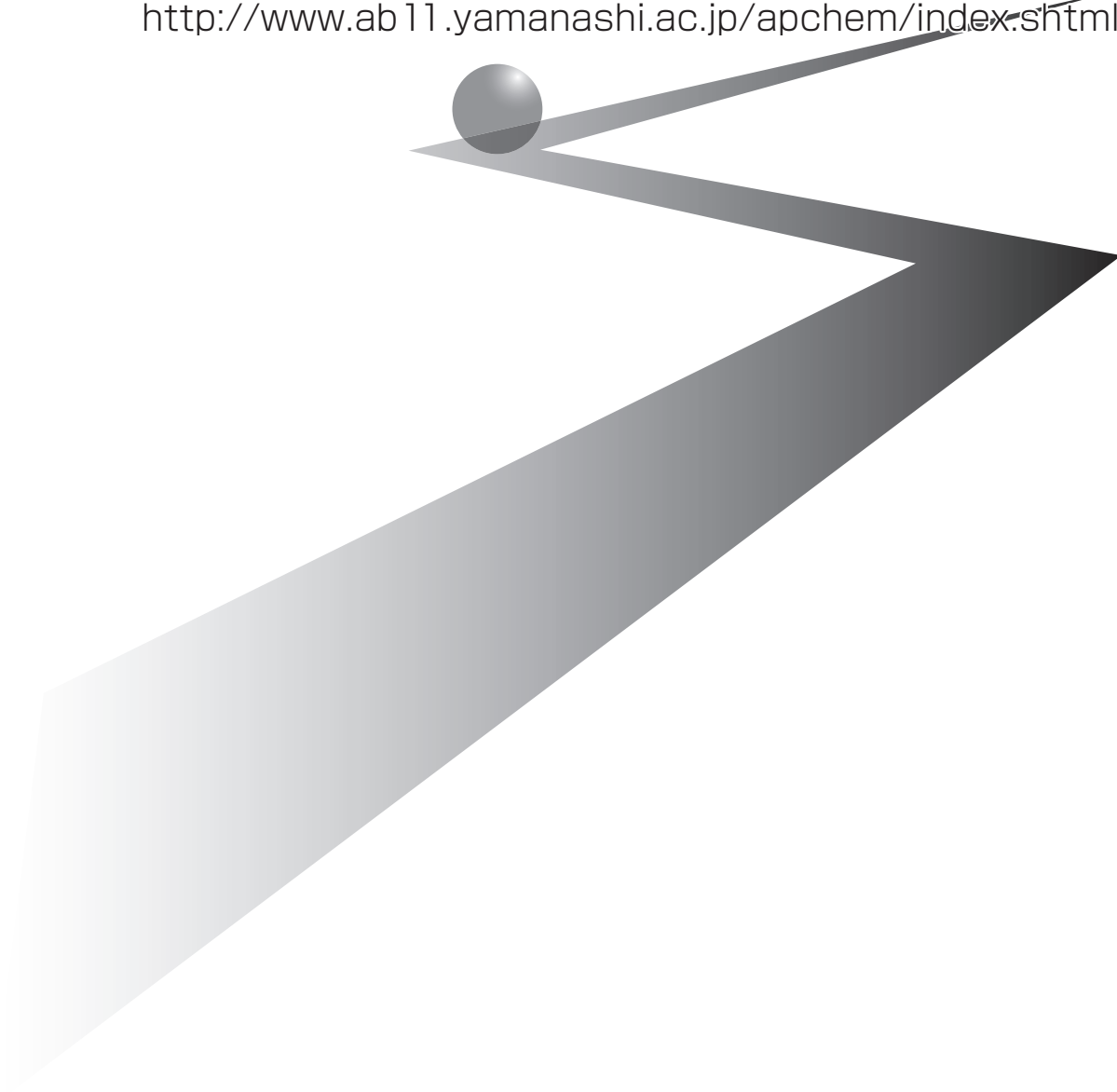


応用化学科

<http://www.ab11.yamanashi.ac.jp/apchem/index.shtml>



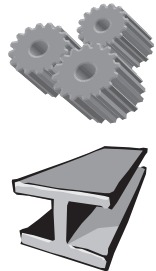
化学プロセスによる表面・界面処理

山梨大学 工学部 応用化学科 担当

教授 柴田 正実 電子メール：shibata@yamanashi.ac.jp

ホームページ：http://erdb.yamanashi.ac.jp/res/A_DisplyInfo.Scholar?ID=47344CD6E0CC076

中身が大事。でも、「うわべ(表面)」がもっと大事な場合だってある。



材料は表面が重要

様々な環境の中で、いろいろな物質を使いこなすには、表面をどのように処理するかがキーテクノロジーになる。

化学プロセスを用いて、固体表面に原子を並べたり、分子を並べたりして、物質表面の性質を変える研究をしています。単分子層と原子から構成される厚さわずか1nm(10億分の1m)程度の超薄膜で表面を被うことにより、物質の性質が激変します。

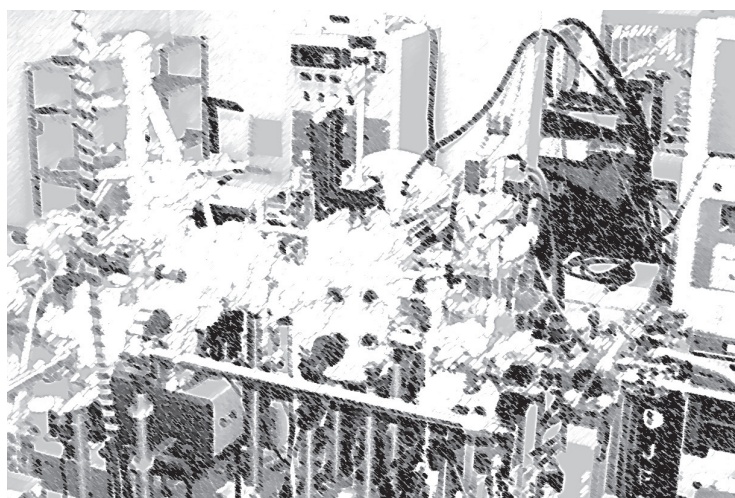
この手法を用いて、表面平均粗さが0.2nm以下の平滑なセラミックス表面に密着性の良い金属薄膜を形成させる研究を進めています。この技術はナノ加工分野、エレクトロニクス産業などに貢献します。

