



GSCN
Green & Sustainable
Chemistry Network

GSCN は化学技術の革新を通して 「人と環境の健康・安全」を目指し、 持続可能な社会の実現に貢献する 活動を推進する組織です

GSCN was established in 2000 to promote research and development for the Environment and Human Health and Safety, through the innovation of Chemistry .

GSCN と新法人に期待する

For the further extension of GSC Network

経済産業省 製造産業局 化学課 機能性化学品室長 福田 敦史



約 30 の化学系学会・団体によって構成されている GSCN が中心となって、その振興に取り組んでいる「GSC (グリーン・サステナブルケミストリー)」は、1998 年に OECD 化学品リスクマネジメント委員会で提案された「サステナブルケミストリープログラム」を受け、1999 年に産学官の参加により開催された GC ワークショップにおいて合意された我が国特有の概念です。いわば、政府の重要施策であるグリーン・イノベーションを化学界は先取りしてきたとも言えるでしょう。

政府においても、2002 年の第 2 回 GSC 賞からの文部科学大臣、環境大臣、経済産業大臣の三大臣賞の授与、2008 年の「技術戦略マップ」への GSC 分野の追加及び、GSC の名を冠した GSC 基盤技術開発プロジェクトの開始など、GSC の取組を強化しております。さらに、2010 年 4 月にとりまとめられた「化学ビジョン研究会」の報告書や、2010 年 12 月に内閣府総合科学技術会議によりとりまとめられた第 4 期科学技術基本計画の策定に向けた答申でも GSC が明記されました。

こうした中、この 4 月に、GSCN は、新化学技術推進協会の発足とともにその主要活動の一つとして位置付けられたと伺っております。

新化学技術推進協会は、新化学発展協会と、これまで GSCN の事務局を担ってきた化学技術戦略推進機構 (JCII) の戦略推進部が発展的に統合して発足したものであり、今後のグローバル競争の中で我が国の化学が技術をベースにますます発展することを念頭に、次の 3 つの期待を述べたいと思います。

1 つ目として、今後は国内での切磋琢磨を超越した“連携”がますます重要になっていくはずですが、このため、各企業の CTO 同士のコミュニケーションの深化に大きく寄与するような接点の構築をお願いしたいと思います。次に、企業間、産学間の関係を越えて実施すべき、将来を見据えた技術開発や標準化戦略等のテーマの発掘です。最後に、GSCN を通じた GSC の推進・普及や人材育成活動のように、業界を挙げて行うべき活動の強化です。これまでの関係者の並々な御尽力に改めて敬意を表しますとともに、更なる御発展と我が国の化学及び化学技術への御貢献を期待いたします。

最後に、本ニュースレターの読者の皆様のこれまで以上の御協力を改めてお願いいたします。

2010年度 GSC賞 経済産業大臣賞

固体酸触媒を用いた低環境負荷型アダマンタン製造プロセスの開発

Environmentally-friendly process for production of adamantane using new solid acid catalyst

出光興産(株) 齋藤 昌男、細谷 憲明、間瀬 淳、草場 敏彰、小島 明雄

アダマンタンは半導体製造用のフォトレジスト原料や医薬原料等に利用されている有用な化合物である。これまでは、塩化アルミニウムを触媒とする方法が唯一の工業的製造法であり、製品アダマンタンに対して大量の廃棄物が発生し、塩素系溶媒が必須等課題の多いプロセスであった。出光興産では、これらの課題を解決するため、新規固体酸触媒を開発し、廃棄物が出ない効率の良いアダマンタン製造プロセスを構築した。この技術を用いて2008年に年産300トンのプラントを完成させ、世界で初めて固体酸触媒によるアダマンタン製造プロセスの実用化に成功している。

アダマンタンは10個の炭素がダイヤモンドと同じ構造で結合した、かご型の脂環式飽和炭化水素である(図1)。その構造から、熱安定性、透明性が高いといったユニークな特性を有しており、最先端の半導体製造用フォトレジスト、医薬原料、ディスプレイ材料、光学材料といった機能材料の原料として用いられている。出光興産では、このアダマンタンから誘導されるアダマンタン誘導体(商品名: アダマンテート[®])を上記用途に供給しており、その特性を活かした更なる用途拡大を図っている。

