

第 10 回関西蔵前懇話会

グリーン・サステイナブル ケミストリー ―環境に優しい化学技術の取り組み―

佐々木 洋（電子化学 84 修 88 博）近畿大学

グリーンケミストリーとは

グリーンケミストリー(Green Chemistry)は、Environmentally Benign Chemistry、Environmentally Friendly Chemistry あるいはClean Chemistry とも呼ばれるいわゆる「環境に優しい化学」を意味する。

米国環境保護局(EPA)のP. Anastas らによれば、グリーンケミストリーとは「人間の健康や環境に害のある原料、製品、副生物、溶媒・試薬などの使用や発生を、低減あるいは停止するために、化学的技術で解決する手法である」としている。すなわち、化学品の人間の健康と環境への害を防止あるいは削減するために、原料、反応試薬、反応、溶媒、製品をより安全で、環境に影響を与えないものに換えることであり、変換収率、回収率、選択性の高い触媒やプロセスを開発し、廃棄物のより少ないシステムを構築することが重要である。したがって、グリーンケミストリーは「環境に優しい」と言う単なるスローガンではなく、安全で環境への害がより少ない化学品や製造プロセスの開発を目指して、化学者が中心となって具体的な実践を行なうことを意味している。

グリーンケミストリーは、これまで、化学産業界で進められてきたレスポンシブル・ケア活動やゼロ・エミッション活動と同様に、環境問題に対する産学官の自主的取り組みではあるが、化学者の主体性に力点を置いている点でこれらと異なる特徴がある。

グリーンケミストリーは、消費者を含めて社会一般の人々に、化学者および化学産業界が環境問題に対して、どのようにその専門性を発揮し、どのような技術と製品を提供するのかを、積極的に、かつ具体的に示す運動である。また、グリーンケミストリーは、単に学界や化学産業界だけに留まらず、安全な製品の供給と生産システムの開発を目指す全ての産業分野に係わる共通の課題でもある。

この概念を表現する名称としては、米国、英国、イタリアなどでは「グリーンケミストリー」を使用しているが、ドイツでは「サステイナブルケミストリー(Sustainable Chemistry)」を用いている。また、OECD の活動でも「サステイナブルケミストリー」を使用している。

米国でもグリーンケミストリーが広く知れ渡るようになったのは、1995 年 3 月のクリントンの大統領声明「The Presidential Green Chemistry Challenge(グリーンケミストリーの挑戦)」からである

グリーンケミストリーの 12 箇条

1. 廃棄物は“出してから処理”ではなく、出さない。
2. 原料をなるべくむだにしない形の合成をする。
3. 人体と環境に害の少ない反応物・生成物にする。
4. 機能が同じなら、毒性のなるべく小さい物質をつくる。
5. 補助物質はなるべく減らし、使うにしても無害なものを。

6. 環境と経費への負荷を考え、省エネを心がける。
7. 原料は、枯渇性資源ではなく再生可能な資源から得る。
8. 途中の修飾反応はできるだけ避ける。
9. できるかぎり触媒反応を目指す。
10. 使用後に環境中で分解するような製品を目指す。
11. プロセス計測を導入する。
12. 化学事故につながりにくい物質を使う。

日本での取り組み

「国際競争力強化と社会の持続可能な発展を目指す新しい化学技術体系を創成する」目的で産学官総意の下に1998年3月に設立された(財)化学技術戦略推進機構を中心に、OECDのステアリンググループの会合に委員を派遣すると共に、国内の推進体制として、通商産業省物質プロセス技術戦略推進室、工業技術院物質工学工業技術研究所、業界団体(日本化学工業協会、バイオインダストリー協会、新化学発展協会、化学技術戦略推進機構)、学会(日本化学会、化学工学会、高分子学会)が協議し、1998年9月にグリーンケミストリー連絡会を発足させた。