化学結合状態からの新材料探索

山梨大学 工学部 応用化学科担当

准教授 柳 博 電子メール：hyanagi@yamanashi.ac.jp

世の中の人たちがアッと驚くような新しい材料の探索を、物質の化学結合状態や結晶構造に注目しつつ行っています。世の中は便利になってきましたが、解決すべき問題は山積しています。私たちは、地球環境問題の解決に寄与できるような研究も意識しつつ日夜頑張っています。新しい材料探索の魅力は、既存技術の連続的な改善では成し得ない飛躍的な技術革新を為し得るところにあります。日々の地道な基礎固めを行うことで着実な進歩を成し遂げつつ、一攫千金を狙えるチャンスを逃さないよう五感を研ぎ澄まし、下の図にあるような実験室で研究に取り組んでいます。教育においても『基礎』と『失敗を恐れないチャレンジ精神』を養うことに重点を置いています。チャレンジ精神旺盛な人、一緒に夢を追いかけてませんか？



実験室風景－化学結合状態を調べ

高効率・無公害燃料電池と触媒設計

山梨大学 工学部 応用化学科担当

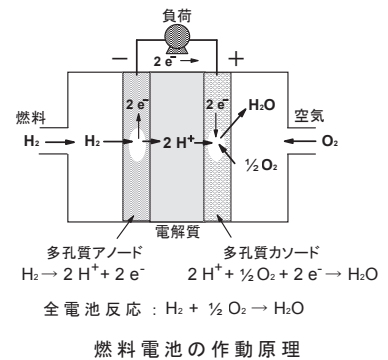
教授 内田 裕之 電子メール：h-uchida@yamanashi.ac.jp

教授 宮武 健治 電子メール：miyatake@yamanashi.ac.jp

准教授 野原 慎士 電子メール：snohara@yamanashi.ac.jp

ホームページ：http://www.ab11.yamanashi.ac.jp/~mwatanab/

化石燃料の大量消費により、酸性雨や地球温暖化などの地球規模での環境問題が深刻化しており、環境保全と省資源の立場からクリーンで低コストのエネルギーを安定的に確保することが世界共通の課題となっています。クリーンでエネルギー効率の高い燃料電池は、従来の火力発電に替わる発電手段として、また電気自動車用の動力源として、21世紀初頭の実用化へ向けて大きな期待を集めています。私たちの研究グループは1978年に我が国で唯一の燃料電池実験施設として発足しました。2001年4月、文部科学省令による「クリーンエネルギー研究センター」が設立されました。これまで各種燃料電池の高効率化に直結する材料設計や電極表面の解析に関する研究を活発に行っています。クリーンエネルギー研究センターと工学部応用化学科が一体となって、教育研究を進めています。2007年度からは、大学院修士課程まで一貫した「クリーンエネルギー特別教育プログラム」による教育も行ってきました。



1. 高効率・無公害燃料電池の開発

水を電気分解すると水素と酸素になることは良く知られています。燃料電池はこれとは逆に水素と空気中の酸素を化学反応させ直接電気を取り出す新しいタイプの発電装置です。他の発電手段と異なりエネルギーの変換課程で熱エネルギーを経由しないため、燃料電池では高い効率を実現できます。しかも原理的に環境汚染物

質を全く排出しません。私たちの研究グループはこの分野で30年以上の研究実績を持ち、研究の範囲も電極触媒の設計から燃料電池用新材料の作成、実際の電池性能の評価まで多岐に渡っています。これまでに発表した新しい設計概念や研究成果は国内外で高く評価され、国際的な研究交流も盛んです。

資源エネルギー庁の提言を受け、関連企業・団体を主体に産官学が協力する燃料電池実用化推進協議会は、燃料電池自動車（FCEV、右の写真）や家庭用燃料電池の2020年頃の広範な普及を目標にしています。しかし、その本格的な実用化までに解決すべき重要課題があります。私たちは、その本質的解決法となる高性能電極触媒、新型高分子電解質膜、燃料処理用触媒について著しい研究成果をあげています。例えば、従来の電解質膜よりも安価でイオン導電性に優れた新型膜の合成や、組成とサイズを自在に制御した電極ナノ触媒の合成に成功し、世界的に注目されています。



燃料電池自動車
(ホンダFCXクラリティ)

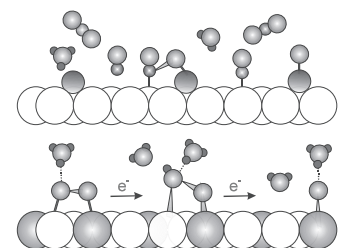
2. 原子・分子レベルでの電極表面反応の解析

優れた電極触媒を設計するためには、電極表面の現象について原子・分子レベルの詳細な情報を得ることが重要です。私たちは電極表面の解析に従来型の電気化学的手法に加え、新たな分析法を適用し成果をあげています。その一つである電気化学的水晶振動子ナノバランス法は電極表面の重量変化をリアルタイムに追跡できる方法でナノグラム（10億分の1グラム）の変化を検出できます。この方法でこれまで解らなかった電極表面の原子やイオンの挙動について多くの知見が得られています。

また、電極表面に吸着している反応種を高感度に検出する赤外分光法を用いて、ノートパソコンや携帯電話用の燃料電池として注目されているメタノールの電極酸化反応機構を解明できました。