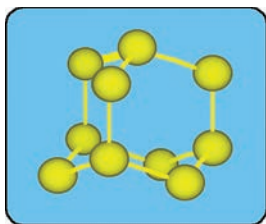


図1 アダマンタン

アダマンタンは、これまでジシクロペンタジエンを水素化して得られるテトラヒドロジシクロペンタジエン(THDP)に塩化アルミニウム触媒を作用させて異性化する方法(塩化アルミ法)によって工業的に製造されてきた。しかし、塩化アルミ法は、①THDPに対し重量で約2倍の塩化アルミニウムが必要であり、使用後の触媒が再利用できないため大量の廃棄物(廃アルミ・廃酸)が生成する、②重質の炭化水素(廃タール)が副生成し、再利用ができない、③環境への影響が懸念される含塩素系溶媒が必須である、④効率が低いバッチプロセス、等の問題があった。

そこで、出光興産では、上記の課題を解決すべく、新規なアダマンタン製造プロセスの開発に取り組んだ。従来の塩化アルミ法では、触媒と原料がともに液体であるため、反応後の触媒と生成物の分離操作が煩雑になっていた。そこで、新規プロセスでは固体酸触媒を反応塔内に固定する固定床流通反応方式を採用した。反応に使用する固体酸触媒についてもアダマンタン製造に適した新規触媒を開発した。市販されている固体酸触媒をそのまま使用すると、①原料THDPの分解反応がおりアダマンタン収率が低下、②重質分生成により急激な触媒劣化が起こる等、工業的製造に十分な性能が得られなかった。そ

こで、希土類とPtを触媒に担持し、水分、芳香族を原料中に添加することにより、工業的に実用可能な触媒を開発することができた。

開発した固体酸触媒を用い、固定床流通反応方式とすることで、廃棄物が発生せず、塩素系溶媒を使用しない、効率の良い新規アダマンタン製造プロセスの開発に成功した。また、アダマンタン以外の副生成物を石油化学原料として再利用することが可能であり、経済面だけでなく資源の有効利用という面でも従来法と比較して優れている。(図2)

本技術を用いて、出光興産徳山工場内に2008年に年産300トンのプラントを完成させ、世界で初めて固体酸触媒によるアダマンタン製造プロセスの実用化に成功している。

本技術は固体酸触媒を用いた脂環式飽和炭化水素の異性化方法として、他に類のない技術であるとともに、従来法の課題を解決し、副生成物も有効利用できる低環境負荷型のグリーンプロセスを実現した工業化事例であり、GSCの発展に大きく貢献するものと考えられる。

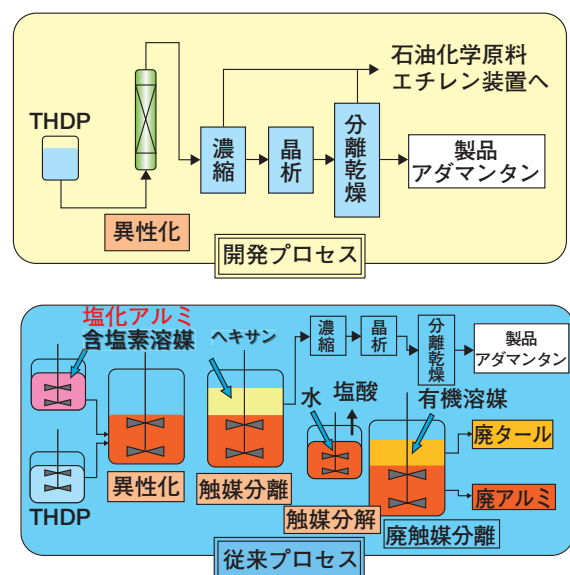


図2 プロセスの比較

2010年度 GSC賞 文部科学大臣賞

環境調和性に優れた有機ラジカル電池の研究開発

R&D of Organic Radical Battery with Environmental Friendliness

日本電気(株) 中原謙太郎、岩佐 繁之、須黒 雅博、西 教徳、安井 基陽

近年、低炭素、循環型社会の実現に向けて、電気自動車や自然エネルギー利用の普及を後押しする、高性能二次電池の開発が進んでいる。我々は、安定な不対電子を持つ有機ラジカルポリマーの酸化還元反応を利用することで、従来の二次電池に不可欠であった鉛やマンガン、コバルトなどの重金属化合物を使用しない、環境調和性に優れた二次電池「有機ラジカル電池」を開発した。この電池は、プラスチック二次電池という新しい研究分野を開拓するものとして注目を集めており、グリーンサステナブルケミストリーへの貢献が期待されている。

