

化学クラブの活動を通じた水質浄化への取り組み

私立広島学院高等学校 化学部 顧問 井上 正之

はじめに

この度は、第4回日本水大賞において、大変素晴らしい賞をいただき、関係の方々に厚く御礼申し上げます。

私立広島学院高等学校は、生徒数が約550名の男子校です。生徒はすべて、併設中学校から進学しています。本校では運動部の活動が週に2日、文化部の活動が週に1日と規定されており、この中で各部が活動を行っています。また学期中の活動可能時間は、1日あたり2時間程度です。2002年4月現在で化学部に在籍している生徒は22名ですが、半数近い生徒が運動部と化学部の両方に所属しています。したがって長期休暇中の活動日も、運動部との調整が難しく、十分な回数を確保することはできません。このように活動時間に著しい制限があるために、指導にあたっては時間を有効に使うことを第一に考える必要があります。なお写真1は、化学部の活動の様子です。

さて本校の化学部では、伝統的に「環境」というテーマに着眼した活動を行ってきました。私が化学部の顧問になる以前は、広島市を流れる太田川の水質調査などを行っていました。しかし私は、この伝統を生かしながら短い活動時間を有効に利用するために、実態調査よりも「環境を改善するための技術

開発」をメインテーマに据えることにしました。今回、本賞で評価していただいた「水質浄化」の研究は、主に最近6年間に行われた研究です。以下にその内容について、紹介させていただきます。

陰イオン性界面活性剤の処理法の開発

私達が生活する上でどうしても排出してしまう「生活廃水」は、海洋等の水質汚染の主原因の1つとなっています。現在のところ、その浄化方法は微生物処理に大きく依存しています。しかし台所用洗剤やシャンプーなどに広く利用されている陰イオン界面活性剤は、微生物がその処理を苦手とする物質です。そこで我々は、効率良い陰イオン界面活性剤の処理法を開発することにしました。

この研究ではまず、図1のような装置を使う電解処理法を開発しました。この方法では、直流電流を通じると、内室の陰イオン界面活性剤がセロハン膜

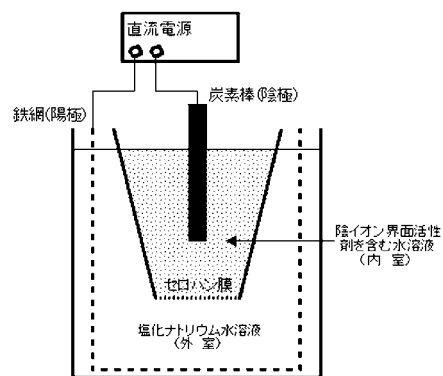


図1 電解処理法の実験装置

を通過して外室に出ます。一方外室では、電流の作用によって鉄網から発生した鉄(Ⅱ)イオンが、陰イオン界面活性剤と結合します。後は外室の食塩水を弱アルカリ性になると、陰イオン界面活性剤は鉄(Ⅱ)イオンと一緒に沈殿して除去されてしまいます。乾電池3個分程度の電圧で20分間通電すると、内室の陰イオン界面活性剤の濃度は、最初の10%程度に



写真1 活動の様子

まで低下します。

この研究で行った実験から、次の新しい発見が生まれました。陰イオン界面活性剤の濃度を測定する際に、メチルバイオレットという陽イオン性の色素を使うのですが、この色素がガラス器具につくと、なかなか洗浄できません。これを洗剤を使って洗うと、色素がさらに頑固に付着します。このことから、ガラスと似た成分をもつシリカゲルの粉末に陽イオン性の色素を吸着させたものが、陰イオン界面活性剤をよく吸着するという新しい事実が見つかりました。陽イオン性色素の種類を検討したところ、はじめに使ったメチルバイオレットが最も適していることがわかりました。この方法は大規模な処理には向きませんが、電気のようなエネルギーを使わずに処理ができる点に魅力があります。小規模の実験では、陰イオン界面活性剤の濃度を10%以下にすることができました。我々はこの2つの方法について、特許を出願しました。

二酸化チタン光触媒と太陽光線による水質の浄化

ある部員が写真部から、「水質汚濁防止法によって現像廃液が捨てられなくなる」という話を聴いてきました。これは本校の写真部に限った話ではありません。街のあちらこちらにあるフォトショップからは、毎日のように多量の現像廃液が出てくるはずですよ。これを何とか処理できないだろうか、という話からこの研究は始まりました。そこで我々は、当時から話題になっていた「二酸化チタン光触媒」に着目しました。