これらの研究成果は、私たちのホームページにわかりやすく解説してあります。

是非一度ご覧ください。私たちとともに環境問題、エネルギー問題をグローバルな視点に立って解決していこうと考える諸君を心からお待ちしています。



アドアトム電極や合金電極での一酸化炭素の電気化学酸化（上）と酸素の還元反応（下）の様子

再生可能エネルギー変換材料・システムの創製

山梨大学 工学部 応用化学科担当

教授 入江 寛 電子メール: hirie@yamanashi.ac.jp

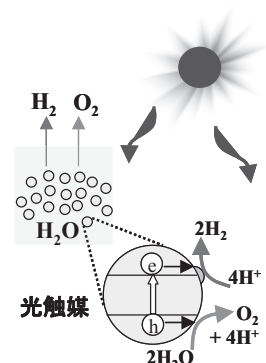
ホームページ: <http://www.ab11.yamanashi.ac.jp/ABB/No3/index.html>

当研究室ではエネルギー・環境問題を解決すべく、クリーンな太陽光エネルギーを利用可能なエネルギー（水素・化学・電気）に、地熱、排熱などの熱エネルギーを電気エネルギーに変換する材料・システム創製の研究を行っています。

・太陽エネルギーから水素エネルギーへの変換：水素は燃焼しても、燃料電池で用いても排出されるのは水のみですので、極めてクリーンなエネルギーです。そこで恒久的に地球上に降り注ぐクリーンな太陽光を利用して水から水素が製造可能となれば、環境にやさしいエネルギーサイクルが構築できます（図1）。私たちは太陽光の大半を占める可視光のもとで水を完全分解できる材料、すなわち「光触媒」の創製を目指し、検討を行っています。

・熱エネルギーから電気エネルギーへの変換：エネルギー資源にめぐまれないわが国にとって、地熱は純国産の再生可能な、貴重なエネルギー資源です。また、日本の消費エネルギーの約6割を廃熱の形で損失しています。これら熱を有効利用すべく熱を電気に変換する「熱電変換材料」の創製を行っています。

求める材料の機能は異なりますが、どちらも固体物理、固体電子論、材料化学、触媒化学、量子化学など幅広い知見をベースに設計し、合成するというアプローチで研究しています。更にはこれらの機能をより高効率化するために、機能に応じた最適なナノ構造体の構築を行っています。



水の分解反応 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

図1 光触媒による水の分解反応

薄膜半導体および機能性薄膜の極低温合成

山梨大学 工学部 応用化学科担当

准教授 佐藤 哲也 電子メール: tetsu-sato@yamanashi.ac.jp

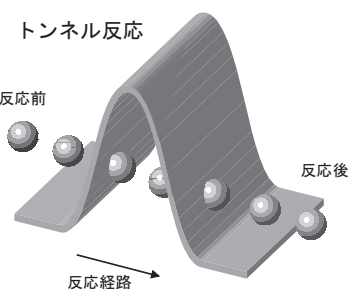
ホームページ: <http://www.ab11.yamanashi.ac.jp/ABB/No3/index.html>

低温トンネル反応の解明と太陽電池用半導体薄膜の低温合成

あらゆる物質は、“粒”という性質とともに“波”という性質をもっています。この波の性質は、“粒”の質量が小さくなり、またその速度が小さくなるほど目だって現れます。“波”の性質によって起こるトンネル現象は、低温になるほど、また“粒”の質量が小さいほど顕著に現れます。原子の中で最も小さな質量をもつのが水素原子で、極低温トンネル反応は、彗星に含まれるガス成分の謎や宇宙における化学進化の鍵を握っていることが私たちの研究で明らかになりました。この特異な化学反応を利用して、太陽光電池に用いられている非晶質(アモルファス)シリコン薄膜や、電気特性の優れたダイヤモンド状カーボン(DLC)薄膜を極低温で合成する新しい製膜技術を開発しています。従来のプラズマを利用した製造技術(200~300°C)に比べ室温以下で合成でき、ナノレベルでの構造制御も可能になりつつあります。原料ガスを90%以上の高い効率で利用でき、安価でフレキシブルなプラスチックフィルム上にも直接成膜できる画期的な技術です。

温室効果ガスの低温分解とFの固定化

温室効果ガスは、冷蔵庫の冷媒やスプレーなど身近な製品にも使われています。半導体製造工程で利用されるパーフルオロカーボン(PFC)は、地球温暖化係数が二酸化炭素に比べ数万倍と大きく、大気寿命が約1万年と長い難分解性のガスです。上述した低温化学反応とプラズマを組み合わせることにより、環境負荷の大きな排気ガスを完全に無害化するとともに、高品質なフッ素樹脂に変換し再利用する技術の開発に挑んでいます。