現代のモバイル社会において「二次電池」は、携帯電話やノートパソコンなど、様々な電子機器に生命を与える便利なエネルギー源として不可欠な存在となっている。最近では、低炭素、循環型社会を実現するために欠くことのできないデバイスとして、電気自動車や自然エネルギー利用技術への応用が盛んに行われている。しかしながら従来の二次電池は、正極（プラス極）の材料として、鉛やマンガン、ニッケル、コバルトのような重金属化合物を使用しており、環境負荷や安全性、資源枯渇、価格高騰などの問題が度々指摘されてきた。我々は、安定な不対電子を構造内に多数持つ有機ラジカルポリマーを合成し、このポリマー素材を正極材料として用いた二次電池「有機ラジカル電池」を開発した。この電池は、環境調和性に優れているだけでなく、高出力、且つ薄型フレキシブルな新しい二次電池として、現在実用化に向けた開発が進んでいる。

我々が開発した有機ラジカルポリマーのひとつとして、2,2,6,6-テトラメチルピペリジン-1-オキシラジカル (TEMPO) を側鎖に持つポリメタクリレート (PTMA) がある (図1)。このポリマー材料を炭素粉末と複合化して電極を作製し、リチウム電池の正極として使用すると、3.6 V以上の電圧でニトロキシルラジカル構造がオキソアンモウム構造へと変化し、プラスの電荷を蓄えることができる。我々はこの反応を充電反応として利用し、逆反応によって電力を取り出す二次電池を開発し、「有機ラジカル電池」と命名した。

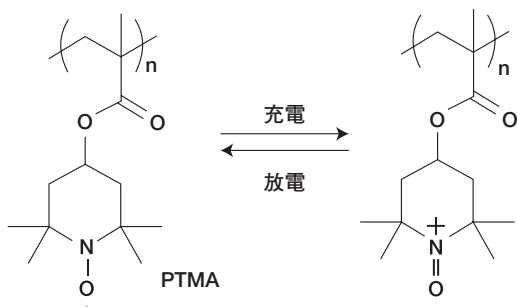


図1 有機ラジカルポリマー充放電反応式の一例

我々が開発したPTMAは、ポリマー単位（分子量241）あたり1つの電荷を蓄えることができるため、トータルとしてポリマー材料1グラムあたり110mAhの電荷を蓄えることができる。その他にも我々は、材料1グラムあたり135mAhの電荷を蓄えられる材料の開発にも成功している。これらの材料から作った電極を使用した有機ラジカル電池は、充放電を1000回繰り返しても劣化が少ないことが確認されている。また電池の全容量を1分余りで使い切る大電流で放電できることも分かっており、高い実用性が証明されている。

有機ラジカル電池は、サーバーやパソコンなどに使われる非常用電源や、高機能ICカード、将来のウェアラブル端末に内蔵するフレキシブル電池など、新しい用途での実用化開発が進んでいる。特に厚さ1ミリ以下で500円玉サイズの薄型有機ラジカル電池では、2Wを超える出力特性や1万回を超えるパルス放電サイクル安定性が実現されており、高い出力が必要な小型デバイスの電源として期待されている。

プラスチック二次電池という新しい分野を開拓した有機ラジカル電池の研究は、新規蓄電性ポリマー合成や新規ホール輸送材料の研究など、幅広い分野への波及効果も生み出しており、グリーンサステナブルケミストリーへの更なる貢献が期待されている。