二酸化チタンという物質には、光があたると空気中や水中の有機物を二酸化炭素と水に分解する性質があり、「環境浄化の決め手」ともいわれています。しかしこの研究に着手した頃、二酸化チタン光触媒には主に2つの問題点がありました。1つめは効率

よく利用できる光が紫外線であり、太陽光線などの可視光線の利用が苦手であること、2つめは水溶液中の多量の汚染物質を処理することが苦手であることです。

その当時、二酸化チタンに白金などの微量の元素を添加すると、可視光線が利用できるようになるということが報告されていました。しかしその方法は、高等学校では実現できそうにない困難なものでした。そこで二酸化チタン粉末にホウ酸や金属の水酸化物混合して「焼き付ける」ことで、微量元素を添加しようと考えました。また半導体である二酸化チタン光触媒の処理効率を低下させている要因の1つに、光によって生じた電子と正孔の再結合があります。これを防ぐために、水溶液中に銀()イオンを添加することを考えました。銀()イオンには、電子と結合して銀原子に戻りやすい性質があります。これを利用すれば処理効率が上がると考えました。以上のコンセプトに従って、まずアナターゼ型二酸化チタン微粒子に、ホウ素、アルミニウムなどの酸化物を焼き付けた光触媒をつくりました。この触媒を使って、メチレンブルーとメチルバイオレットという色素の太陽光線による分解を試みました。その結果を図2、3のグラフに示します。予期したとおり、銀()イオンを含む硝酸銀 AgNO_3 の効果は大きく、色素の分解を加速していることがわかりました。またアルミニウムやホウ素の酸化物を焼き付けると、分解の速度がさらに大きくなることもわかりました。さらに街のフォトショップに行ってカラー写真の現像廃液を分けてもらい、この方法に従って処理を試みたところ、かなり良好な結果が得られました。

この研究は新聞で紹介され、興味をもって下さったいくつかの企業から、問い合わせもありました。そのうち㈱大野石油店さんには水溶性の二酸化チタンゾルの提供を申し出ていただき、この春まで「共

化学クラブの活動を通じた水質浄化への取り組み

私立広島学院高等学校 化学部 顧問 井上 正之

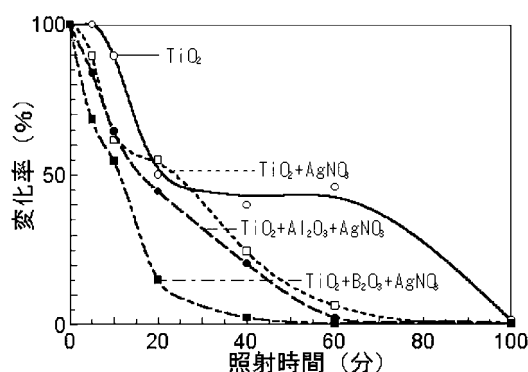


図2 メチレンブルーの分解

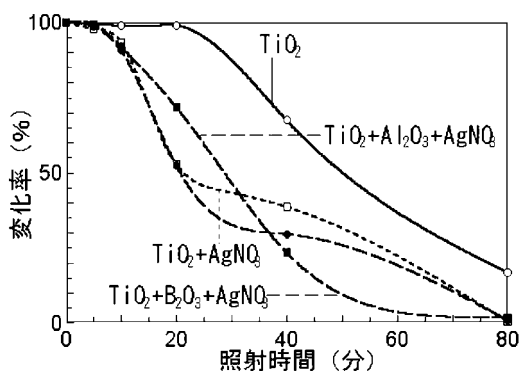


図3 メチルバイオレットの分解

同研究」の機会を頂戴しました。この共同研究では、二酸化チタンゾルと水酸化鉄(Ⅲ)ゾルを混合したものを園芸用軽石の表面に焼き付け、これを使って海面に流れ出した原油の不揮発性成分の処理を試みました。

キトサン塩を使った水質の浄化

キトサンはカニやエビの殻の主要成分であるキチンを、化学的に処理して作られる高分子性のバイオマスの1つです。現在ではダイエット食品としても販売されていますが、古くから濁り水を澄んだ水にするための凝集剤として使われていました。