1999年11月には産学官関係者70名が参加してワークショップを開催し、名称・理念・定義・活動推進の視点・行動指針、技術開発領域、評価尺度、情報交換、教育支援、推進体制などを議論した。その結果、グリーンケミストリー連絡会を発展的に改組した産学官の連携組織「グリーン・サステイナブル ケミストリー ネットワーク」が2000年3月に発足した。このネットワークの中に、複数の検討グループを設置し、研究領域の設定、評価尺度の提案、研究助成制度、研究普及制度、情報システム、教育支援などの検討を行っている。

また、グリーンケミストリーに関する学会の動きとしては、日本化学会がグリーンケミストリー研究会を設置し、1999年春季年会、2000年春季年会でグリーンケミストリーシンポジウムを開催した。化学工学会は2000年年会でシンポジウムを、また、高分子学会も1999年年会でシンポジウムを各々開催した。

グリーン・サステイナブル ケミストリー ネットワーク

英文名称: Green & Sustainable Chemistry Network, Japan

略称: GSCネットワーク(GSCN)

GSCNを構成する団体

社団法人 化学工学会 (SCEJ)

社団法人 高分子学会 (SPSJ)

触媒学会 (CATSJ)

社団法人 石油学会 (JPI)

社団法人 電気化学会 (ECSJ)

社団法人 日本化学会 (CSJ)

社団法人 日本分析化学会 (JSAC)

社団法人 化学情報協会 (JAICI)

社団法人 近畿化学協会

ケイ素化学協会 (SSCJ)
社団法人 高分子学会高分子同友会
社団法人 新化学発展協会 (ASPRONC)
社団法人 日本ゴム協会 (SRIJ)
独立行政法人 産業技術総合研究所 (AIST)
独立行政法人 製品評価技術基盤機構 (NITE)
塩ビ工業・環境協会 (VEC)
石油化学工業協会 (JPCA)
社団法人 日本化学工業協会 (JCIA)
社団法人 日本塗料工業会 (JPMA)
社団法人 プラスチック処理促進協会 (JWMI)
財団法人 化学物質評価研究機構 (CERI)
財団法人 野口研究所
財団法人 バイオインダストリー協会 (JBA)
財団法人 油脂工業会館
財団法人 化学技術戦略推進機構 (JCII)

オブザーバー

経済産業省 (METI)
新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)
国際純正および応用化学連合 (IUPAC)

GSC 賞

2001

GSC 賞 水性リサイクル塗装システム
GSC 賞 水溶媒で塗布する熱現像感光フィルム
GSC 賞 無機結晶の特性を活かした環境調和型金属触媒の開発

2002

GSC 賞／経済産業大臣賞 副生 CO₂ を原料とする新規な非ホスゲン法ポリカーボネート製造プロセス
GSC 賞／文部科学大臣賞 環境調和型触媒を用いる高効率有機合成への応用
GSC 賞／環境大臣賞 地球にやさしい新規五員環フッ素系化合物製造技術の開発

2003

GSC 賞／経済産業大臣賞 気相ベックマン転位プロセスの開発と工業化
GSC 賞／文部科学大臣賞 環境調和型新規酸素酸化法の創成とその工業
GSC 賞／環境大臣賞 環境安全性に優れた自己消火性エポキシ樹脂組成物の開発と電子部品への適用

2004

GSC 賞／経済産業大臣賞 超臨界流体を利用した環境調和型化成品製造技術の創成
GSC 賞／文部科学大臣賞 アトムエコノミカルな新規触媒反応の開発－不活性結合の新しい活