ユビキタス材料としてのナノキューブ集積結晶で未来を開く

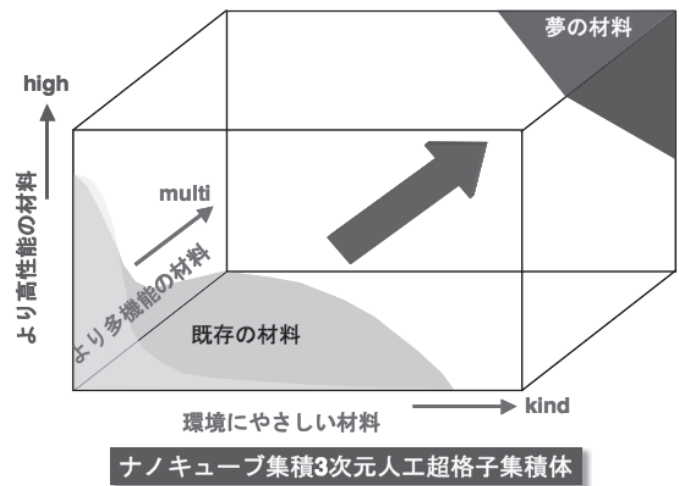
山梨大学 工学部 応用化学科担当

教授 和田 智志 電子メール: swada@yamanashi.ac.jp

助教 中島 光一 電子メール: knakashima@yamanashi.ac.jp

ホームページ: <http://www.ab11.yamanashi.ac.jp/~swada/index.htm>

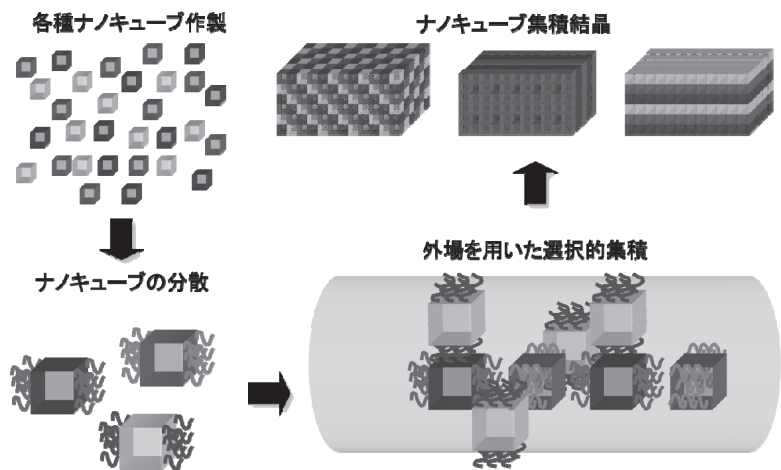
最近の希少金属元素問題に代表されるようにあらゆる元素を使用する材料開発は限界に近づいています。これからは地球上でどこでも採掘、精錬できる酸素、ケイ素、アルミニウム、鉄などドクラーク数の大きなユビキタス元素からなるユビキタス材料を用いることが求められています。しかも、未来に向けて、明るい人類社会の発展のためには、ユビキタス材料であることに加えて、右図に示すように環境に優しく多機能で、かつ高性能な材料が必要です。ユビキタス元素を用いて、右図の「夢の材料」を開発するためには、従来とは異なる新しい発想が求められます。ではどうすれば良いのでしょうか？多くの科学者がこの問題の解決に立ち向かっています。私たちはこの問題を世界初の独自な方法で解決しようとしています。どんな方法か、わかりますか？



私たちは、右図に示すように様々なユビキタス材料を同じ大きさのナノキューブの形状で作製し、それらを基本単位とした上で、種々のナノキューブを自由自在に積み上げることで、目的とする「ナノキューブ集積結晶」という「夢の材料」を創ることを考えました。ナノキューブ集積結晶により、これまでの材料では絶対に到達できない環境に優しく多機能で、かつ高性能な「夢のユビキタス材料」を目指します。

では何故、ナノキューブを集積化することで従来材料よりも高性能な物性が得られるのでしょうか。これまでの材料は単位格子が3次元に連続した構造からなっており、単位格子の物性がそのまま結晶の物性になるため、計算で予測できる普通の物性しか得られませんでした。しかし、2つの異なる物質を接合すると、その界面に、単位格子の結晶構造が徐々に変化する歪傾斜構造を導入することができます。そして、この歪傾斜構造が巨大物性を発現する力を持っているのです。私たちは歪傾斜構造を持つ界面を、人工的にかつ高密度で持つ材料を創ることで、ユビキタス材料でありながら、従来性能を数桁のオーダーで超えることのできる「夢の材料」を皆さんに届けたいと考えています。

従って、ナノキューブを用いることで界面の面積を最大にすることができ、その結果、環境に優しい材料でありながら巨大物性を持つ夢の新材料を創ることができます。しかしながら、このためにはどんな材料でもナノキューブにする技術の開発、異なるナノキューブを3次元に組上げる技術、異なるナノキューブを接合し、歪傾斜構造を導入する技術など、現段階では存在しない新しい挑戦的な技術開発が必要なのです。このためには多くの力が必要なのです。皆さん、私たちと一緒に未来の新材料を創りませんか！！



有害イオンを除去するイオン交換体

山梨大学 工学部 応用化学科担当
准教授 阪根 英人 電子メール: eijin@yamanashi.ac.jp
ホームページ: <http://www.ab11.yamanashi.ac.jp/~eijin/index.html>

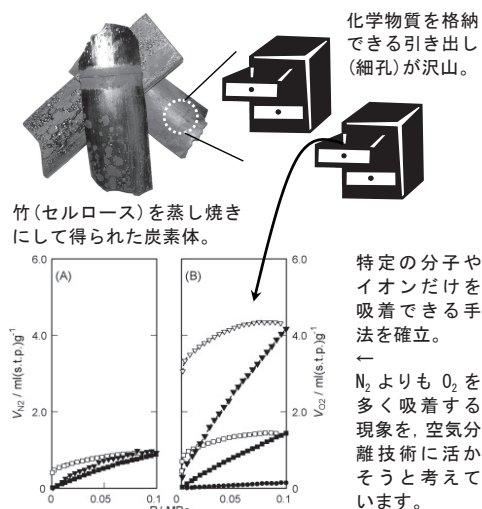
溶液中のあるイオンを取り除くときにはどうすればいいでしょうか。高濃度のイオンでは加熱濃縮して沈殿させることができますが、膨大なエネルギーが必要です。溶解度の低い沈殿を目的のイオンと特異的に作る薬品を加える方法もあります。福島第一原子力発電所の汚染水を処理しているフランス企業の部分がこの方法です。この方法では加える薬品の量を厳密に調節しなければ、うまく取り除けなかったり余った薬品が別の問題を引き起こしたりします。また、できた沈殿を再利用にまわすことは難しく、廃棄物を増やしてしまいます。