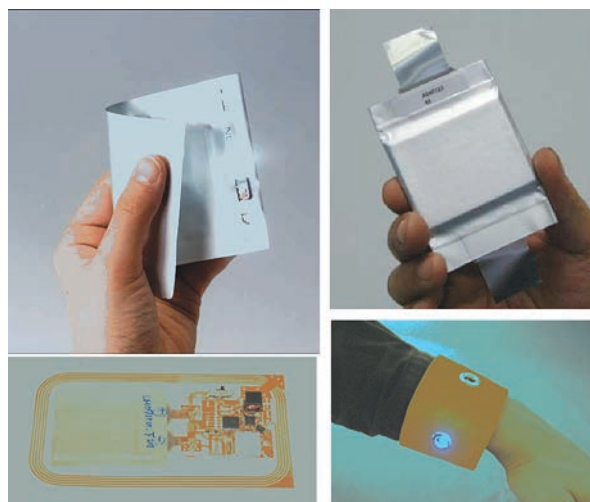


図2 有機ラジカルポリマー充放電反応式の一例

2010年度 GSC賞 環境大臣賞

太陽光と水から水素を製造する粉末光触媒の開発

Development of Powdered Photocatalysts for Hydrogen Production from Water using Sun Light

東京理科大学 理学部 工藤 昭彦

エネルギー・環境問題の観点から、クリーンエネルギーである水素をいかに作りだすかが大きな課題となっている。将来的には、化石燃料を使わないクリーンな水素製造法の確立が不可欠である。そのもっとも理想的な水素製造法は、自然エネルギーを利用して水から水素を作ることである。その夢の水素製造法として、光触媒を用いた水の分解反応が注目されている。近年、この光エネルギー変換反応である人工光合成を実現すべく、研究が進められている。

1 光触媒を使った水分解の重要性

植物が行っている光合成では、太陽光エネルギーを化学エネルギーへと、巧みに変換している。この光合成では、二酸化炭素と水から糖と酸素が生成している。ここで、この光合成における明反応は、水から水素を取り出して、酸素を放出する反応である。この観点から、水の光分解反応は、光エネルギーを水素という化学エネルギーへ変換する反応であることから、人工光合成と呼ばれている。この人工光合成はエネルギー・環境問題を解決する究極の反応である。ここで、太陽エネルギーの密度は決して大きいものではない。たとえば、日本における標準的な太陽エネルギー密度は $100\text{mW}/\text{cm}^2$ である。したがって、多量の太陽エネルギーを獲得するには、大面積利用が不可欠となる。このような観点から、図1に示すシンプルな粉末半導体光触媒系は、他の水からのソーラー水素製造法と比べて、大面積化やコスト低減に優位性を示すと期待される。寿命の長い光触媒が開発されれば、あとは水と太陽光を供給すれば良いので、ランニングコストを抑えた水素製造法を確立することができる。このように、粉末半導体光触媒を用いたソーラー水分解は、究極のグリーンケミストリーに貢献できる人類にとっての究極的な化学反応である。