性化法の創製—

GSC 賞／環境大臣賞 表面傾斜構造を有する高強度光触媒繊維の開発と水浄化システムへの展開

GSC 賞 塩酸酸化プロセスの開発と工業化

2005

GSC 賞／経済産業大臣賞 人工ゴルジ装置による複合糖質の自動合成法独立行政

GSC 賞／文部科学大臣賞 キラル有機分子触媒のデザインと有用アミノ酸の実用的不斉合成

GSC 賞／環境大臣賞 環境低負荷型超低イオウ燃料製造技術の開発

2006

GSC 賞／経済産業大臣賞 固体ヘテロポリ酸触媒によるグリーンプロセスの開発

GSC 賞／文部科学大臣賞 水中での精密化学合成を実現する高分子触媒の研究

GSC 賞／環境大臣賞 インクジェット法による液晶ディスプレイ用機能薄膜形成技術の実用化

GSC 賞 環境低負荷な水なしCTP版および印刷システムの開発

2007

GSC 賞／経済産業大臣賞 固体酸触媒を用いた低環境負荷 THF 開環重合プロセスの開発

GSC 賞／文部科学大臣賞 グリーン・サステイナブル ケミストリーの教育および普及への貢献

GSC 賞／環境大臣賞 環境負荷削減を実現する高性能潤滑油AO-オイルの開発

GSC 賞 低原子価ルテニウム錯体触媒によるアルケンの高度分子変換手法の開発

GSC賞 精密制御された金属酸化物クラスター触媒による選択的酸化反応系の開発

グリーンケミストリーの技術体系とその研究領域

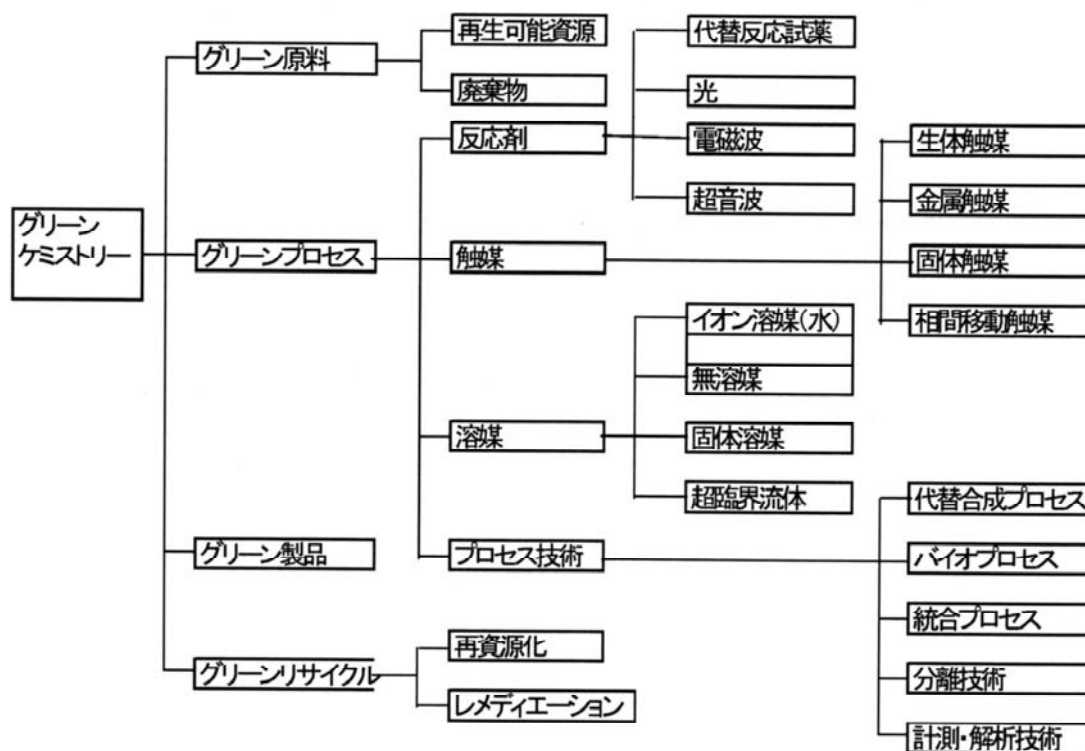


図 グリーンケミストリーの技術体系

2008年度NEDO公募例

「グリーン・サステイナブルケミストリーに関する戦略ロードマップローリング調査」

調査目的

既存の化学品は様々な機能を付与するのに際し、様々な添加物(ハロゲン、無機物、重金属等)を用いるため、その機能を十分に発揮してはいるものの、これまでにない中間工程での大量の廃棄物の発生やリサイクルに不向きな混合物の混入による使用済み製品等の大量廃棄の原因となっており、製造プロセスにおける後段処理コスト(特に排水処理費用の高騰、廃棄処分場の問題等)が高騰している。他方で、これらの化学品を生産するために必要な原料は限られた国々からの輸入に頼った化石資源や鉱物資源をもとに生産するため、30～50年先の将来においても安定的に製造できるかどうか危惧されている。このような観点から、今後は、地球上の未利用/低品位な資源を有効に利用して、クリーンで安全に製造できる革新的な化学品製造プロセスの確立が強く望まれている。