環境中の水のようにきわめて多量の溶液を処理したり、目的のイオンや処理用の薬品がどちらも残留しないよう容易に管理したい場合に向いている反応がイオン交換です。イオン交換は、イオン交換体（固体）中にあるイオンと溶液中のイオンとが容易に入れ替わる、つまり交換する反応で、反応の時には高い温度などのエネルギーを必要としません。また溶液中で安定な交換体を使用しますので、過剰に加えても処理後の溶液にはまったく問題がありません。使用後は簡単に再生することができるので、すぐに廃棄物になってしまうようなこともありません。先の汚染水を処理しているゼオライトは、イオン交換体として代表的な無機化合物です。しかし、ゼオライトではいろいろな種類の陽イオンを同時に取り込んでしまうので、 Na^+ が多量にある場合には他のアルカリ金属イオンをあまり取り込めません。ゼオライトは海水が混ざった汚染水にも投入されていましたが、海水中には Na^+ や Ca^{2+} が豊富に含まれているため、放射性の Cs^+ や Sr^{2+} はほとんど除去できなかったでしょう。ゼオライトと同じように粘土に含まれる鉱物である雲母を使用すれば、このような汚染水からも放射性の Cs^+ や Sr^{2+} を取り除けます。ゼオライトも雲母もいろいろな種類があります。私たちはいろいろな種類の雲母を作り、どのようなイオンを狙い撃ちして取り除くことができるかについて研究を行っています。

炭素を活用した高機能性吸着剤の開発

山梨大学 工学部 応用化学科
助教 宮嶋 尚哉 電子メール: miyaijma@yamanashi.ac.jp
ホームページ: <http://www.ab11.yamanashi.ac.jp/ABA/No3/index.htm>

特定の化学物質を回収したり除去したりする場合、吸着剤や吸着剤が良く使われます。吸着剤には、吸着させたい化学物質の分子（あるいはイオン）だけを取り込むことのできる表面を沢山持っていることが要求されます。そのためには目的とする化学物質の分子径に適した無数の穴（細孔）を持たせたり、ある吸着質にだけ選択性を示す物質で修飾・担持したりするといった材料設計が不可欠です。ガスや有機溶媒の精製分離や空気清浄機のフィルターなどに使われている活性炭はその代表的な吸着剤であり、主として炭素元素で構成されています。炭素体は有機物を加熱処理することで得られ、賦活という処理により多孔質（ $1000 \text{ m}^2/\text{g}$ 以上）な材料へと変換することができます。我々はこの炭素に着目し、セルロースなどの高分子を加熱処理することにより直接、多孔質炭素材料を調製する方法や、ハロゲンガスを用いて炭素体の形状や細孔を高度に制御する手法で、特定な分子やイオンに対して優れた吸着能力を持つ新規材料の開発を行っています。



状態分析法と高感度現場分析法、 簡易分析装置の開発

山梨大学 工学部 応用化学科担当

教授 川久保 進 電子メール: akawakubo@yamanashi.ac.jp

山梨大学 機器分析センター (工学部 応用化学科担当)

講師 鈴木 保任 電子メール: yamatori@yamanashi.ac.jp

研究室 Web ページ <http://www.ab11.yamanashi.ac.jp/ABA/No2/>

分析化学は、物質の組成・状態・分布などの情報を獲得する方法を研究する学問分野で、環境汚染の調査、磁気ディスクや様々な高機能材料の開発、病気の診断などに利用されています。わたしたちは、試料中に何の元素がどの程度含まれているのかを測るだけでなく、その元素がどのような状態で存在するのかを明らかにする方法の開発を目指しています。例えば環境科学の分野では、同じ元素であっても化合物によって生物に対する毒性が異なることがわかっています。また、環境の中で移動したり、変化したりする仕方も異なります。そのため、元素組成だけでなく、どのような化合物の形で含まれているかを調べるのが重要なのです。

また、高性能な分析装置が開発されていますが、これらは一般に高価で大型です。環境試料や生体試料などは、採取した後直ちに分析しないと変化して正しい分析値が得られないことがあります。製造工程では、速やかに分析して工程を管理する必要があります。このようなことから、試料の採取現場で分析できる方法も開発しています。

ここでは、以上のような目的で実施している研究の一部を紹介します。

1. 目視定量法の開発

目視法は「目」で色の濃淡などを判断して分析する方法です。測定装置を使わないので現場分析に適します。当研究室では、バナジウムやモリブデン、鉄の超高感度目視定量法を開発しました。写真1は鉄イオンを微量の抽出相に集め、その発色の有無で鉄を分析します。現在、鉛や水銀などの目視定量法についても開発を進めています。

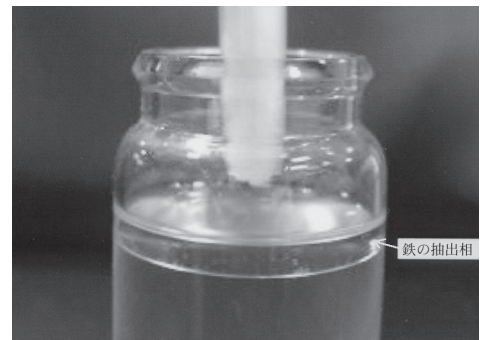


写真1 鉄の超高感度目視定量

2. 小型で簡易な分析装置を使う現場分析法の開発

携帯できる小型分析装置があれば現場分析が可能です。写真2は測定成分を着色し、光の吸収量を測定して成分量を求める小型比色計で、光源には小型で低消費電力の発光ダイオード(LED)を使用していて、電池で動作します。クロムやヒ素、亜硝酸態窒素など、環境有害物質の高感度分析法を開発しています。また、これ以外に電気化学分析装置や、色彩色差計なども研究室内で設計、開発しています。

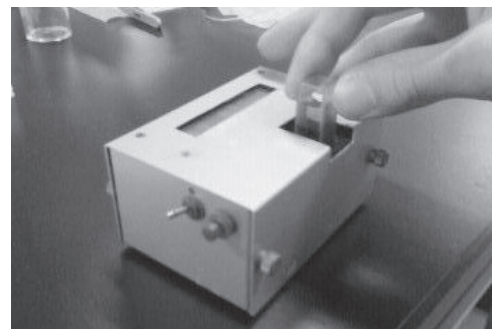


写真2 小型比色計

気体中の揮発性有機化合物を濃縮する小型デバイスの開発

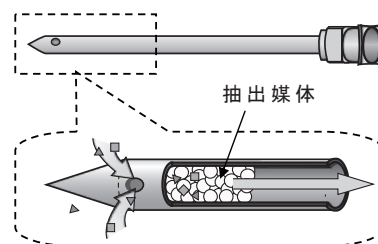
山梨大学 工学部 応用化学科担当

助教 植田 郁生 電子メール: iueta@yamanashi.ac.jp

ホームページ: http://erdb.yamanashi.ac.jp/rdb/A_DisInfo.Scholar/0/22FE14BFB582D1F1.html