ところで本校の修学旅行の目的地は例年、沖縄本島です。ある日、修学旅行の事前学習としてインターネットで沖縄地方の自然環境について調べていた

部員が、「赤土問題」というものを見つけました。これは沖縄本島や石垣島などに分布するサンゴ礁由来の赤土が土地開発などによって露呈し、沿岸のサンゴ礁に流入して、サンゴ礁に甚大な被害を与えているという問題です。沖縄県は「赤土防止条例」を制定して、赤土を沈殿させるための「沈砂池」というため池を作っていますが、実際には赤土は、沈殿する前に池からあふれ出てしまっているようです。そこで我々は、このため池の実効性をあげるために、この池に凝集剤を投入することを考えました。「凝集」とは、赤土の微粒子を固めて沈殿させることです。しかしサンゴ礁に対して実害のある凝集剤では意味がありません。彼等は天然に存在する高分子化合物を中心に探索を続けてくれました。そこでたどり着いた結論が、「キトサン塩」の利用でした。

キトサンという物質は水には溶けませんが、塩酸や酢酸水溶液のような酸性の水溶液には陽イオンとなって溶けます。この溶液を、キトサン塩水溶液といいます。このときキトサン分子は正の電荷をもつ陽イオンとなり、酸の分子は負の電荷をもつ陰イオンとなって水溶液中に溶けています。通常、粘土性の濁り水に含まれる微粒子は負の電荷をもっているから、キトサンのような正の電荷をもつ陽イオン性の高分子によってよく凝集します。

当初我々は、キトサンを塩にするときキトサン分子は同じ陽イオンになるので、キトサンをどんな酸に溶かしても凝集能力に大きな違いはないだろうと考えていました。しかし実際に試してみると、キトサンを溶かす酸の種類によって凝集能力が大きく違うことがわかりました。凝集効果が高かったのは酒石酸、リンゴ酸、乳酸といった果物に多く含まれる「ヒドロキシ酸」とよばれる酸を使ったときでした。これらの酸は、その分子内にヒドロキシル基という酸素原子と水素原子が結合した構造をもちます。いろいろ調べてみると、これらのヒドロキシ酸を含む

キトサン・ヒドロキシ酸塩は、陰イオンになったヒドロキシ酸分子のヒドロキシル基のはたらきで、沖縄赤土に含まれる炭酸イオンという陰イオンを捕まえて赤土を固めているらしいことがわかりました。我々の当初の仮説では「脇役」に過ぎないと考えていたヒドロキシ酸陰イオンこそ、凝集効果の主役となっていたわけです。我々はこの現象を「キトサン塩の陰イオン効果」と呼ぶことにしました。

さて水質汚濁の原因となっている物質の多くは、その中に含まれる陰イオンに汚濁の原因をもっています。キトサン・ヒドロキシ酸塩による陰イオンの捕捉は、このような物質の処理に使える可能性があります。すでに我々は、シリカゲルに吸着させたキトサン・ヒドロキシ酸塩を使うと、小規模ながら陰イオン界面活性剤の処理が行えることを見出しています。またキトサン塩と金属元素を組み合わせることで、水源地のアオコや海洋の赤潮の原因となるプランクトンの発生を助長するリン酸イオンや亜硝酸イオンといった陰イオンの処理が行える見通しが立ってきました。このような処理法の開発においても、「陰イオン効果」が観察されています。現在の時点でキトサン塩による水質の浄化に関する研究は、本校化学部のメイン研究テーマとなっています。

研究成果の発表

本校の化学部では水質の浄化ばかりでなく、「食品添加物の無害化」や「生活悪臭の分解」など、身近な問題を研究テーマとして扱い、高校3年生の夏に研究論文としてまとめます。これに先立って2年生の夏に、広島県高等学校生徒理科研究発表会に出席してプレゼンテーションを行っています(写真2)。この8年間に10編の研究論文をまとめて広島県科学賞に出品し(そのうち、水環境に関するものは6編)どの論文も最優秀賞である「特選」に選ばれて日本学生科学賞中央審査に進出しました。中央審査では



写真2 研究発表会でのプレゼンテーション

入賞に2編、入選に6編が選ばれました。また東京都新宿区にある工学院大学が主催する「全国高等学校理科・化学クラブ研究論文」には、この4年間に5つの論文を応募し、最優秀賞に2編、優秀賞に2編、努力賞に1編が選ばれました。これらの全国レベルでの表彰結果と論文の内容はその都度、地元の新聞に記事を掲載してもらっています。



写真3 新聞や雑誌による報道

少ない活動時間ではありますが、生徒諸君の努力とアイデアでここまでの成果をあげることができました。今回の受賞を励みに、これに驕ることなく今後も地道に活動を続け、よりよい生活環境の実現のために頑張っていきたいと考えています。