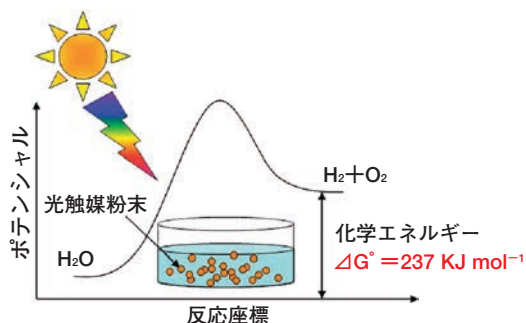


図1 粉末光触媒を用いた簡便なソーラー水分解システム

2 新たな水分解光触媒材料の開発

約40年前に二酸化チタン半導体光電極を用いた本多・藤嶋効果が発表されて以来、長年にわたって世界中の研究者が粉末光触媒を用いた水の分解反応に

取り組んできた。しかし、その反応の難しさゆえ、高効率な光触媒を開発するには至らなかった。このような背景の中で、水分解に高活性なランタンをドーピングしたタンタル酸ナトリウム光触媒を開発してきた。この光触媒に紫外光を照射すると水が分解して、水素と酸素が泡となって生成することが目視できる(図2)。この光触媒の開発は、今まで粉末光触媒では不可能とされていた高効率な水分解が実際に可能であることを実証した。さらに、独自の光触媒設計指針に基づき、数多くの新規可視光応答性光触媒材料を開発してきた。それらの光触媒の中で、ロジウムをドーピングしたチタン酸ストロンチウムとバナジン酸ビスマスを組み合わせるにより、太陽光を用いた水分解に活性なZスキーム型光触媒を開発した。すなわち、人工光合成タイプの光触媒系の構築に成功した。そして、この光触媒系を利用することにより、簡便な粉末光触媒系を用いても、水素と酸素を別々に生成できることを実証した。一方、硫化物イオンを含む水溶液からの水素生成に高活性を示すソーラー水素生成金属硫化物光触媒を多数開発してきた。このような光触媒を用いた水素生成反応に、産業界や自然界に存在する硫化水素を利用することにより、化石燃料を使わずに常温常圧で水素を製造する革新的なプロセスを築くことができる可能性がある。

このように、水分解水素生成光触媒の研究分野において、いくつかのブレイクスルーを成し遂げ、大きな波及効果をもたらしてきた。これらの多様な光触媒材料の開発は、光触媒サイエンスの発展にも寄与している。

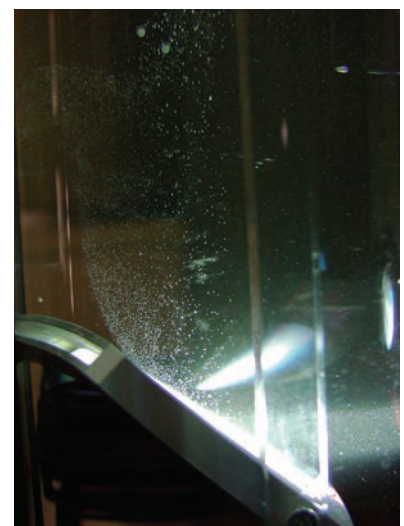


図2 NiO/NaTaO₃:La 光触媒による高効率水分解

2010年度 GSC賞

環境にやさしい香料の新製法の開発

Development of a New Environmentally Benign and Green Sustainable Process of Perfume Compound

宇部興産(株) 杉瀬 良二、土井 隆志、白井 昌志、吉田 佳弘、佐直 英治

2-メチル-3-(3,4-メチレンジオキシフェニル)プロパナル (MMP) は、香水や化粧品・シャンプー等に幅広く使用されている香料の一つである。MMPは木の根から取れるサッサfras油を原料として製造されていたが、木の乱伐による天然資源の枯渇のため供給不安が起こり、森林破壊も深刻な問題となっていた。そこで、入手可能な工業原料を用いた完全化学合成による新製法の開発に取り組み、世界で初めて工業化に成功した。

MMPは、スイカやメロンのような瑞々しい香りを特徴とするマリン系香料である。従来、MMPは中国南部からベトナム、カンボジアに群生するクスノキ科の木から取れるサッサfras油を原料として、複数の反応を経て製造されていた(図1)。しかし木の乱伐によりこれらの木が絶滅の危機に瀕するとともに、森林破壊やそれに伴う水害等が深刻となり、供給不安も問題となっていた。またサッサfras油は合成麻薬MDMAや農薬等の化学製品の原料でもある。環境保護や麻薬対策の観点から、各国は木の伐採の禁止や輸出入を制限し、IUCNはレッドリストにこれらの木を登録して保護を図ってきたが、現実には森林伐採は依然続けられている。さらに従来のMMPの製造法は、1kgのMMPを製造するために約200kgの木を必要とし、サッサfras油からの取率も30%程度と推定され、環境負荷が大きい製法といえる。

そこで宇部興産は、工業的に入手可能なメチレンジオキシベンゼン(MDB)を出発原料とする完全化学合成によるMMPの製法開発に着手した。その検討の中で、MDBとメタクロレイン誘導体が、触媒量のルイス酸存在下、高選択率でC-C結合を形成することを見出した。当時、芳香族化合物とアクリルアルデヒド誘導体との実用的なC-C結合形成反応は知られておらず、この工業化は世界初のことであ