シックハウス症候群や化学物質過敏症など、気体中に存在する微量の揮発性有機化合物(VOC)が人体に悪影響を与えることが明らかとなってきており、それら微量のVOCを正確に測定することは近年、ますます重要となってきています。これらVOCは一般的に、ガスクロマトグラフィー(GC)法により分析されています。しかし、空気中のVOCは通常、きわめて低濃度であるため、分析装置に試料を導入する前に、VOCを濃縮する必要があります。従来のVOC濃縮方法は、濃縮した試料を脱着する際に、煩雑で長時間にわたる操作や、高価な専用器具が必要でした。

当研究室では、これらの問題点を克服するために、図に示すような針型のVOC濃縮デバイスを開発しています。この針型濃縮デバイスは、小型のポンプを用いて針の先端からVOCを含む気体を吸引することにより、針内の抽出媒体でVOCを濃縮することができます。そして、濃縮したVOCを脱着する際には、針をそのままGCの試料注入口に挿入することが可能であるため、きわめて迅速かつ容易に、濃縮した試料を分析装置に導入することが達成されます。当研究室では、様々なタイプの針型濃縮デバイスを作製し、種々の環境試料や呼気試料等の分析に応用する研究を進めています。



当研究室で開発している針型濃縮デバイスの概略図。

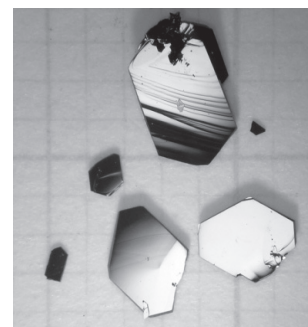
伝導電子を持つ分子性結晶

山梨大学 工学部 応用化学科担当

助教 米山 直樹 電子メール: nyoneyama@yamanashi.ac.jp

ホームページ: <http://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~nyoneyama/>

我々のグループでは、高い電気伝導性を有する有機分子性結晶である“電荷移動塩”を研究対象としています。イオン結晶の代表である塩化ナトリウムが陽イオンと陰イオンから成るのと同様、多くの電荷移動塩も二成分組成を持ちますが、全くの絶縁体である塩化ナトリウムと異なり、電荷移動塩はドナー分子（陽イオンに相当）が二次元的な積層構造を構築します。これが伝導電子を持つため、高い電気伝導性有するのが特徴です。ドナー分子の積層構造における自由度が高く、また強い電子相関が電子状態を支配することから、いわゆる“強相関電子系”の一種として、超伝導状態をはじめとする物性探索の舞台として盛んな研究が行われてきました。電子材料としての観点から見た場合、その特徴の一つは高品質単結晶が比較的容易に得られる点にあると言えます。これまでもアモルファス状態の（乱れの大きな）有機材料は応用研究されてきていますが、より配向性の良い材料としての理想形は単結晶に他なりません。中でも溶液中電解成長させる電荷移動塩は、結晶成長そのものに一種の原料精製過程を含み、不純物や格子欠損の少ない高品質な電子材料を提供している存在です。その一方、分子配列構造の制御や薄膜化といった加工の困難性など、無機材料と異なった課題も少なからず存在しています。本研究室ではそれらの課題に取り組むべく、単結晶育成と物性評価による新奇物性の探索や、結晶成長機構の解明を目指した研究を行っています。



有機超伝導体の単結晶
 $\kappa\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{Cu(NCS)}_2$

世界初電気、光の両方で記録、読出しできるメモリ；導電性液晶メモリ

山梨大学 工学部 応用化学科担当

教授 原本雄一郎 電子メール：haramoto@ab11.yamanashi.ac.jp

ホームページ：http://yamanashi.ac.jp/

有機化合物半導体を実現するには、電荷を輸送する分子の形状とそれらの分子の秩序化が重要である。原本らは、液晶化合物を用いて、低電圧5Vで急峻に電流が立ち上がり1000万倍の電流値増加を示し、移動度も従来のアモルファス半導体の1万倍以上を持つ液晶半導体の世界で最初に実現した。1)

この液晶半導体材料を真空蒸着して作成した薄膜の上に、パルスレーザーを用いた光記録、またはマトリクス電極による加熱を用いた電気記録により、導電性と光学特性の両方の性質を同時に持つスポットを記録することに成功した。この記録された点は、導電性のある、なしで読み出せる。また光学異方性のある、なしでも読み出せる。

すなわち、導電性液晶メモリは、電気の導電性と液晶の光学異方性の両者の性質を同時に持つ点を、光または電気で書き込めて、これを導電性、または光学特性で読み取ることができる世界最初のメモリである。2)

1) Liquid Crystals, Vol. 32, No. 7, 909-912 (2005)

2) Liquid Crystals, Vol. 55, No. 6, 675-679 (2008)

分子を超えた分子（超分子）の開発

山梨大学 工学部 応用化学科担当

准教授 桑原 哲夫 電子メール：kuwabara@yamanashi.ac.jp

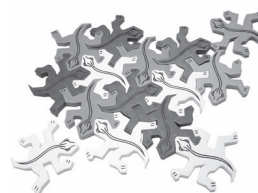
ホームページ：http://www.ab11.yamanashi.ac.jp/~kuwabara/kuwabara.html