海外の技術動向等についても調査しながら、新規で革新的な要素技術の探索、調査を引き続き行くと共に、技術戦略ロードマップに記載されているプロセスや部材に関するグリーン度(有害物質削減量、省エネ効果、原料多様化等)を半定量的に試算し、技術開発に伴う産業的な波及効果を調査する。具体的には、化学品を製造、利用する産業からのシーズ、ニーズを再整理し、グリーン度の効果、産業競争力強化を念頭に、2030年以降の将来におけるプロセスイノベーション、マテリアルイノベーションに繋がるような技術戦略ロードマップのローリング作業を行う。これらの調査結果は、新たなプログラムの構築への利用、また、平成21年度のグリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発プロジェクトにおける新規研究開発課題の提案に反映することを目的とする。

化学工学会 会誌(Vol.72 No.4 2008)特集

プロセス強化の将来展望 ～地球環境課題(環境・エネルギー課題)に立ち向かう～

1. グリーンプロセス工学(GPE)とプロセス強化(PI)
2. プロセス強化の現状と動向
リビング重合を利用したポリイソブチレン系樹脂製造プロセス開発におけるプロセス強化の取り組み
3. ホメオスタシス機能を有するコンビナートを形成するためのエコ・ネットワーク設計法
4. マイクロミキサーを利用したナノ顔料製造プロセスの開発
5. 多様なエネルギー場の利用とグリーンプロセス工学
6. 膜工学から見たプロセス強化とグリーンプロセス工学

まとめ 化学物質の開発と製造をその原料の選択から最終製品までのあらゆる過程で、化学物質の毒性と安全性に関する情報を駆使して環境と人に対する影響を低減するための検討と選択を実践することが求められている。

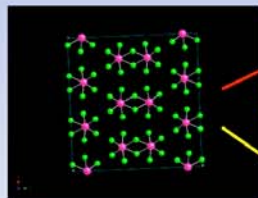
引用文献:この資料を作成するにあたり、一部を「平成11年度循環型基礎素材産業構築対策調査グリーンケミストリー調査報告書」(平成12年3月)から抜粋しましたことをお断りします。

液体アンモニア法を用いた環境に優しい顔料の開発

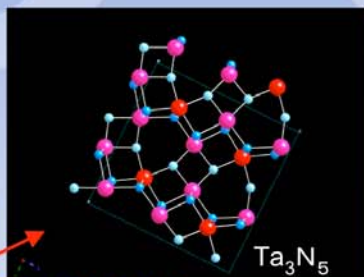
理工学部応用化学科 無機構造制御化学研究室

環境に優しい顔料や光触媒として有望視されている Ta_3N_5 および $TaON$ を**液体アンモニア法**で合成する技術を開発しました。酸化物 Ta_2O_5 を NH_3 気流中で加熱処理して合成する方法に比べて、 Ta_3N_5 および $TaON$ を短時間で合成することができます。