る。この新しい触媒反応を利用して、他の香料化合物や医薬品中間体を合成することもでき、その応用展開が期待される。また本製法は4つの反応からなるがすべてが触媒反応であり、かつ有機溶媒を使用していない。さらに反応基質を過剰量使用する場合にもリサイクル使用しており、廃棄物の生成を最小限に抑えたグリーン・サステイナブルケミストリーを実践したプロセスになっている。

2004年からMMPの商業生産を開始したが、安定供給、高い品質、環境保全への貢献というコンセプトが、ユーザーに高く評価され、従来法からの置き換えが順調に進んだ。2008年には世界シェアはほぼ100%になり、現在、本製品がグローバルスタンダードとなっている。シェア拡大と需要の増加に伴い、製造プラントの生産能力も2006年の500tから順次増強し、2011年には800tになる予定である(図2)。

本製法でMMPが生産されることで、年間50万本以上と推定される絶滅危惧種の木の伐採がなくなり、森林破壊の防止と生物多様性の維持に貢献をしている。さらにMMP製造時のCO₂排出量は従来法と比較して1/40以下になり、年間20万t以上の削減になると推定される。

このように日本発の化学技術により、地球環境を保護するとともに、MMPを安定的に供給できるようになり、持続可能な社会の実現に貢献している。

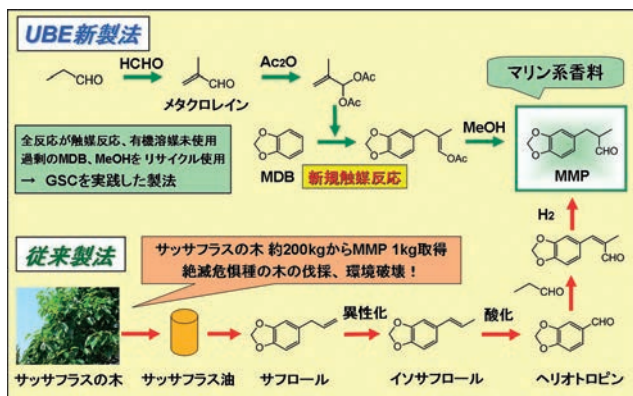


図1 MMPの従来製法と新製法



図2 MMP製造プラント(生産能力800t)

● ご案内

第11回グリーン・サステイナブルケミストリー(GSC)シンポジウム 「持続可能な社会に向けた GSC の実践と展望」

1. 日時：2011年6月2日(木)～3日(金)
2. 場所：早稲田大学 国際会議場(東京) (講演会場)
(東京都新宿区西早稲田 1-20-14)
3. 主なプログラム
招待講演：猪俣 宏 (東北大学)、岩本正和 (東京工業大学)、遠藤 剛 (近畿大学)、北側 進 (京都大学)、巽 和行 (名古屋大学)、西出宏之 (早稲田大学)、梅干野晃 (東京工業大学)、南里康徳 (日本製紙株)、吉野 彰 (旭化成株)、経済産業省、環境省
4. 参加登録：<http://www.gscn.net/>
5. 登録費
2011年4月30日まで 一般 15,000円
学生 4,000円
2011年5月1日以降 一般 18,000円
学生 5,000円
6. 問合せ先 GSCN ネットワーク事務局
(社)新化学技術推進協会内
e-mail gscn@jaci.or.jp
TEL 03-6272-6880(代)

GSC 賞受賞講演
ポスター発表

● お知らせ

GSCN 事務局のオフィスは下記に移転しました。

所在地：〒102-0075 東京都千代田区三番町2 三番町KSビル 2階

(社)新化学技術推進協会内

電話：03-6272-6880(代)

FAX：03-5211-5920

E-mail：gscn@jaci.or.jp

ホームページ：<http://www.gscn.net/>



グリーン・サステイナブルケミストリー ネットワーク (GSCN)



GSCNは、4月1日から(社)新化学技術推進協会の中で活動することになりました。これまで以上の活動ができるように努めていきますので、ご支援をよろしくお願いいたします。なお、GSCNには、4月1日の時点で、27の学協会が参加しています。

事務局 102-0075 東京都千代田区三番町2 三番町KSビル 2階 (社)新化学技術推進協会内

Tel 03-6272-6880(代) Fax 03-5211-5920

URL <http://www.gscn.net/>