大地に蒔かれた一粒の種は、光と水と二酸化炭素により芽を出し葉を伸ばし、一輪の花を咲かせ、やがて実を結び種を残す。無限に繰り返される細胞分裂は、一つの受精卵から何兆もの細胞の集合体を導き、一つの生命体を創生する。生命の営みは、複雑でありながら正確に繰り返される化学反応の上に成り立ち、生から死までの時を様々な反応が流れていく。その反応は、単なる分子同士の衝突による反応とは異なり、分子と分子が出会い相手の分子を識別した後に進行する。酵素反応、抗原-抗体反応、DNAの二重螺旋の複製、細胞膜の物質透過など、生体系の反応は、反応前の分子間相互作用により高度な分子認識・識別を実現し、その結果、驚くほど選択的で効率的な物質・情報・エネルギー変換が実現する。自然の偉大さがここにある。

このような自然界における生命現象を化学的、人工的に分子レベルで実現しようとする時、多種多様な分子を分子間相互作用により三次元空間の最適位置に配置し組織化させた「分子集合体」の創生が不可欠となる。ここに「超分子」が誕生する。超分子は、構成する各成分の協同効果・相乗効果により、まるで命を吹き込まれたかのように新しい機能を発揮する。

研究室では現在、酵素のように特定の物質を捕捉すると色変化する超分子を開発している。環境ホルモンやダイオキシンに反応すれば環境検査薬として、薬物で色変化するれば競技後のドーピング検査試薬として利用出来る。また、物質ではなく光や熱等の刺激により色変化する超分子の開発も行っている。周囲の色に合わせて皮膚表面のメラニン色素細胞を微妙に移動させ色変化するカメレオンを手本にしている。光量を調整できれば調光メガネとなる。

富士山、南アルプス、八ヶ岳に囲まれ、桃や葡萄、サクランボを育む山梨は、大自然のヒントが溢れている、まさに新しい超分子を開発するための最適空間であると言える。



機能性高分子の合成研究

山梨大学 工学部 応用化学科担当
准教授 小幡 誠 電子メール：mobata@yamanashi.ac.jp

高分子(ポリマー)はモノマーと呼ばれる小さな分子が多数結合した巨大分子です。身の回りにはポリエチレンの袋やペットボトルなど多くの高分子材料が使われています。このように高分子材料は金属やセラミックとともに現代社会を支えている重要な物質です。さらに高分子にはこのような構造材料ばかりでなく、外部刺激に応答したり、生体内で働くように分子レベルで精密に構造や機能を設計した機能性高分子があります。私たちの研究室では圧力センサー、温度センサー、生体適合性などの機能性を付与した特殊なモノマーを合成し、そのモノマーを使って複合的な機能性を有する高分子の開発を進めています(図1)。例えば、私たちの体に薬を輸送するためには、生体にダメージを与えることなく細胞内に取り込まれる高分子の開発が必要です。この目的のために最近、私たちの研究室では糖を化学結合でつないだモノマー(図2)を合成し、これを利用した高分子の合成研究を進めています。図2の右側はX線結晶構造解析法という方法で調べた実際の分子の構造です。このように機能性をもつ小さい分子を有機合成技術で組み立て、さらに重合という高分子合成技術で機能性高分子を合成する方法を研究しています。

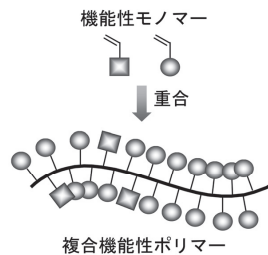


図1 機能性高分子合成

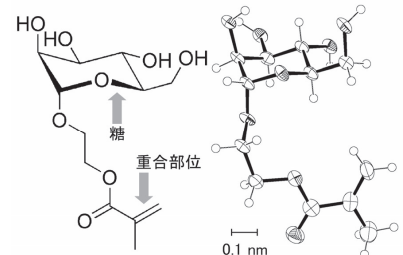


図2 新規糖モノマーの構造式(左)とその実際の構造(右)

炭酸ガスレーザー超音速マルチ延伸法によるナノファイバーシート作製に関する研究

山梨大学 工学部 応用化学科担当
教授 鈴木 章泰 電子メール：a-suzuki@yamanashi.ac.jp

炭酸ガスレーザー超音速マルチ延伸法は、繊維径 $1\mu\text{m}$ (0.001mm) 以下の繊維(ナノファイバー)から成るシートを作製する方法です。この方法では速い空気の流れの中(超音速流)で、繊維に炭酸ガスレーザーを照射して、繊維を融解させ、融けた繊維を超音速流中で引き伸ばす(延伸)ことで、繊維を細くすること(極細化)ができます。極細化の方法には、溶剤を使用するエレクトロスピンク(ES)法がありますが、本方法は①溶剤を使用せずに、②様々な高分子材料(ポリエチレンテレフタレート、ポリ乳酸やフッ素系樹脂など)に適用でき、③原理が比較的簡単であるために量産化も可能であるなどの特徴を有し、他の方法に比べて優れています。

本研究では、炭酸ガスレーザー超音速マルチ延伸法をイソタクトポリプロピレン(iPP)繊維に適用し、ナノファイバーシートを作製しました。iPPは耐薬品性に優れ、高い材料強度を有し、安価であるため、リチウムイオン電池セパレーターやフィルターとして広く利用されています。しかし、iPPは溶剤に溶け難いため、ナノファイバー作製法の主流であるES法を適用できません。図1はiPP繊維がナノファイバー化されている様子を高速カメラで撮影した写真(500倍)です。写真の左側からレーザーが照射されているため、延伸部分は非対称ですが、連続的にナノファイバーを作製できます。図2は得られたナノファイバーシートの走査電子顕微鏡写真です。このシートの平均繊維径は 350nm (0.00035mm) で、均一な繊維径です。

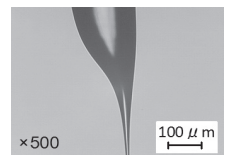


図1 高速カメラで撮影したiPP繊維の延伸部分の写真(x500)

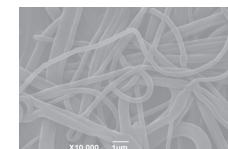


図2 iPPナノファイバーシートの走査電子顕微鏡写真(x10,000)

