。

これより、ガラス固化酸化チタンには物質分解能力があり、酸化チタンの流出もほとんどないことがわかった。特に、物質分解能力は粉末

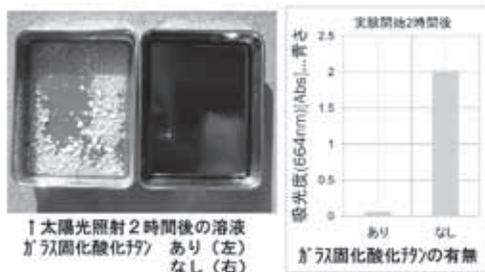


図4 ガラス固化酸化チタンの物質分解能力

酸化チタンほどではないが過去に作製したどの固定化酸化チタンよりも高いと感じられ、有望な環境浄化用材料となることが期待された。

6. ガラス固化酸化チタンの成形

ここまでで作ったガラス固化酸化チタンは、小石状の固まりから、砂粒に近い粒子まで様々な粒径を持つ固体の混合物であった。光触媒としての性能を評価する際、粒径や形がまちまちだと表面積も様々となり評価が難しくなる。できる限り同じ大きさ・形のガラス固化酸化チタンを作るため、成形することを試みた。

成形は、ガラスゾルと酸化チタンを混ぜて得られる高粘度の白色スラリーの段階で、型に押し込んだり押し出したりして行った。

<成形方法>

1 アイストレイ型

アイストレイ（製氷皿）に入れて固めた。

2 蜂の巣状

複数の小さい六角形の凹凸があるシリコンシート（鍋敷き）の凹みに詰め込み固めた。

3 クリーム型

生クリーム絞り機にクリームのかわりに酸化チタンを入れて押し出した。

1, 2については型に入れたまま、3については押し出したあと、一日放置して乾燥させ、その後、電気炉（500℃）で焼結した。図5に使用した型と作製した三種のガラス固化酸化チタンを示す。

アイストレイ型、ハチの巣状ガラス固化酸化チタンは少々形が崩れたりひびがはいっていた

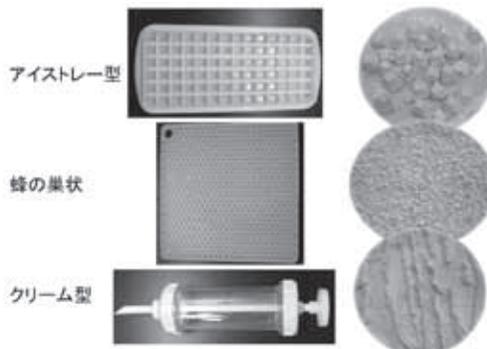


図5 成形したガラス固化酸化チタン

が実験に使用できる強度はあった。しかし、クリーム型は表面に亀裂ができてとてももろく使用できないと判断した。

作製したガラス固化酸化チタンのうち、同じ重さ当たりの表面積が大きい蜂の巣状を今後の実験に使うことにした。この蜂の巣状酸化チタンについてもメチレンブルー水溶液の脱色を調べたところ、ブラックライト照射下1日で溶液の色をほぼ消すことができ白濁も起こさないことが確認できた。

7. ガラス固化酸化チタンの分析

ガラス固化酸化チタンが物質分解能力を持つことが確認できたので、ガラス固化酸化チタンの表面の様子と表面を構成している元素について調べた。実験は、本校化学技術科の実習設備である走査型電子顕微鏡（SEM）と付属するX線分析装置（EDS）で行った。図6にSEM写真（1万倍）とEDSでの分析結果を示す。