液体アンモニア法は黒色顔料であるチタンブラックの合成、 TiN 、窒素ドープ型酸化チタンなどの合成にも応用可能です。



Ta_2Cl_{10} の結晶構造



Ta_3N_5

Liquid $-NH_3$



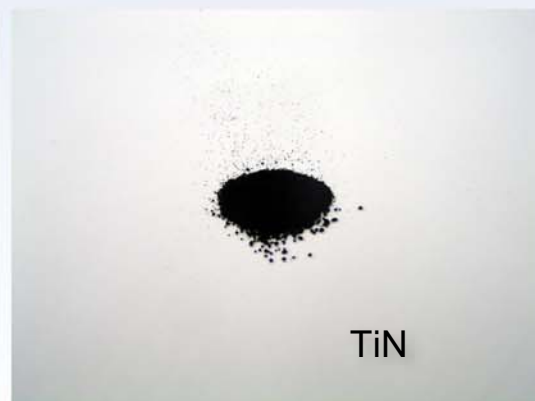
$\beta-TaON$



合成した赤色顔料と黄色顔料



チタンブラック



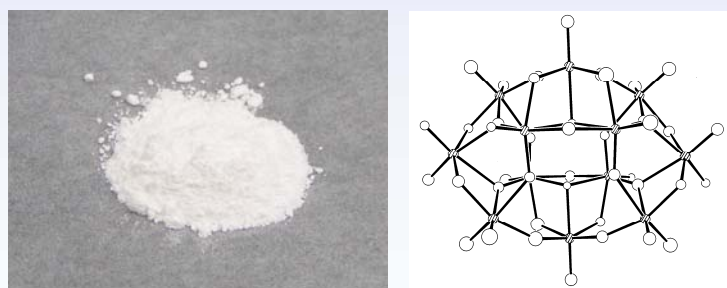
TiN

粉体分散媒を用いた無溶媒反応プロセスの開発

理工学部応用化学科 無機構造制御化学研究室

有害化学物質リスク削減のためのプロセス転換技術として、ハロゲン化炭化水素溶媒を代替する**粉体を用いた無溶媒反応プロセス**を開発しました。

無機構造制御化学研究室では、オレフィンのエポキシ化反応・スルフィドの選択的酸化反応に適した、特殊な構造を有するポリ酸塩触媒を設計・合成しています。また、粉体の物理的特性から各反応プロセスに適した廉価な粉体分散媒の開発も行っています。



合成した $[H_2W_{12}O_{42}]$ 塩触媒

お問い合わせ先 近畿大学理工学部応用化学科 佐々木洋

住所: 〒577-8502 大阪府東大阪市小若江3-4-1
TEL: 06-6721-2332 内線5232 FAX: 06-6727-2024
e-mail: sasaki@apch.kindai.ac.jp

Liquid-NH₃を用いた可視光応答光触媒Ta₃N₅およびTaONのグリーン合成

Green synthesis of Ta₃N₅ and TaON with liquid-NH₃ for the visible light responsive photocatalyst

(近大理工) ○佐々木洋・平田康博・村島淳・伊藤勝久

(School of Science and Engineering, Kinki University), Yoh Sasaki, Yasuhiro Hirata, Atsushi Murashima, and Katsuhisa Ito

研究背景

- ・可視光応答光触媒: Ta₃N₅, TaON
- ・Nitridation合成: Ta₂O₅のNH₃気流中での加熱処理が必要
- Ta₃N₅: 850°C, 15 h, 1 L min⁻¹-NH₃
- TaON: 850°C, 15 h, 20 mL min⁻¹-NH₃

研究目的

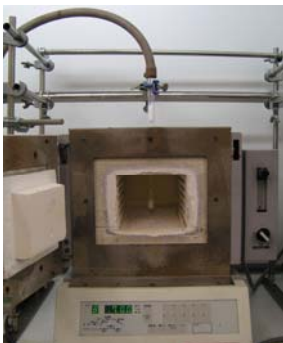
- ・液体アンモニア法を用いたTa₃N₅, TaONのグリーン合成:
- 前処理(前駆体合成)
- Ta₃N₅: Liquid-NH₃, TaCl₅
- TaON: Liquid-NH₃, TaCl₅, H₂O
- 真空加熱処理
- 600~900°C, 60 min, under vacuum