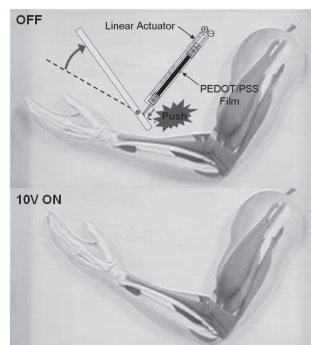
有機ロボティクス

山梨大学 工学部 応用化学科担当

准教授 奥崎 秀典 電子メール: okuzaki@yamanashi.ac.jp

ホームページ: <http://www.ab11.yamanashi.ac.jp/~okuzaki/okuzaki.html>

すべての生物はさまざまな組織や器官が高次に自己組織化した高分子集合体であり、種々の化学的・物理的
刺激や環境変化に柔軟に対応することができます。例えば、バクテリアのべん毛は水素イオンの濃度差に応じ
て回転数を変える、ナノスケール（1ナノメートルは10億分の1メートル）の分子機械といえます。また筋肉
では、ATP（アデノシン三リン酸）の分解による化学エネルギーによりアクチン・ミオシン筋繊維が形態
変化し、力学エネルギーを取り出しています。これらに共通する点は、非常に高い効率で化学エネルギーが力
学エネルギーなどの仕事に変換されることです。実際、筋肉のエネルギー変換効率は60%以上に達するといわれ、通常
の熱機関（エンジン）の5~35%と比べるとはるかに効率が高いことがわかります。これは化学エネルギーが途中
で熱のような損失の多いエネルギー形態を経ることなく、直接仕事に変換されるからです。では、生物から「動き」
のエッセンスを取り出し、自ら感じ、判断して動く賢い材料システムを作ることはいずれ可能でしょうか。「死
して動かぬ」高分子材料を外部刺激で自在に操ることができれば、柔軟でしなやかに動くロボットや人工筋
肉が実現できます。さらに、刺激を感じるセンサ（感覚）とそれを判断するプロセッサ（頭脳）、そして実際
に動作するアクチュエータ（筋肉）の機能を分子レベルで融合することにより、『有機ロボット』を人工的
につくり出すことも夢ではありません。



チタニアの熱触媒作用に関する研究と応用

山梨大学 工学部 応用化学科担当

准教授 谷 和江 電子メール: tanik@yamanashi.ac.jp

ホームページ: <http://www.ab11.yamanashi.ac.jp/ABB/No1/tani/tani.html>

光触媒として実用化が進み、太陽電池の材料としても注目されている酸化チタンは、実はとても働き者です。
チタニアと呼ばれて、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）の充填剤としても働いています。HPLCは、二十世
紀初め、ロシアの植物学者である M. Tswett が考案したもので、この方法を Chromatography と名付けました。
ギリシャ語の *chroma = color* (英) と *graphein = write* (英) との合成語です。日本では、色相分離分析法として紹
介されましたが、現在ではクロマトグラフィーという語が使用されています。M. Tswett は、ガラス管に炭酸カ
ルシウム（充填剤）を詰め、その上端に植物の葉からの抽出液（溶質）を添加した後、石油エーテル（移動相）
を注ぎ込んで、4種類の色素を分離することができました。本研究室では、上記の充填剤にチタニアを用いて、
どのように溶質を分離するのか、溶質や移動相をいろいろ変えて、その働きを研究しています。

ところが、最近、そのチタニアに熱触媒としての働きがあることが分かりました。それは、チタニアが何か
表面に物質を吸着していると加熱によって着色し、更に高温で加熱すると脱色して元の白色に戻ることから推
測しました。つまり、チタニア表面の着色は吸着物質が重合するため、脱色するのは重合物質が分解される
ためであり、この着色や脱色をチタニアが促進すると考えました。光触媒として広く知られているチタニアで
すが、熱触媒についてはあまり研究がなされていません。そこで、チタニアの熱触媒作用を研究し、この作用
を有効に使うことで、もっと広くチタニアを HPLC 充填剤として普及できないかと考えています。チタニアは
表面に吸着したものを加熱すると重合します。それによって表面を重合物質で覆うことができるので、これま
でとは違ったチタニア充填剤を得ることができます。この新たなチタニア充填剤の開発に励んでいます。

クロマトグラフィーによる有機化合物の分析法の開発

山梨大学 工学部 応用化学科 担当

准教授 小泉 均 電子メール: koizumi@yamanashi.ac.jp

ホームページ: <http://www.ab11.yamanashi.ac.jp/ABB/No1/koizumi/intro-koi.html>

私たちの身の回りの多くは混合物であり、この混合物の組成を明らかにし、純物質に分けることは化学の重要な基本操作の一つで、「分離」と言われています。分離操作の一つであるクロマトグラフィーは“色”と“記録する”に由来する言葉で、最近の分離操作はクロマトグラフィーを用いる方法が主流です。

クロマトグラフィーには、ガスクロマトグラフィー (GC)、高速液体クロマトグラフィー (HPLC)、超臨界流体クロマトグラフィー (SFC) やキャピラリー電気泳動 (CE) などがあります。分析する試料の特徴 (分子量や何に溶解易いか) に合わせてクロマトグラフィーは選択されます。複雑な試料中に含まれる目的成分を分析するために 100 万分の 1 の濃度 (ppm) 以下で存在している微量成分を高感度・選択的に検出する分析法の開発が必要となります。

複雑な試料中の微量のアミン、アミノ酸、カルボニル化合物やカルボン酸等の官能基と誘導体化試薬を反応させると、共存物質から目的の官能基を持つ化合物だけが紫外・可視光に吸収を示す誘導体や蛍光を示す誘導体に変換されます。

誘導体化された試料はクロマトグラフィーで分離され、検出されます。目的成分が妨害を受けずにその量 (定量) を正確に知るための分離・検出法の開発が重要で、有機反応を利用して高感度・高選択性を示す新しい微量有機化合物の分析法を開発しています。