SEM写真によると、表面にガラスのような平滑さはなかった。写真に見られる小さい粒子

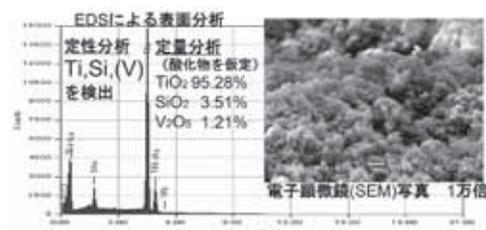


図6 電子顕微鏡(SEM)写真とX線分析装置(EDS)による分析結果

(直径 200 nm 程度) は使用した粉末状酸化チタンと考えられる。また、EDS による元素分析結果より、ガラス固化酸化チタン表面の約 95% が酸化チタンであり、3.5% がガラス (SiO_2) であることがわかった。これらの結果から、ガラス固化酸化チタンでは、酸化チタンの粒子が少量のガラス成分によりつなぎ止められていると考えられる。表面の酸化チタン量の多さから、比較的物質分解能力が高いことも理解できた。

8. 連続式水浄化装置の作製

作製したガラス固化酸化チタンを用いて連続して水を浄化するための装置を作製した。これは、ブラックライトで紫外線を当てながらチューブ内に詰め込んだガラス固化酸化チタンにポンプによって運ばれた溶液をくぐらせて浄化を行うものである。(図7)

写真の左下がマイクロチューブポンプ、中央が2本のブラックライトで、その間にあるのがガラス固化酸化チタン入りのテフロンチューブである。この装置で、排出液を白く濁らせることなく、メチレンブルー水溶液の青さを98%減らすことができた。

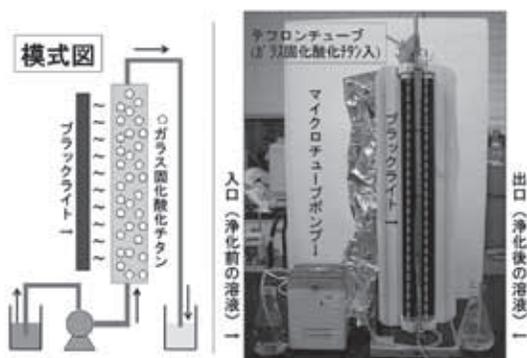


図7 連続式水浄化装置

9. まとめ

2014年度の課題は、「流出せず分解能力が高い酸化チタンの作製」だったが、分解能力が高く濁りにくい、という性質を併せ持った“ガラス固化酸化チタン”を作製することができた。

また、ガラス固化酸化チタンの分析より、表面の大部分は酸化チタンであり、ガラスはほとんど存在しないことがわかった。少量のガラスが形を保つのに役立っているようである。

そして、このガラス固化酸化チタンを用いた小規模な連続式水浄化装置を作ったところ、青色の色水を無色にできることが確認できた。

10. おわりに

平成26年12月の宮城県高文連工業専門部生徒活動成果発表会で今回報告した研究を含む光触媒の研究について発表を行い、ステージ発表の部で最優秀賞と優秀賞をいただくことができた。

平成27年度も、天文物理部は新たな部員を迎えて光触媒に関する研究を継続中である。これまで同様、少しずつではあるが毎日確実に実験や製作を行い一歩ずつ成果を上げていきたいと思っている。

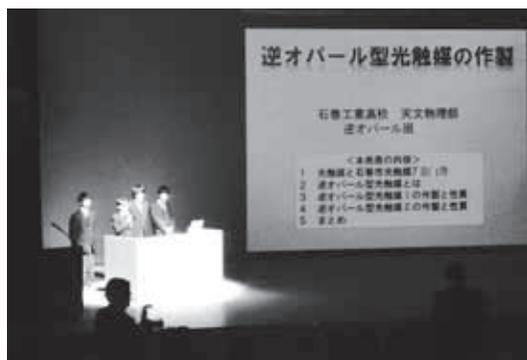


図8 発表会

工業教育資料 通巻第 364 号

(11月号) 定価 216 円 (本体 200 円)

2015 年 11 月 5 日 印刷

2015 年 11 月 10 日 発行

印刷所 株式会社インフォレスト

© 編集発行 実教出版株式会社

代表者 戸塚雄武

〒102 東京都千代田区五番町 5 番地
- 8377 電話 03-3238-7777

<http://www.jikkyo.co.jp/>