実験方法・装置

1. 前駆体合成・低温恒温槽
定格電力: 1.1 kW

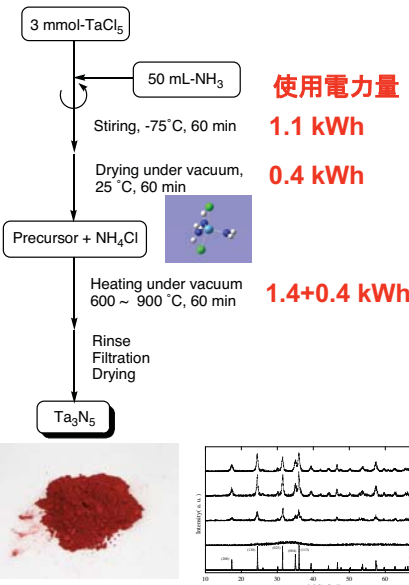


2. 真空加熱処理・マッフル炉
定格電力: 1.4 kW

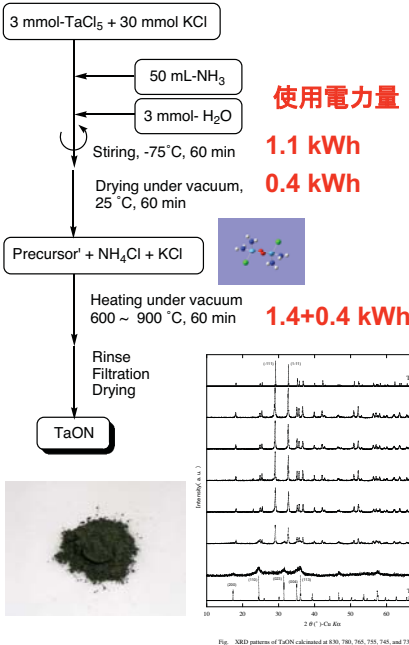


実験結果

1. Ta₃N₅合成



2. TaON合成



3. 光触媒活性

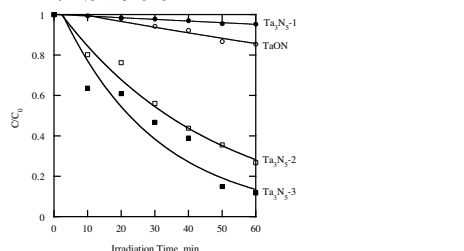
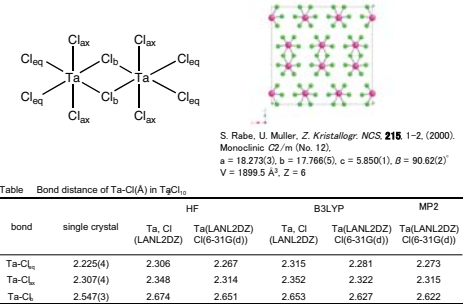


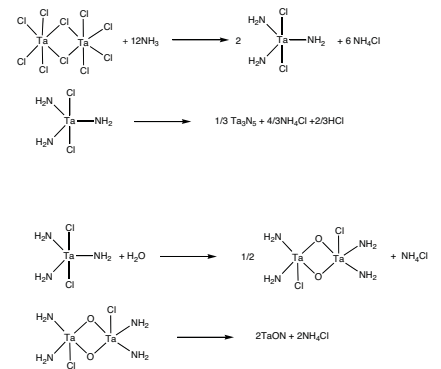
Fig. Time courses of methylene blue (MB) decomposition over TaON, Ta₃N₅ photocatalysts suspended in 10 ppm MB solution. Catalyst: 0.1 g in 40 mL MB solution; 450-W Xe lamp.

考察

1. MO計算



2. 前駆体・反応機構



3. 現行法との比較

工程	項目	現行法	液体アンモニア法
前処理	使用アンモニア量	0	少
	使用電力	0	少
加熱処理	使用アンモニア量	多	0
	加熱温度	850°C	735°C
	加熱時間	15 h	1 h
	使用電力	多	少

結論

液体アンモニア法を用いて可視光応答光触媒Ta₃N₅, TaONを少アンモニア量・短時間・低電力で合成することができた。